

**BANCO DE SEMENTES DO SOLO.  
DISTRIBUIÇÃO VERTICAL E EFEITOS DAS  
MOBILIZAÇÕES**

**LUÍS MANUEL PAIS DA SILVA DIAS**

**Évora  
1999**

**BANCO DE SEMENTES DO SOLO.  
DISTRIBUIÇÃO VERTICAL E EFEITOS DAS  
MOBILIZAÇÕES**

**LUÍS MANUEL PAIS DA SILVA DIAS**

101009

Dissertação apresentada à Universidade de Évora  
para obtenção do grau de Doutor em Biologia,  
Área de Botânica Aplicada

**Évora  
1999**

# INDICE

<b>Agradecimentos</b>	<b>v</b>
<b>Resumo/Summary</b>	<b>vii</b>
<b>1. Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2. Materiais e Métodos</b>	<b>4</b>
2.1 Amostragem em MITRA1	5
2.1.1 Amostragem preliminar	5
2.1.2 Amostragem final	5
2.1.3 Processamento das amostras	6
2.1.4 Identificação das sementes	7
2.2 Amostragem em MITRA2	8
2.2.1 Delineamento experimental e amostragem	8
2.2.2 Processamento das amostras	10
2.2.3 Identificação das sementes	11
2.3 Análise numérica	11
<b>3. Banco de Sementes em MITRA1</b>	<b>13</b>
3.1 Quantificação e identificação do banco de sementes	13
3.1.1 Redução do volume	15
3.1.1.1 Implicações da crivagem	16
3.1.2 Identificação das sementes	18
3.2 Amostragem preliminar	19
3.3 Amostragem final	20
3.3.1 Caracterização geral	21
3.3.2 Separação por flutuação	24
<b>4. Amostragem do Banco de Sementes</b>	<b>27</b>
4.1 Determinação do número de amostras	29
4.1.1 Precisão e número de amostras em MITRA1	35
4.2 Finalidade da amostragem	39
4.2.1 Número de amostras em comunidades	40
<b>5. Tamanho e Forma das Sementes. I Importância</b>	<b>45</b>
5.1 Implicações do tamanho e forma das sementes no banco de sementes do solo	46
5.1.1 Tamanho, número e plasticidade das sementes	46
5.1.2 Tamanho, forma, germinação e crescimento	51
5.1.3 Tamanho e fotoblastia	56
5.1.4 Tamanho, forma, dispersão e predação	61
5.1.4.1 Fase I da dispersão	61
5.1.4.2 Fase II da dispersão por meios abióticos	62
5.1.4.3 Predação e fase II da dispersão por meios bióticos	64
5.1.5 Tamanho, forma e banco de sementes	71
5.2 Definição do tamanho de uma semente	75
<b>6. Tamanho e Forma das Sementes. II Modelação</b>	<b>82</b>
6.1 Exame de modelos	83
6.1.1 Modelo de Rosin-Rammler	84

6.1.2 Modelo de Jaky	84
6.1.3 Modelo de Weibull	85
6.1.4 Modelo de geometria fractal	86
6.1.5 Modelo de progressão geométrica	88
6.2 Modelos pré-seleccionados e sua reparametrização	89
6.3 Ajustamento, aceitação e comparação de modelos	91
6.3.1 Ajustamento e aceitação de modelos	92
6.3.2 Comparação de modelos	94
6.4 Selecção de modelos	95
6.5 Expressão dos modelos	97
<b>7. Tamanho e Forma das Sementes. III Caracterização e distribuição vertical</b>	<b>102</b>
7.1 Enterramento, germinação, emergência e tamanho das sementes	103
7.2 Tamanho do banco de sementes em MITRA1	112
7.3 Tamanho do banco de sementes em MITRA1 e MITRA2	118
7.3.1 Sementes retidas até ao crivo de malha 0.149 mm	118
7.3.2 Sementes retidas até ao crivo de malha 0.250 mm	121
7.4 Tamanho do banco de sementes em MITRA2	124
7.4.1 Sementes totais	124
7.4.2 Sementes isodiamétricas	128
7.4.3 Sementes anisodiamétricas	131
7.5 Considerações finais	133
<b>8. Mobilizações e Banco de Sementes. I Importância</b>	<b>136</b>
8.1 Efeitos de mobilizações no banco de sementes	137
8.2 Efeitos de mobilizações e tamanho de sementes	141
8.3 Simulação e modelação dos efeitos de mobilizações	155
8.4 Considerações finais	162
<b>9. Mobilizações e Banco de Sementes. II Distribuição de abundâncias pré-mobilização</b>	<b>166</b>
9.1 Caracterização geral	166
9.1.1 Caracterização pré-mobilização	168
9.1.2 Caracterização pós-mobilização	169
9.1.3 Como comparar pré e pós-mobilização	171
9.2 Modelação da distribuição vertical do número de sementes	174
9.2.1 Exame, ajustamento, aceitação e comparação de modelos	175
9.2.2 Selecção de modelos	177
9.3 Distribuição vertical do número de sementes	179
9.3.1 Parâmetros do modelo de Weibull pré-mobilização	180
9.3.2 Distribuição de abundância de sementes pré-mobilização	182
9.3.2.1 Pré-mobilização, 0-20 cm	183
9.3.2.1.1 Sementes totais	183
9.3.2.1.2 Sementes isodiamétricas	188
9.3.2.1.3 Sementes anisodiamétricas	194
9.3.2.1.4 Discussão geral	199
9.3.2.2 Pré-mobilização, 0-10 cm	200
9.3.2.2.1 Sementes totais	200
9.3.2.2.2 Sementes isodiamétricas	205
9.3.2.2.3 Sementes anisodiamétricas	211



9.3.2.2.4 Discussão geral	217
9.4 Considerações finais	218
<b>10. Mobilizações e Banco de Sementes. III Distribuição de abundâncias pós-mobilização</b>	<b>220</b>
10.1 Análise e expressão dos resultados	220
10.2 Distribuição de abundância de sementes pós-mobilização	223
10.2.1 Pós-gradagem	223
10.2.1.1 Sementes totais	223
10.2.1.2 Sementes isodiamétricas	230
10.2.1.3 Sementes anisodiamétricas	236
10.2.1.4 Discussão geral	243
10.2.2 Pós-lavoura	245
10.2.2.1 Sementes totais	245
10.2.2.2 Sementes isodiamétricas	252
10.2.2.3 Sementes anisodiamétricas	258
10.2.2.4 Discussão geral	263
10.2.3 Pós-escarificação	264
10.2.3.1 Sementes totais	264
10.2.3.2 Sementes isodiamétricas	271
10.2.3.3 Sementes anisodiamétricas	277
10.2.3.4 Discussão geral	282
10.3 Comparando gradagem, lavoura e escarificação	284
10.4 Validação dos modelos de transição	288
<b>11. Mobilizações e Banco de Sementes. IV Distribuição de tamanhos pós-mobilização</b>	<b>295</b>
11.1 Efeitos das mobilizações na distribuição de tamanhos	295
11.1.1 Distribuição vertical de 'áreas'	297
11.1.1.1 Sementes totais	297
11.1.1.2 Sementes isodiamétricas	298
11.1.1.3 Sementes anisodiamétricas	300
11.1.2 Distribuição vertical de auto-semelhança e auto-afinidade	303
11.1.2.1 Sementes totais	303
11.1.2.2 Sementes isodiamétricas	305
11.1.2.3 Sementes anisodiamétricas	306
11.2 Distribuição de abundâncias ou de tamanhos ?	308
11.3 Considerações finais	311
<b>12. Relação entre a vegetação potencial e a real</b>	<b>313</b>
12.1 Vegetação potencial, real e tamanho das sementes	314
12.2 Considerações finais	320
<b>13. Conclusões</b>	<b>323</b>
<b>Anexo. Das dimensões das sementes</b>	<b>325</b>
<b>Referências</b>	<b>347</b>



## Agradecimentos

ao Professor Ilídio Moreira (ISA), pela constante disponibilidade, apoio e incentivo fornecido desde que a investigação se apresentou como uma componente da minha actividade profissional, incluindo, naturalmente, a orientação deste trabalho;

aos Professores Mário de Carvalho e Gottlieb Basch (ambos do Dep. Fitotecnia, UE) pela disponibilidade e apoio, incluindo o financeiro, que tornou possível um trabalho continuado no âmbito do banco de sementes; ao primeiro, também por discussões sobre os efeitos das mobilizações, ao segundo, também pela tradução de alguns artigos;

ao Professor Diogo Figueiredo (Dep. Biologia, UE) pela disponibilização de espaço laboratorial;

à Técnica Auxiliar de Laboratório Gertrudes Mariano (Dep. Biologia, UE) e, em particular, às Engenheiras Agrícolas Rita Carneiro e Carla Barreto, pela colaboração na parte prática;

ao Professor Rui Brandão (Dep. Biologia, UE), à Investigadora Principal Dalila Espírito-Santo (ISA) e à Engenheira Agrónoma Teresa Vasconcelos (ISA), pela colaboração na identificação de plantas; à Engenheira Agrónoma Amélia Frazão, directora do então CNPPA, e a todo o pessoal do Serviço de Controlo de Qualidade de Sementes, Secção de Pureza, pela disponibilidade e ajuda na identificação de sementes;

ao Dr Orlando Lopes (Dep. Biologia, UE), pela ajuda na microfotografia de sementes;

ao Miguel Dias pela ajuda no registo de tamanho de sementes; à Inês Dias e Íris Dias pela colaboração no registo informático de listas numéricas;

ao Engenheiro José Pombinho (Dep. Física, UE) pela disponibilidade e socorro pronto em inúmeros apertos informáticos;

ao Engenheiro Lino Lúcio, então responsável pelo Serviço de Computação da UE, e a todo o pessoal desse Serviço, pela colaboração e disponibilidade manifestada; ao primeiro, também por todos os ensinamentos de programação;

ao Engenheiro Manuel Minhoto e à Dr<sup>a</sup> Maria Rilho (ambos do Dep. Matemática, UE), pelo auxílio na utilização de *software* para determinação de valores próprios de matrizes;

ao Professor José Peça (Dep. Fitotecnia, UE), pela disponibilidade na tradução de nomes de máquinas agrícolas; ao Professor Eduardo Barata (Dep. Biologia, UE) e à Dr<sup>a</sup> Trine Danielsen, pela tradução de um dos artigos consultados;

ao Professor Figueiredo Marques e, particularmente, ao Engenheiro Zootécnico Luís Alho (ambos do Dep. Biologia, UE), por todas as discussões sobre estimativas de máxima verosimilhança de abundâncias;

ao Professor Namorado Rosa (Dep. Física, UE), pela discussão sobre fractais e seu

significado; ao Professor Vaz Ferreira (Dip. Matematica, Univ. degli Studi di Bologna), pela discussão sobre as 'áreas' como meio de exprimir a distribuição de tamanhos de sementes; ao Professor Heitor Reis (Dep. Física, UE), pelos esclarecimentos sobre o cálculo de integrais no âmbito do modelo de progressão geométrica;

à Dr<sup>a</sup> Helena Reis (Dep. Matemática, UE), por todos os ensinamentos matemáticos, muito particularmente sobre o significado e interpretação de matrizes e cadeias de Markov;

à Dr<sup>a</sup> Ana Sampaio (Dep. Matemática, UE), pelos esclarecimentos sobre probabilidades de erro dos coeficientes em modelos de regressão;

ao Professor Russell Alpizar-Jara (Dep. Matemática, UE), pelas discussões e sugestões no âmbito da modelação da distribuição de tamanhos de sementes;

à Engenheira Agrícola Anabela Belo (Dep. Biologia, UE), por todas as discussões sobre os mais variados aspectos do banco de sementes;

à Dr<sup>a</sup> Alexandra S. Dias (Dep. Biologia, UE), pela discussão de quase todos os aspectos deste trabalho;

à Alexandra, e também à Iris, Inês e Miguel por tudo, e foi muito, e que não é possível escrever.

## RESUMO

### ***Banco de sementes do solo. Distribuição vertical e efeitos das mobilizações***

Estudou-se o banco de sementes do solo tendo em vista caracterizar a sua distribuição vertical em terrenos não mobilizados durante pelo menos dez anos e avaliar os efeitos de lavoura, escarificação e gradagem na distribuição vertical. Examinou-se a importância e utilidade da forma e da expressão numérica do tamanho na interpretação de uma variedade de aspectos da biologia e dinâmica do banco de sementes, tendo-se investigado formas de modelar a distribuição de frequências dos tamanhos das sementes. A caracterização do banco de sementes através do modelo seleccionado, é consistente e amplia as conclusões obtidas da análise exclusiva das abundâncias. Pré-mobilização, observaram-se diferenças na distribuição vertical entre sementes isodiamétricas e anisodiamétricas e entre tamanhos. Além da *persistência intrínseca*, própria de sementes isodiamétricas menores, sugere-se a existência de uma *persistência de posição* em sementes isodiamétricas maiores e em anisodiamétricas de qualquer tamanho, que não germinarão por se localizarem a maiores profundidades. A distribuição vertical do banco de sementes é diferencialmente alterada pelas mobilizações, com os efeitos da lavoura independentes do tamanho e forma das sementes pré-mobilização. A escarificação reforça a *persistência intrínseca* e reduz a *de posição* em sementes anisodiamétricas. A gradagem mantém ou reforça a *persistência intrínseca* e reduz a *de posição* mas não em sementes anisodiamétricas maiores.

## SUMMARY

### ***Soil seedbanks. Vertical distribution and effects of tillage***

Soil seedbanks were studied to characterize their vertical distribution in soils not tilled for at least ten years and to evaluate the effects of plough, tine cultivation and harrowing in the vertical distribution of seeds. The importance and usefulness of shape, and size expressed by numbers, were examined in relation to a number of features of the biology and dynamics of soil seedbanks, and models to describe the size number distribution of seeds were investigated. The description of seedbanks by the model selected is similar and broadens the conclusions from the analysis of number of seeds alone. Differences in vertical distribution before tillage were found between spherical and non-spherical seeds as well as among seed sizes. Besides *inborn persistence* of smaller spherical seeds, *location persistence* is suggested for greater spherical seeds and non-spherical seeds, that will not germinate because of their deeper location. Changes in depth distribution of soil seedbanks depend upon the tillage, the effects of plough being independent of size and shape. Tine cultivation increases *inborn persistence* and reduces *location persistence* in non-spherical seeds. Harrowing increases *inborn persistence* and reduces *location persistence* except in greater, non-spherical seeds.



# 1. INTRODUÇÃO

... um é o primeiro  
algarismo de um número infinito  
Omar Khayyam

O objectivo primeiro deste trabalho é o estudo do banco de sementes do solo e justifica-se pela importância que tem na dinâmica da vegetação. De facto, seguindo Harper (1977), o fluxo de sementes ou outros propágulos que entram ou saem de uma qualquer unidade de habitat determinam a população potencial desse habitat e portanto, do balanço entre as entradas e saídas de propágulos resulta a vegetação potencial, de tal forma que qualquer tentativa de discutir a dinâmica de populações de plantas terá que considerar essa reserva.

Na mesma linha, mas numa perspectiva essencialmente agronómica, o conhecimento profundo do banco de sementes e de formas de o manipular poderá ser a mais importante contribuição individual para o controlo de infestantes depois dos herbicidas, de acordo com uma das respostas a um inquérito sobre a importância de diversos aspectos da biologia de infestantes (Norris 1992).

Descontando o provável exagero, não deixa de ser interessante notar que, nesse inquérito, o banco de sementes foi considerado a quarta área da biologia vegetal mais importante ou útil para a gestão de infestantes, a seguir à competição/interferência, biologia da reprodução e dormência/germinação com as quais, pelo menos as duas últimas, intersecta directamente.

Embora o banco de sementes não pareça ter correspondido às expectativas pois no mesmo inquérito ficava em segundo lugar na contribuição para a gestão de infestantes prevista para os 10 anos seguintes, será, se é que alguma vez foi, cada vez mais difícil conceber uma gestão de infestantes ou de plantas espontâneas, particularmente anuais, que não considere o banco de sementes como um factor essencial.

Não é, pois, de estranhar que mais de um terço dos estudos do banco de sementes tenha a ver com sementes de infestantes nem que, desde a que provavelmente é a mais antiga sobre o assunto (Darwin 1859), o número de estudos e publicações sobre o assunto tenha crescido exponencialmente com uma clara aceleração a partir do fim dos anos 50 (Vyvey 1989a,b) tudo indicando que o ritmo não tenha abrandado desde então.

Naturalmente que, em rigor, não se trata só do banco de sementes mas sim e potencialmente do banco de qualquer estrutura (semente, fruto, bolbo, etc.) capaz de originar uma nova planta. Apesar de incompleto, continuaremos a falar de banco de sementes, aderindo e eventualmente reforçando a sua generalização, não obstante a distinção entre sementes e frutos no âmbito do banco de "diásporos" do solo [ou "propágulos" na terminologia de Harper (1977)] poder ser importante (Thompson *et al.* 1993).

Dissemos que o objectivo primeiro deste trabalho era o estudo do banco de sementes do solo embora, naturalmente não de todos os seus aspectos. Mais especificamente, pretendíamos investigar os efeitos de diferentes práticas culturais no banco de sementes. No

entanto, o caminho seguido não foi, em absoluto, rectilíneo, justificando-se por isso uma rápida descrição do percurso e das questões que o balizaram.

Naturalmente, começámos por realizar uma amostragem do banco de sementes do solo antes da implantação das práticas culturais a experimentar. Da opção pela contagem directa, resultou evidente que esse método, tendo em conta o número de amostras e o número de sementes, tornava praticamente inviável a realização do trabalho tal como delineado, tendo sido necessário considerar métodos alternativos. Dos possíveis, o mais promissor envolvia a estimativa da abundância de sementes por métodos de máxima verosimilhança, cuja pesquisa desenvolvemos tendo em conta as características próprias ao banco de sementes (Dias e Moreira 1992).

Na perspectiva de minimização do volume de solo a amostrar, o tamanho das sementes emerge como a característica mais importante, o que conduziu naturalmente a uma pesquisa, essencialmente bibliográfica, sobre o tamanho das sementes. Um dos resultados foi, como veremos, a quantificação do banco de sementes que tinha sido feita não poder ser aceite como referência para os efeitos das práticas culturais que pretendíamos investigar.

Resultou também o aprofundamento do papel do tamanho e, posteriormente, da forma, na biologia e dinâmica de sementes.

De facto, se a importância do tamanho estava relativamente bem estabelecida, relativamente a aspectos como a dispersão, persistência, predação e germinação de sementes. No entanto, e salvo raras excepções, a variável tamanho de sementes não era quantificada de forma clara e consistente, nem surgiam tentativas de relacionar a variabilidade do tamanho das sementes com a de características como a fotoblastia, germinação, dispersão e movimentação vertical, profundidade de emergência, distribuição vertical, efeitos de mobilizações ou relação entre a vegetação potencial e a real.

Para determinar uma forma de exprimir numericamente o tamanho das sementes e, simultaneamente, testar a hipótese do tamanho, expresso numericamente, ser relacionável ou poder explicar melhor aquelas características, recorreremos a um número importante de trabalhos já publicados, usando, sempre que possível, os dados apresentados e analisando-os em função do tamanho das sementes neles referenciados.

Esta abordagem não só confirmou o interesse de usar o tamanho das sementes como variável explicativa, como permitiu estabelecer o volume, nomeadamente o menor volume das sementes de cada espécie, como meio de exprimir o tamanho.

Como extensão natural do tamanho de cada espécie, surgia a quantificação do tamanho, no sentido de volume, da comunidade de espécies constituintes do banco de sementes, de forma análoga à adoptada noutras áreas, mas não no âmbito do banco de sementes.

Para isso, examinámos uma variedade de modelos passíveis de quantificar a distribuição de tamanhos do banco de sementes. Por eliminações sucessivas, seleccionámos um modelo geral para descrever essa distribuição, a partir do qual foi possível uma quantificação operacional dessa distribuição de tamanhos.



Assim, deste aprofundamento, resultaram como objectivos a) a caracterização do banco de sementes em termos da distribuição vertical da frequência de tamanhos das sementes e b) o estudo dos efeitos de mobilizações na distribuição vertical de tamanhos de sementes.

Assim, optámos por estudar o efeito de três mobilizações, lavoura, escarificação e gradagem, num solo sujeito a um mínimo de intervenção durante um período prolongado, onde seria de esperar uma forte heterogeneidade da distribuição vertical capaz de permitir uma mais clara avaliação dos efeitos das mobilizações.

Optámos igualmente, por estudar o banco de sementes do solo após a ocorrência da maior parte das germinações e emergências, restringindo-nos ao que poderíamos chamar a fracção permanente do banco de sementes, eliminando, tanto quanto possível, o efeito quase aleatório das condições ambientais do ano anterior à amostragem.

De acordo com estes objectivos, e depois da descrição dos materiais e métodos feita no capítulo 2, no capítulo 3 caracterizamos o banco de sementes amostrado inicialmente e examinamos, com algum detalhe, aspectos metodológicos do processamento de amostras de solo, para no capítulo 4 se abordar a questão da amostragem do banco de sementes.

No capítulo 5 tratamos do tamanho e forma das sementes para avaliar qual a sua relevância numa série de processos, incluindo germinação, crescimento, fotoblastia, dispersão, predação e banco de sementes, complementando os resultados e conclusões dos autores consultados com a consideração do tamanho e, ocasionalmente, forma das sementes.

A modelação da distribuição da frequência de tamanhos das sementes e a aplicação do modelo seleccionado aos dados da amostragem inicial e da final, com avaliação da sua operacionalidade na caracterização e descrição da distribuição vertical do banco de sementes do solo, pré-mobilização, são tratados, respectivamente, nos capítulos 6 e 7.

A importância e efeitos das mobilizações no banco de sementes do solo é abordada no capítulo 8, revendo a literatura existente à luz do tamanho das sementes.

No capítulo 9 tratamos da distribuição vertical do número de sementes pré-mobilização, tendo em conta a forma e tamanho, avaliando se as conclusões obtidas no capítulo 7 para a distribuição vertical da frequência de tamanhos eram fiáveis ou se eram um 'artefacto' do modelo seleccionado, sem significado biológico.

A distribuição vertical do número de sementes, pós-mobilizações, comparação com pré-mobilização e validação de modelos já publicados para os efeitos de mobilizações é examinada no capítulo 10, tratando-se no 11 dos efeitos das mobilizações na distribuição vertical da frequência de tamanhos, pós-mobilizações, bem como qual das duas abordagens, de números ou de tamanhos, é de adoptar.

No capítulo 12 debruçamo-nos, essencialmente, sobre a relação entre a vegetação potencial e a real e, finalmente, no capítulo 13 apresentamos as conclusões. Em Anexo, apresentamos ainda uma listagem das espécies e dimensões que foi necessário conhecer ao longo do trabalho.

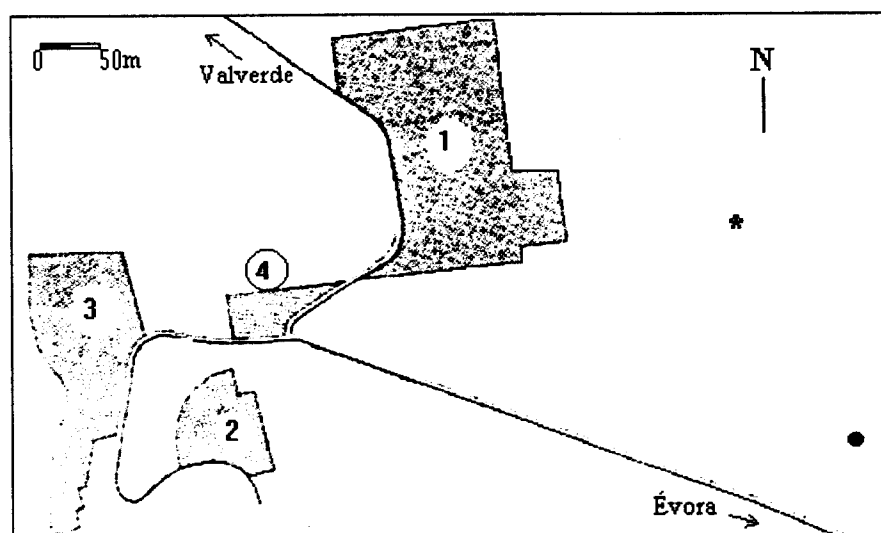
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

quando se pode falar naturalmente duma coisa,  
não é mister recorrer a fantasias matemáticas  
Giordano Bruno

O estudo do banco de sementes do solo que faremos ao longo deste trabalho baseia-se essencialmente em duas séries de amostragens realizadas na Herdade Experimental da Mitra da Universidade de Évora, ( $38^{\circ} 32' N$ ,  $8^{\circ} 1' O$ , perto de Valverde e a cerca de 12 km de Évora) que designaremos por MITRA1 e MITRA2 (figura 2.1).

MITRA1 foi realizado no âmbito dos projectos *Efeito das mobilizações na dinâmica e bio-ecologia da flora infestante real e potencial* (Departamento de Biologia, Universidade de Évora) e *Factores de produtividade em montado. Biologia e mobilização do solo* (JNICT 87314, Área C, AGR) da responsabilidade do Professor Mário de Carvalho (Departamento de Fitotecnia, Universidade de Évora); MITRA2 foi realizado no âmbito do mesmo projecto do Departamento de Biologia e do projecto *Diversification of the cropping system and utilisation of symbiotic associations to reduce production costs and environmental pollution under dryland farming in Mediterranean regions* (EC AIR-CT-920029), da responsabilidade do Professor Mário de Carvalho (Departamento de Fitotecnia, Universidade de Évora) tendo permitido a realização de dois relatórios de estágio da licenciatura em Engenharia Agrícola, Ramo Científico/Tecnológico sob orientação científica do autor (Carneiro 1993, Silva 1996).

Neste capítulo iremos enquadrar e descrever os procedimentos seguidos em MITRA1 e MITRA2 deixando para mais tarde e sempre que apropriado (capítulo 3, 4 e 7 em particular) uma discussão mais detalhada sobre os mesmos.



**Figura 2.1** Localização aproximada de MITRA1 (\*) e MITRA2 (●), adaptado da *Carta de Localização dos Perfis dos Solos da Herdade da Mitra*, Departamento de Geociências, Universidade de Évora, 1979. ① Parque de máquinas e vacaria, ② 'Anel', ③ Edifício principal, ④ Colégio do Bom Jesus de Valverde.

## 2.1 AMOSTRAGEM EM MITRA1

O local amostrado (conhecido por Eipo) localizava-se numa área de montado de azinheira muito aberto, declive reduzido com depressões muito ligeiras ou nulas e solo, de acordo com Aguiar e Grilo (não publicado) e seguindo a nomenclatura de Cardoso (1965), litólico não-húmico dos climas sub-húmidos e semi-áridos de granitos ou rochas afins (Pg).

Esteve ocupado com pastagem natural durante pelo menos onze anos e em Novembro de 1987 foi feita uma aplicação de 360 g ha<sup>-1</sup> de glifosato diluído de forma a obter-se 100 l ha<sup>-1</sup> de calda, seguida de sementeira directa de 200 kg ha<sup>-1</sup> de trevo subterrâneo composto em partes iguais pelas cultivares 'Nungarin', 'Daliak', 'Geraldton' e 'Woogenellup' inoculadas com duas estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* (Alho *et al.* 1990, Carvalho *et al.* 1990).

O delineamento experimental consistia em 3 réplicas de blocos sub-divididos e casualizados de 30×12.6 m<sup>2</sup>, com a maior dimensão seguindo o declive do terreno. Cada réplica foi dividida longitudinalmente em 3 blocos principais de 30×4.2 m<sup>2</sup> sujeitos depois da amostragem do banco de sementes a três mobilizações (nula, duas escarificações e lavoura mais duas gradagens) aleatoriamente localizadas. Na perpendicular aos blocos principais foram definidos 3 blocos secundários com 10×12.6 m<sup>2</sup>, sujeitos aleatória e independentemente a três tratamentos herbicidas (nenhum herbicida, 2,4-D+MCPA, metabenzotiazurão seguido de 2,4-D+MCPA). Em 1987-1988 dividiu-se longitudinalmente cada bloco principal em dois com 30×2.1 m<sup>2</sup> aleatoriamente atribuídos às duas estirpes de rizóbio. Não considerando esta última divisão, cada réplica era constituída por 9 sub-blocos de 10×4.2 m<sup>2</sup> tal como pode ser visto na figura 2.2.

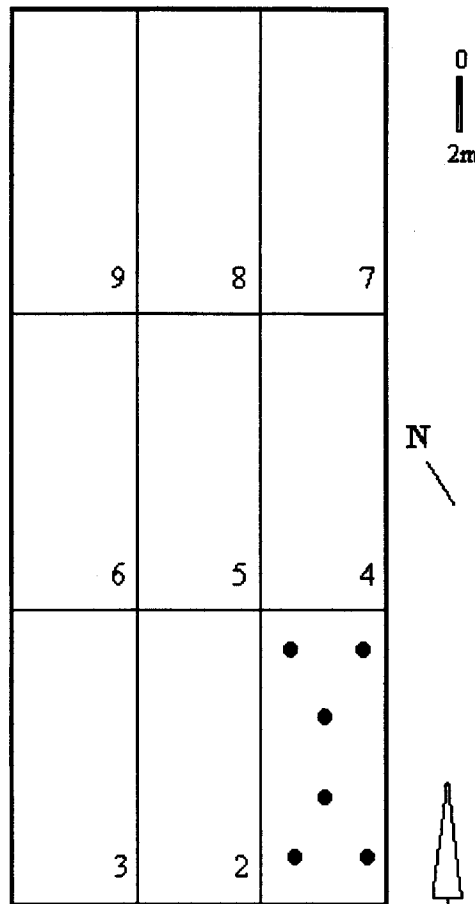
### 2.1.1 Amostragem preliminar

Tendo como objectivo 1) testar e afinar as técnicas de processamento de amostras e 2) definir as profundidades de amostragem posterior, na Primavera de 1988 retiraram-se de forma não sistemática em cada réplica 8 cilindros de 30 cm de profundidade com uma sonda de meia-cana de 3.5 cm Ø e 30 cm de comprimento. Cada cilindro foi dividido em quatro profundidades (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-30 cm), fazendo-se uma amostra compósita das 8 amostras de cada réplica para cada classe de profundidade. As 12 amostras compósitas foram guardadas individualmente em sacos de plástico identificados, transportadas para o laboratório e processadas como descrito adiante no § 2.1.3.

### 2.1.2 Amostragem final

Em Novembro de 1988, antes de qualquer mobilização ou sementeira, retiraram-se em cada sub-bloco de uma das réplicas 6 cilindros (figura 2.2) de 10 cm de profundidade com uma sonda de meia cana de 3.5 cm Ø e 30 cm de comprimento. Cada cilindro foi dividido em duas porções de comprimento igual (0-5 cm e 5-10 cm). As 108 amostras de cada réplica

foram guardadas individualmente em sacos de plástico identificados, transportadas para o laboratório e processadas como descrito a seguir.



**Figura 2.2** Esquema de divisão de uma réplica de MITRA1 em sub-blocos com indicação no sub-bloco 1 da localização aproximada dos pontos de amostragem (•). A seta indica o sentido do declive.

### 2.1.3 Processamento das amostras

O processamento das amostras foi realizado no então Laboratório de Botânica e Microbiologia (Departamento de Biologia, Universidade de Évora) seguindo, com alterações, o protocolo descrito em Rosa (1977). Imediatamente após a recolha no campo, as amostras foram secas por uma corrente de ar quente em simultâneo com agitação da terra e desagregação manual dos torrões maiores. No máximo, ao fim de 7 dias todas as amostras estavam de novo guardadas em sacos de plásticos e armazenadas em local fresco e seco.

Uma vez que a desagregação mais grosseira já tinha sido realizada durante a secagem inicial, as amostras foram pesadas, colocadas num copo, adicionando-se por cada 100 g de amostra aproximadamente 200 ml de uma solução dispersante constituída por hexametáfosfato de sódio, bicarbonato de sódio e água destilada (50 g:25 g:1 l). Após agitação manual o resultante foi passado durante cerca de 10 minutos com ajuda de um jacto de água por crivos de malha 2.380 mm, 0.850 mm, 0.425 mm (só na amostragem final) e 0.250 mm disponibilizados pelo Laboratório de Solos (Departamento de Fitotecnia,

Universidade de Évora).

A fracção retida no crivo de malha 2.380 mm, devido às dimensões dos seus constituintes, era examinada de imediato com retirada e secagem das sementes presentes por uma corrente de ar quente. A fracção retida no crivo de malha 0.850 mm e, na maioria das amostras finais 5-10 cm, a fracção retida no crivo 0.425 mm era transferida para uma placa de Petri com papel de filtro, seca por uma corrente de ar quente e armazenada para posterior contagem das sementes. As fracções retidas nos crivos de malha 0.425 mm (só em 8 amostras da amostragem final) e 0.250 mm foram transferidas para copos com adição de uma solução aquosa de sulfato de magnésio a  $125 \text{ g l}^{-1}$  e agitadas por forma a separar por diferença de densidade a porção mineral dos materiais orgânicos e sementes. O sobrenadante foi transferido para papel de filtro colocado num funil de Büchner, a água eliminada por sucção por bomba de vácuo, sujeito a uma corrente de ar quente e armazenado. A adição da solução de sulfato de magnésio com agitação e transferência para papel de filtro foi repetida até que praticamente não houvesse sobrenadante. A fracção remanescente foi transferida para papel de filtro colocado num funil de Büchner, seca por sucção com bomba de vácuo primeiro, depois por uma corrente de ar quente e armazenada.

O conjunto de no máximo cinco fracções por amostra foi observado ao estereomicroscópio binocular, só se registando como sementes as que resistiam a uma pressão ligeira (Panetta 1985, Pareja *et al.* 1985, Roberts e Ricketts 1979).

#### 2.1.4 Identificação das sementes

A identificação das sementes foi feita recorrendo a uma razoável variedade de processos, incluindo um ou mais dos seguintes procedimentos: utilização de chaves dicotómicas de identificação de sementes, comparação com fotografias e/ou descrições de sementes, germinação de sementes e identificação das plântulas e/ou plantas resultantes, comparação com sementes existentes no Herbário do Departamento de Biologia (Universidade de Évora) e na Direcção de Serviços de Controle e Qualidade, Secção de Pureza do então CNPPA. As chaves dicotómicas utilizadas foram as de Delorit (1970).

As fotografias foram de publicações já existentes (Delorit 1970, Elmore *sd*, Villarias 1979) ou realizadas por R.A. Carneiro ou pelo autor com estereomicroscópio binocular Wild M8, câmara Wild MPS12 e dois flashes Topca 320B disponibilizados pelo Laboratório de Entomologia (Departamento de Biologia, Universidade de Évora). As sementes fotografadas tiveram origem na colecção de sementes existentes no Herbário do Departamento de Biologia ou resultaram de uma recolha realizada entre o fim da Primavera e o Outono de 1988 no local do estudo. A recolha de sementes no campo foi feita pela colocação de sacos de papel vegetal nas inflorescências das plantas recorrendo-se para a identificação e/ou confirmação das espécies após herborização a Coutinho (1939), Franco (1971, 1984), comparação com exemplares do Herbário do Departamento de Biologia e do Herbário do Instituto Superior de Agronomia.

A germinação de sementes encontradas nas amostras MITRA1 foi tentada sempre que necessário embora com um sucesso relativo. Para o efeito tentou-se uma variedade de tratamentos inspirados por uma prévia pesquisa bibliográfica (Barralis e Chadoeuf 1980, Bouhache e Tanji 1985, Dessaint *et al.* 1990a, Post 1984, Wilson *et al.* 1985) incluindo incubação a temperaturas constantes ou alternadas, diferentes fotoperíodos, tratamentos por frio, aplicação de ácido giberélico (GA3 a  $1 \text{ g l}^{-1}$ ) ou nitrato de potássio ( $5 \text{ g l}^{-1}$ ). O número de combinações destes tratamentos (e de sementes em cada tratamento) foi necessariamente reduzido, tendo as sementes sido incubadas em germinadores com ambiente controlado, em placas de Petri com papel Whatmann #1. Logo que apropriado as plântulas foram transferidas para vasos com uma mistura de turfa e terra coberta por areia, permanecendo um ou dois dias no germinador após o que foram mantidas dentro do laboratório mas fora dos germinadores. A identificação das plântulas e/ou plantas foi feita com base numa variedade de fontes, nomeadamente Anónimo (1971), Caixinhas (1980), Coutinho (1939), Elmore (sd), Franco (1971, 1984), Häfliger e Brun-Hool (sd), Jauzein (1990), Jauzein e Montegut (1990), Montegut (1990, sd), Moreira *et al.* (1986), Vasconcellos (1970, 1971).

Finalmente beneficiámos da possibilidade de examinar sementes da colecção da Direcção de Serviços de Control e Qualidade, Secção de Pureza, Divisão de Infestantes do então CNPPA bem como dos conhecimentos e disponibilidade do seu pessoal.

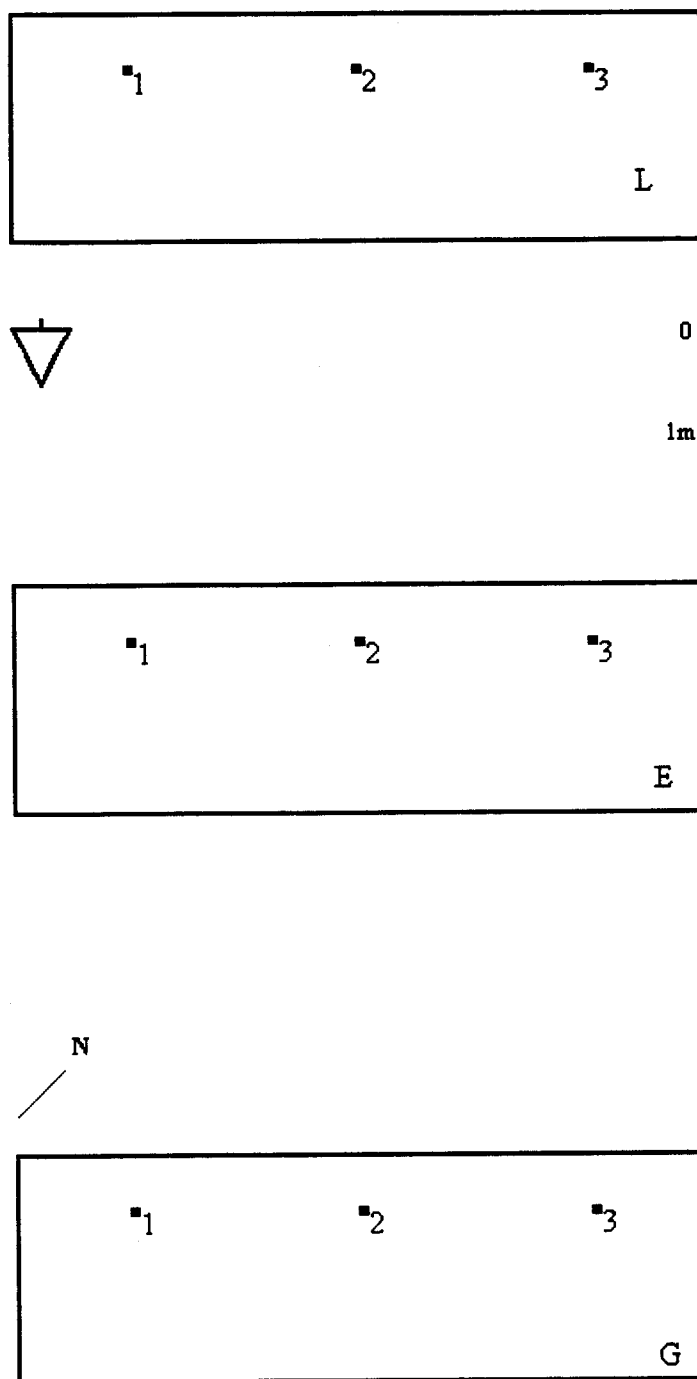
## 2.2 AMOSTRAGEM EM MITRA2

O local amostrado estava numa área de montado de azinheira muito aberto a cerca de 200 m do local de MITRA1 (figura 2.1) ocupado por pastagem natural durante pelo menos dez anos. O declive era pouco acentuado e o solo, de acordo com Aguiar e Grilo (não publicado) e seguindo a nomenclatura de Cardoso (1965), era hidromórfico sem horizonte eluvial para-aluviossolo de aluvião ou coluvial de textura ligeira (*Cal*); a textura era franco-arenosa com 50% de areia grossa, 24% de areia fina, 12% de limo e 14% de argila (análise granulométrica realizada pelo Laboratório Químico Agrícola da Universidade de Évora).

### 2.2.1 Delineamento experimental e amostragem

Em Janeiro de 1995 definiram-se perpendicularmente ao declive do terreno três blocos paralelos de  $6 \times 2 \text{ m}^2$  separados 3 m entre si (figura 2.3) com o objectivo de servir de guia nos procedimentos posteriores. A localização das amostras foi definida pela intercepção de cordas dispostas perpendicularmente formando um reticulado de 1 m de lado. As cordas estavam presas a estacas colocadas a cerca de 20 m dos limites dos blocos. Em cada bloco retiraram-se de forma sistemática 3 cilindros de 20 cm de profundidade com uma sonda de meia cana de 5 cm  $\varnothing$  e 20 cm de comprimento. Cada cilindro foi dividido em oito porções de 2.5 cm de comprimento. As 24 amostras dos três blocos foram guardadas individualmente em sacos de plástico identificados, transportadas para o laboratório e

processadas como descrito adiante no § 2.2.2.



**Figura 2.3** Esquema do delineamento experimental de MITRA2 com localização aproximada dos pontos de amostragem (■). A seta indica o sentido do declive, *L* lavoura, *E* escarificação, *G* gradagem.

Após retirada das cordas (mas manutenção das estacas), a cada bloco foi aleatoriamente atribuída uma mobilização (lavoura, escarificação e gradagem) com o número de passagens a resultar da compactação do solo. A lavoura foi feita por charrua de aivecas, reversível, de 2 ferros (três passagens) seguida de uma gradagem com grade de discos "off-set" de dois corpos com 11 discos de 24 polegadas; a profundidade da operação foi, de acordo com

medições pontuais, superior a 18 cm tendo ultrapassado os 22 cm. A escarificação foi feita com escarificador de molas duplas, de 11 dentes (quatro passagens) à profundidade média de 20 cm. A gradagem foi feita com grade de discos "off-set" de dois corpos com 11 discos de 24 polegadas (cinco passagens); a profundidade da operação foi, de acordo com medições pontuais, superior a 8 cm e inferior a 10 cm tendo em média ultrapassado os 9 cm.

Cinco dias após as mobilizações as cordas foram repostas e após uma ligeira compactação com os pés, foram retirados 3 cilindros aproximadamente nos mesmos locais que anteriormente. O restante procedimento foi idêntico ao da primeira amostragem, com excepção do bloco sujeito a gradagem, que só foi amostrado até 10 cm de profundidade daí resultando 4 porções de 2.5 cm de comprimento por amostra.

### 2.2.2 Processamento das amostras

O processamento das amostras foi realizado em instalações disponibilizadas pelo Laboratório de Entomologia (Departamento de Biologia, Universidade de Évora). Após recolha no campo as amostras pré e pós-mobilização foram guardadas em arca congeladora a -30 °C, sendo retiradas à medida que iam sendo processadas, ficando sempre dois dias nas condições prevaletentes no laboratório.

Cada amostra (5 cm  $\varnothing$  e 2.5 cm de comprimento) foi sujeita a uma crivagem sequencial auxiliada por um jacto de água quente e desagregação manual por crivos de malha 2.380 mm, 0.850 mm, 0.710 mm, 0.560 mm, 0.425 mm, 0.355 mm, 0.297 mm, 0.250 mm, 0.212 mm, 0.149 mm disponibilizados pelo Laboratório de Solos (Departamento de Fitotecnia, Universidade de Évora) e pelo grupo de Ciências da Natureza e Biologia da Escola Secundária André de Gouveia (Évora).

As fracções recolhidas nos seis crivos maiores (malha  $\geq$  0.355 mm) foram transferidas para papel de filtro, colocadas num funil de Büchner, secas por sucção com bomba de vácuo primeiro, e depois de transferidas para placas de Petri acabadas de secar a 60 °C e armazenadas para posterior contagem das sementes.

As fracções recolhidas nos restantes crivos foram separadamente transferidas para copos com adição de uma solução aquosa de sulfato de magnésio a 250 g l<sup>-1</sup> e agitadas até separar por diferença de densidade a porção mineral dos materiais orgânicos e sementes. Os sobrenadantes foram transferidos para papel de filtro colocado num funil de Büchner, a água eliminada por sucção por bomba de vácuo, transferidas para placas de Petri onde acabaram de secar a 60 °C e armazenadas para posterior contagem das sementes. Em 10 amostras ocasionalmente seleccionadas os materiais não retidos nos crivos ou que ficavam no copo com a solução de sulfato de magnésio foram sujeitos ao mesmo procedimento para investigação da presença de sementes.

A fracção retida no crivo de malha 2.380 mm era examinada directamente. Todas as restantes fracções foram observadas com estereomicroscópio binocular numa placa de Petri em que se tinha instalado um reticulado quadrangular. As sementes só foram contadas



quando consideradas viáveis de acordo com a sua resistência a uma ligeira pressão (Ball e Miller 1989, Panetta 1985, Pareja *et al.* 1985, Roberts e Ricketts 1979), distinguindo-se entre sementes total ou aproximadamente isodiamétricas e sementes claramente anisodiamétricas.

### 2.2.3 Identificação das sementes

Ao contrário de MITRA1, não foi feita uma identificação exaustiva das sementes no sentido da quantificação por espécie, mas sim no sentido de inventariar as espécies presentes. Recorreu-se essencialmente a chaves dicotómicas de identificação de sementes (Delorit 1970) e comparação com fotografias e/ou descrições de sementes de publicações já existentes (Delorit 1970, Elmore *sd*, Villarias 1979) ou realizadas por R.A. Carneiro ou pelo autor como descrito no § 2.1.4.

## 2.3 ANÁLISE NUMÉRICA

A análise numérica foi essencialmente feita com base em a) exame visual de representações gráficas e/ou b) ajustamento de modelos de regressão, geralmente linear.

Tendo em conta a importância que o ajustamento, aceitação e comparação de modelos acabou por assumir, particularmente para a distribuição de frequências dos tamanhos de sementes e tendo em conta a relação entre os modelos investigados nesse âmbito, os condicionalismos resultantes dos objectos sobre os quais a modelação iria incidir e a metodologia a seguir para aceitação e comparação de modelos, pareceu-nos preferível descrever a metodologia, escolhas possíveis e razões para as opções tomadas no § 6.2 e especialmente nos §§ 6.3 e 6.4.

A utilização quase sistemática de técnicas de regressão na análise probabilística não significa que se tenha respeitado sempre a metodologia e particularmente os critérios adoptados para a modelação de distribuição de frequências de tamanhos de sementes (capítulos 7, 9 e 11) ou para a modelação da distribuição vertical do número de sementes (capítulos 10 e 11). De facto, pode dizer-se que nestas duas situações houve uma maximização da exigência e rigor na modelação, que não foi seguida quando os objectivos da análise numérica claramente não o exigiam ou justificavam.

Exemplos deste aligeiramento podem ser encontrados na análise dos resultados de Roberts (1963) e Roberts e Sokes (1965) considerando o tamanho das sementes (§ 8.2) ou na de resultados de estudos da relação entre a vegetação potencial e a vegetação real incluindo também o tamanho das sementes (capítulo 12); em casos como estes, a regressão foi usada essencialmente como forma de investigar qual ou quais as variáveis independentes (incluindo tamanho das sementes) podiam explicar significativamente a variação da variável dependente. Noutros casos ainda, a regressão foi usada para investigar a existência de diferenças significativas entre pontos ou locais de amostragem relativamente à síntese

numérica da distribuição da frequência de tamanhos (capítulos 7 e 11) ou relativamente à distribuição vertical de número de sementes estimada para intervalos de profundidade muito menores que os amostrados (capítulos 9 e 10).

Apesar dos diferentes níveis de utilização das técnicas de análise de regressão, alguns aspectos foram mantidos constantes, dos quais o mais importante parece-nos ser a não aceitação de qualquer modelo em que aos coeficientes estimados (incluindo ordenada na origem) estivessem associados níveis de significância  $P$  superiores a 0.05 e a apresentação sistemática das probabilidades de erro não só dos modelos ajustados como, e principalmente, dos coeficientes de regressão.

Finalmente, e mudando de registo, adoptaremos o ponto como separador de decimais, a vírgula de milhares.

### 3. BANCO DE SEMENTES EM MITRA1

*ele está em posição de perigo,  
será vantajoso para ele parar seu avanço*  
I Ching

Ao contrário do previsto, a amostragem de MITRA1 não permitiu estabelecer um quadro de referência, o ano zero, para um estudo do efeito de mobilizações e tratamentos herbicidas no banco de sementes do solo. As razões para isso irão sendo apresentadas ao longo deste capítulo, em particular no § 3.1.1.1 e têm directamente a ver com o processamento das amostras e indirectamente com a opção pela contagem directa das sementes em detrimento da contagem de plântulas após a germinação daquelas.

Apesar disso, e repetindo o que ficou dito no capítulo 1, a amostragem preliminar e final de MITRA1 e o subsequente processamento das amostras terão proporcionado não só uma melhor compreensão da interdependência entre os resultados obtidos em estudos do banco de sementes e os métodos utilizados para os obter, como nos impunham novas perspectivas de investigação.

Inevitavelmente, ao longo deste capítulo damos com alguma frequência ênfase à dimensão das sementes, antecipando a investigação e demonstração da sua importância e abordamos aspectos de amostragem do banco de sementes que serão tratados no capítulo seguinte. Além disso, e dadas as circunstâncias, não analisamos profundamente os dados obtidos em MITRA1. Em contrapartida, com recurso aos dados obtidos na amostragem preliminar e final de MITRA1 examinamos alguns aspectos metodológicos, nomeadamente a redução do volume das amostras de solo, utilização de crivos e separação das sementes da fracção mineral (ver também sobre este assunto Recasens *et al.* 1991), não tentando tirar dos dados o que eles não podem fornecer.

#### 3.1 QUANTIFICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO BANCO DE SEMENTES

Em muitos estudos do banco de sementes, particularmente envolvendo profundidades de emergência de plântulas (ver por exemplo § 7.1) a obtenção de amostras, normalmente cilíndricas, o seu transporte para laboratório *sensu lato* e um qualquer tipo de procedimento posterior não é absolutamente necessário e pode ser contraproducente. Mesmo quando se pretende de algum modo quantificar o banco de sementes pode não ser avisado retirar amostras de solo (Bartholomew 1970, Darwin 1859, Graham e Hutchings 1988b). No entanto, a maior parte dos estudos do banco de sementes implicam, por uma diversidade de razões, a retirada de amostras e posterior identificação e quantificação das sementes.

Dentre os procedimentos passíveis de ser seguidos para a identificação e quantificação do banco de sementes, o mais simples envolveria, naturalmente, o mínimo de perturbação das amostras recolhidas (eventualmente a sua separação por classes de profundidade) deixando

germinar as sementes presentes por um período mais ou menos longo consoantes os objectivos do estudo. No entanto, dada a dificuldade de conseguir obter taxas de germinação elevadas sem redução substancial da espessura da amostra recolhida (Belo 1993) o mínimo de perturbação acaba por incluir a redução da espessura (e aumento da área) das amostras de solo que contêm as sementes e a sua manutenção e monitorização por períodos mais ou menos longos, com ou sem tentativas de estímulo da germinação. Trata-se no fundo, com maior ou menor intervenção do investigador, de quantificar o banco de sementes do solo através da identificação e contagem das plântulas e/ou plantas surgidas.

Alternativamente, e considerando igualmente o procedimento mais simples, a identificação e quantificação do banco de sementes do solo envolve o exame das amostras, naturalmente com recurso a microscópio estereoscópio, com contagem e identificação das sementes presentes, minimizando os erros que poderão resultar da consideração de sementes mortas, geralmente por avaliação da resistência mecânica das sementes (Ball e Miller 1989, Panetta 1985, Pareja *et al.* 1985, Roberts e Ricketts 1979), embora os critérios da International Seed Testing Association (Warwick 1984), a elasticidade e brilho (Ohtsuka e Ohsawa 1994), pesquisa de amido após esmagamento de sementes (Bonis e Lepart 1994) ou teste do tetrazólio (Moore e Wein 1977) possam ser utilizados. Sobre as dificuldades do uso deste método ver por exemplo Bonis e Lepart (1994), Panetta (1985) ou Stoller e Wax (1974).

Não discutiremos aqui as vantagens e desvantagens conceptuais e práticas da contagem directa de sementes ou de plântulas (ver a propósito Roberts 1981), tanto mais que em MITRA1 a opção pela contagem directa de sementes resultou de constrangimentos logísticos e em MITRA2 dos objectivos do estudo. Diremos no entanto que, em última análise, a opção por uma ou outra abordagem parece geralmente depender não só do hábito e treino dos investigadores, mas também das possibilidades logísticas, número de amostras e urgência na obtenção de resultados.

Seja qual for a opção, o volume original das amostras é frequentemente reduzido usando uma variedade de métodos que examinaremos a seguir. Naturalmente que a redução do volume não é absolutamente indispensável caso se opte pela contagem de plântulas após germinação, embora em estudos envolvendo um elevado número de amostras possa ser importante, mais não seja pelo espaço necessário para a sua monitorização simultânea.

A título de exemplo, e considerando uma espessura final das amostras de 1 cm, como sugerido pelos resultados de Feast e Roberts (1973), pelo menos para sementes não muito grandes (ver Anexo), a manutenção do volume amostrado significaria uma área total de 9.42 m<sup>2</sup> em Belo (1993), 1.96 m<sup>2</sup> em Caixinhas *et al.* (1998), 14.14 m<sup>2</sup> em Laranjeira (1999), 60.87 m<sup>2</sup> em Sá (1989) e 39.27 m<sup>2</sup> em Vasconcelos (1984).

Em contrapartida, a redução do volume original só pode razoavelmente ser dispensada em estudos envolvendo a contagem directa de sementes se o número de amostras e volume total for pequeno, dada a enorme desproporção entre o volume das sementes e o do solo amostrado.

A título de exemplo, e usando as dimensões correspondentes ao maior volume apresentadas em Anexo ou no § 6.3.1, na amostragem final de MITRA1 as sementes registadas representavam entre 0.247‰ e 3.637‰ (com uma média de 1.048‰) em 0-5 cm, entre  $8.278 \times 10^{-3}$ ‰ e 0.875‰ (com uma média de 0.217‰) em 5-10 cm e entre 0.225‰ e 1.970‰ (com uma média de 0.632‰) em 0-10 cm.

### 3.1.1 Redução do volume

A redução do volume faz-se geralmente por crivagem, frequentemente associada a um qualquer método de dispersão prévia das amostras por forma a separar o mais possível as sementes do restante material. Adicionalmente, a crivagem pode ser usada como forma de recolha das sementes e resíduos vegetais diversos separados das partículas de solo por flutuação em soluções de densidade intermédia entre a das sementes e a da fracção mineral.

Kropác (1966) refere a utilização de bromofórmio e éter etílico, carbonato de potássio, sulfato de zinco e cloreto de zinco para a separação química por flutuação das sementes, tendo utilizado uma solução aquosa de carbonato de potássio para esse efeito.

Malone (1967) como alternativa às dificuldades da contagem de plântulas sugeriu a contagem directa das sementes, com prévia dispersão química do solo usando uma solução aquosa de hexametáfosfato de sódio e bicarbonato de sódio (uma alternativa podendo ser encontrada em Warnes e Andersen 1984), flutuação química usando sulfato de magnésio, seguida de decantação e recolha das sementes num crivo de malha 0.140 mm. Constituindo uma variante, Rosa (1977) descreve o método seguido pelo grupo de G. Barralis, em que a dispersão química não é simultânea com a flutuação e em que os crivos são de malha 3.5 mm e 0.2 mm.

Embora o sulfato de magnésio seja provavelmente o mais utilizado, outros compostos têm sido investigados (Johnston *et al.* 1978, Granados e Torres 1993, Roberts 1981) ou utilizados para a separação química por flutuação das sementes incluindo cloreto de sódio (Paatela e Erviö 1971), cloreto de cálcio (Joel *et al.* 1998, Johnston *et al.* 1978, Miller *et al.* 1998, Panetta 1985, Post e Oeveren 1998, Turley *et al.* 1998), sacarose (Henderson *et al.* 1988, Smith e Webb 1996) e carbonato de potássio (Tsuyuzaki 1993, 1994) de utilização já referenciada por Kropác (1966).

Thorsen e Crabtree (1977) investigaram uma adaptação para sementes do solo de um extractor de sementes de tecidos por lavagem, usando redes com 140 poros por  $\text{cm}^2$ , com a recolha final das sementes em crivos de malha 0.5 mm. Com este método recuperaram entre 96% e 100% das sementes relativamente grandes de *Amaranthus retroflexus*, *Brassica campestris* e *Polygonum persicaria*, cuja menor dimensão é superior à do menor crivo ; tendo em consideração as dimensões das sementes e a malha dos crivos utilizados, entre as espécies investigadas só seriam de esperar erros apreciáveis na recuperação de sementes de *Capsella bursa-pastoris*.

Fay e Olson (1978) processaram quantidades importantes de solo (3-5 kg) usando sacos

de rede de nylon (tipo rede mosqueira para janelas) de malha 1.2 mm × 1.2 mm, fazendo a separação por agitação em água durante cerca de 10 minutos, tendo considerado o método apropriado para estudos de bancos de sementes grandes (no caso *Avena* spp.).

Standifer (1980) utilizou uma corrente de ar de intensidade crescente para separar sementes, após crivagem por um crivo de malha 0.58 mm; a aplicação deste método revelou a presença de 8 espécies, todas com sementes relativamente grandes, das quais só *Eleusine indica* e *Cyperus iria* surgiam em quantidades apreciáveis; das sementes detectadas só seriam de esperar erros na recuperação de sementes de *Poa annua* tendo em consideração as dimensões das sementes e a malha do crivo utilizado.

Gross e Renner (1989) utilizaram um método de lavagem de amostras de solo com elutriador de raízes hidropneumático desenvolvido e descrito por Smucker *et al.* (1982), recolhendo numa série de crivos (710, 425 e 243 µm) as sementes separadas da fracção mineral por jactos de ar pressurizado. Demorando cerca de 15 minutos a processar cada amostra de solo com até 60 g, este método não parece afectar a viabilidade das sementes, sendo, segundo as autoras, apropriado para sementes relativamente grandes. De facto, ao testarem o método com 13 espécies, só conseguiram recuperar 17% das sementes de *Arabidopsis thaliana* (volume menor  $1.885 \times 10^{-2}$  mm<sup>3</sup>) enquanto para sementes de volumes entre 0.144 mm<sup>3</sup> (*Panicum capillare*) e 3.026 mm<sup>3</sup> (*Polygonum persicaria*) recuperaram entre 81% e 100% das sementes; curiosamente, em *Mollugo verticillata* ( $4.189 \times 10^{-2}$  mm<sup>3</sup>) conseguiram recuperar 87% das sementes (ver Anexo 1 para o tamanho das sementes).

Granados e Torres (1993) separaram sementes de *Orobancha crenata* por centrifugação numa solução de sulfato de magnésio a 2500 rpm durante 5 minutos, usando posteriormente um factor de correcção para as sementes não recuperadas (aproximadamente 55%).

Tsuyuzaki (1994) após dispersão mecânica numa solução de carbonato de potássio centrifugou as amostras de solo a mais de 4000 g durante 5 minutos, recolhendo no sobrenadante praticamente todas as sementes e todo o material orgânico mais leve. Usando um rotor de grande capacidade era possível separar as sementes em 15 minutos. De referir que nos solos amostrados só havia 8 espécies, todas com sementes relativamente grandes (ver Anexo 1), mais gramíneas não identificadas, .

3.1.1.1 Implicações da crivagem. Como acabámos de ver, com poucas excepções, a redução do volume das amostras envolve a utilização de crivos; adicionalmente, a crivagem é com bastante frequência o único processo utilizado para a redução do volume das amostras. Consequentemente, é essencial garantir que a malha dos crivos utilizados retenha efectivamente as sementes passíveis de existir no solo.

À data do delineamento de MITRA1 (início de 1988), tanto quanto nos podíamos aperceber, quando usados em estudos do banco de sementes, ou não havia indicação da malha (Geremia *et al.* 1984, Paatela e Erviö 1971, Warnes e Andersen 1984) ou os crivos eram essencialmente de malha 0.2 mm (Barralis e Chadoeuf 1980, 1987, Barralis *et al.* 1986, Carretero 1977, Chadoeuf *et al.* 1984, Goyeau e Fablet 1982) ou de malha 0.25 mm (Beuret

1984a,b, Kropác 1966, Warick 1984, Wilson *et al.* 1985).

Adicionalmente podiam encontrar-se referências ao uso de crivos com 100 linhas de fio de cobre por polegada linear capazes de impedir a perda até de pequenas sementes de papoila (Brenchley e Warington 1930), de malha 0.106 mm (Wilson 1980), 0.140 mm (Mallone 1967, Moore e Wein 1977), 0.3 mm (Schweizer e Zimdahl 1984a,b), 0.5 mm (Thorsen e Crabtree 1977), 0.58 mm (Standifer 1980), 0.85 mm (Pareja *et al.* 1985), 1.2 mm (Fay e Olson 1978), 2 mm (Vasconcelos 1984) e 0.33 cm (Pareja e Staniforth 1985).

Finalmente, tendo como objectivo a recolha de uma única espécie, era possível encontrar referências à utilização de crivos de malha 0.2 mm para *Solanum elaeagnifolium* (Bouhache e Tanji 1985), 0.300 mm para *Mentha pulegium* (Panetta 1985), 0.5 mm para *Chenopodium* spp. com predominância de *C. album* (Benoit 1986) e 1.3 mm para *Alopecurus myosuroides* ou *Avena fatua* (respectivamente Moss 1985b, Wilson 1985).

Diversas razões concorreram em MITRA1 para a nossa opção do crivo de menor malha ser de 0.250 mm. Por um lado, a escolha colocava-se essencialmente entre a malha 0.200 mm e 0.250 mm, por a) serem os mais utilizados, b) trabalhos seguindo a metodologia de Malone (1967) usarem crivos de maior malha que a proposta, c) o mesmo investigador ter adoptado crivos de malha 0.25 mm (Wilson *et al.* 1985) depois de já ter usado crivos de malha menor (Wilson 1980). Dos dois tipos de crivos, a escolha do de malha 0.250 mm resultou também de um conjunto de razões, incluindo a sua maior disponibilidade e a maior variedade de grupos/laboratórios que o utilizavam.

Naturalmente que nenhuma destas razões, particularmente a maior disponibilidade, justificavam absolutamente esta escolha, não fosse na altura não termos a noção, que se nos foi impondo ao longo deste trabalho, da importância do tamanho das sementes e da gama de valores que as dimensões mínimas das sementes podiam abranger.

Se hoje nunca utilizaríamos crivos de malha 0.250 mm (naturalmente já não o fizemos em MITRA2), na altura não vimos, como em muitos outros trabalhos não tinha sido visto (e continua a não ser) que a sua utilização implicava um risco real de não se recolher uma fracção qualitativa e quantitativamente importante do banco de sementes.

De facto, como referiremos adiante (§ 7.3.2) em MITRA2 mais de metade das sementes dos 10 cm superficiais foram recolhidas em crivos de malha 0.212 mm e 0.149 mm, o que implica que mais de metade das sementes teriam sido perdidas se o crivo de menor malha fosse de 0.250 mm. Ou seja, e sempre que se usam crivos para recolher as sementes, a menor malha utilizada é ou pode ser crucial para a validade dos resultados obtidos.

Na tabela 3.1 apresentamos uma revisão de crivos utilizados em estudos do banco de sementes do solo, envolvendo 67 referências entre 1966 e 1998.

Naturalmente não se incluíram trabalhos em que a malha dos crivos não é indicada (Diemer e Prock, Geremia *et al.* 1984, Paatela e Erviö 1971, Turley *et al.* 1998, Warnes e Andersen 1984, Zanin *et al.* 1989) ou que só se pretendia quantificar espécies de dimensões mínimas superiores à malha do crivo usado (Bouhache e Tanji 1985, Jacobsohn e Marcus

1988, Panetta 1985, Benoit 1986, Arco *et al.* 1995, Moss 1985b, Wilson 1985, Navarrete e Quintanilla 1996 e, eventualmente Joel *et al.* 1998, tendo em conta as dimensões de sementes de *Orobanch*e referidas em Kuijt 1969).

**Tabela 3.1** Menor malha utilizada para redução do volume de amostras.

Malha do crivo (mm)	Referências
0.1/0.100	Bernhardt e Hurka 1989, Henderson <i>et al.</i> 1988
0.106	Smith e Webb 1996, Wilson 1980
0.140	Malone 1967, Moore e Wein 1977
0.16	Miller <i>et al.</i> 1998
0.2/0.200	Ambrosio <i>et al.</i> 1997, Barralis e Chadoeuf 1980, 1987, Barralis <i>et al.</i> 1986, 1988, 1990, Bonis e Lepart 1994, Burgaz e Saiz 1989, Carretero 1977, Chadoeuf <i>et al.</i> 1984, Chauvel <i>et al.</i> 1989, Debaeke 1988, Dessaint 1991, Dessaint <i>et al.</i> 1990a,b, Dorado <i>et al.</i> 1995, Goyeau e Fablet 1982, Izquierdo e Recasens 1990, Lopez <i>et al.</i> 1988, Maillet e Traore 1989, Recasens <i>et al.</i> 1992, Sá 1989, Stupnicka-Rodzykiewicz 1998, Verdier <i>et al.</i> 1990, Vidal e Recasens 1995
0.243	Gross 1990, Gross e Renner 1989
0.25/0.250	Beuret 1984a,b,1988,1989, Cardina <i>et al.</i> 1991, Kropác 1966, Mayor e Dessaint 1998, Post e Oeveren 1998, Warwick 1984, Wilson <i>et al.</i> 1985
0.3/0.30	Ball e Miller 1989, Bond <i>et al.</i> 1998, Conn <i>et al.</i> 1984, Gundry <i>et al.</i> 1996, Jones 1998, Roberts e Ricketts 1979, Schweizer e Zimdahl 1984a,b
0.355	Bàrberi <i>et al.</i> 1998a,b,c, Miele <i>et al.</i> 1998
0.5	Feldman <i>et al.</i> 1997, Monteiro e Rocha 1992, Sahoo <i>et al.</i> 1994, Thorsen e Crabtree 1977
0.58	Standifer 1980
0.85	Benoit e Cavers 1998, Benoit <i>et al.</i> 1989, Pareja <i>et al.</i> 1985
1.2	Fay e Olson 1978
2	Vasconcelos 1984
3.3	Pareja e Staniforth 1985

Apesar disso, o exame da tabela 3.1 permite facilmente concluir que a validade das estimativas do banco de sementes do solo pode ser questionada num número apreciável de trabalhos.

### 3.1.2 Identificação das sementes

Os estudos do banco de sementes do solo têm implicado sempre a identificação ou a tentativa de identificação das espécies a que as sementes pertencem, recorrendo-se a uma variedade de métodos, incluindo chaves dicotómicas, comparação com sementes ou plântulas de identidade conhecida, comparação com fotografias de sementes ou plântulas de identidade conhecida, germinação e manutenção do crescimento até ser possível a identificação, não esquecendo a consulta a quem, devido ao treino adquirido, já reconhece as sementes, plântulas ou plantas. Não obstante os seus méritos, métodos alternativos de identificação envolvendo microscopia electrónica de varrimento (Miège e Mascherpa 1979) têm tido pouco ou nenhuma vulgarização, não sendo de esperar muito maior em métodos baseados na identificação de DNA (Joel *et al.* 1998).

Sendo a identificação de sementes a questão que mais nos interessa neste trabalho, as



dificuldades práticas imediatas derivam da inexistência de colecções de referência (fotográficas ou não), chaves dicotómicas apropriadas, relativamente reduzido número de caracteres diagnosticantes e da sua eventual redução após enterramento (Ball e Miller 1989, Carneiro 1993). Mesmo que estas dificuldades sejam resolvidas ou atenuadas, permanece um problema maior e que pode ser sintetizado por tempo.

De facto, e ao contrário do afirmado por Malone (1967), a contagem directa de sementes pode ser extremamente morosa. Sobre este assunto, Gross e Renner (1989) afirmam serem necessários entre 20 a 30 minutos por cada amostra, ressalvando que este tempo depende do número de sementes e de espécies, dando como exemplo que uma amostra com mais de 500 sementes, essencialmente de *Chenopodium album*, exigiu mais de 3 h de contagem e que amostras com em média 130 sementes e 18 espécies precisavam de bem mais tempo.

Tendo em conta que nas 108 amostras finais de MITRA1 (3.5 cm Ø e 5 cm de profundidade) havia entre 2 e 12 espécies por amostra (com uma média de 7 espécies) e entre 9 e 2223 sementes por amostra (com uma média de 167 sementes) e que, da nossa experiência e com o método usado, as 3 h referidas por Gross e Renner (1989) só pecam, e muito, por defeito, fácil é compreender que a contagem directa de sementes é tudo menos um método rápido, mesmo que, por rotina, a fracção mais densa resultante da separação química por flutuação nunca seja examinada.

### 3.2 AMOSTRAGEM PRELIMINAR

A amostragem preliminar teve como objectivo essencial avaliar e afinar as técnicas de processamento de amostras, bem como, secundariamente, investigar a distribuição vertical de abundâncias por forma a uma melhor decisão relativamente às profundidades a amostrar.

Relativamente ao primeiro objectivo, a amostragem preliminar não só se revelou essencial para otimizar o processamento das amostras finais como tornou clara a necessidade de considerar um crivo intermédio entre o de malha 0.850 mm e o de 0.250 mm.

Relativamente ao segundo objectivo, tendo em conta a existência de prazos para a realização da amostragem final, optámos por processar amostras compósitas para cada intervalo de profundidade, considerando separadamente cada uma das réplicas (§ 2.1). A opção por intervalos de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-30 cm ficou a dever-se a não serem de esperar emergências de plântulas de profundidades superiores a 10 cm (Chancellor 1964; ver também § 7.1) e de ser de esperar que a maior parte das sementes, na ausência de mobilizações, se localize até essa profundidade (Roberts 1981).

No conjunto das 8 amostras de 30 cm de profundidade da réplica 1 (peso total de 3763.0 g) registaram-se 3015 sementes e nas 8 amostras da réplica 2 (peso total de 3938.0 g) registaram-se 3195 sementes. Considerando a distribuição vertical, na réplica 1 havia 73.5% das sementes em 0-5 cm, 91.8% em 0-10 cm, 98.5% em 0-15 cm e só 1.5% em 15-30 cm, enquanto na réplica 2 havia 78.3% das sementes em 0-5 cm, 91.9% em 0-10 cm, 98.2% em

0-15 cm e só 1.8% das sementes em 15-30 cm.

Tendo em consideração ser de esperar cerca de 92% das sementes em 0-10 cm, haver uma elevada semelhança das distribuições verticais nas duas réplicas e do tempo de processamento das amostras preliminares, incluindo contagem das sementes, não só não se processaram as amostras preliminares da réplica 3 como decidimos realizar a amostragem final só numa das três réplicas, até 10 cm de profundidade, com separação em dois intervalos, 0-5 cm e 5-10 cm.

Tendo em conta a disposição das réplicas no terreno e o seu declive, as réplica 1 e 2 eram claramente as menos diferentes, razão pela qual a réplica 3 não foi considerada para a selecção aleatória da réplica a amostrar, no caso, a que temos vindo a referir como réplica 1.

### 3.3 AMOSTRAGEM FINAL

Originariamente, o objectivo da amostragem final de MITRA1 era estabelecer uma caracterização de referência para o efeito no banco de sementes do solo de mobilizações e tratamentos herbicidas segundo um delineamento em blocos sub-divididos (§ 2.1). Decorrente dos métodos utilizados e das características do banco de sementes, a sua quantificação revelou-se muito mais demorada, mesmo após a amostragem preliminar, do que previsto. Tão demorada que se tornou claro haver necessidade de procurar uma solução alternativa.

A primeira hipótese envolvia, naturalmente a redução do esforço de amostragem e consequentemente do tempo de quantificação; essa redução podia resultar da diminuição do número de amostras, da diminuição do tamanho de cada amostra usando sondas de menor diâmetro ou da redução da profundidade a amostrar, esta última liminarmente rejeitada.

À redução do número de amostras levantava-se a objecção deste já não ser muito elevado. De facto, o banco de sementes em cada uma das 9 modalidades experimentais iria ser estimado por 6 amostras, tornando problemática a sua redução por haver indicações de, no mínimo, já não ser de esperar uma grande precisão com o esforço de amostragem original (Barralis *et al.* 1986, Goyeau e Fablet 1982), embora como veremos no capítulo 4 tenhamos na altura sobrestimado a importância do número de amostras.

Se em populações com distribuições espaciais agregadas, como é de esperar no banco de sementes do solo, é conhecido que um número elevado de amostras pequenas pode ser preferível a um número pequeno de amostras grandes (Elliott 1977), uma possível solução poderia ser a redução do diâmetro da sonda sem aumento do número de amostras.

Apesar de poder não haver diferenças nas densidades obtidas usando sondas de diferentes diâmetros (Benoit 1986), levantava-se não só a questão da detecção de espécies menos abundantes como, genericamente, a questão de tornar comparáveis caracterizações do banco de sementes do solo baseadas de facto em diferentes esforços de amostragem. Adicionalmente, haveria que ter em consideração as implicações e dificuldades que a

redução do diâmetro das sondas poderia acarretar à obtenção das amostras, quer pela compactação do solo (Böhm 1979) quer pela redução dos locais passíveis de serem amostrados.

De uma maneira ou doutra, nenhuma destas hipóteses parecia muito satisfatória. Mais aceitáveis surgiam duas alternativas envolvendo sub-amostragens. A primeira assentava na contagem das sementes presentes em sub-amostras, a segunda no cálculo do número mais provável de sementes do solo amostrado a partir das presença/ausência de sementes em sub-amostras (Dias e Moreira 1992), adaptando o método proposto por Cochran (1950) para a quantificação de bactérias.

Se ambas dependiam à partida de uma eficaz homogeneização da distribuição de sementes nas amostras de solo, a quantificação do banco de sementes baseada no método proposto por Cochran (1950) tinha o atractivo de possibilitar estimativas de abundâncias rápidas, ultrapassando uma das principais objecções à consideração do banco de sementes para a definição de estratégias de controlo de infestantes (Lawson 1988).

Por parecer mais promissor, pelas possibilidades que oferecia de a) compatibilizar os resultados com os obtidos por contagem directa e b) de permitir a quantificação em tempo agronomicamente útil, mesmo com planos de amostragem mais pesados, a opção foi, naturalmente, para a investigação do método proposto por Cochran (1950).

Nesta investigação surgiu naturalmente a questão do tamanho das sub-amostras dever ser o menor possível e portanto a questão da importância do tamanho das sementes. O aprofundamento dessa questão, tamanho das sementes, tornou evidente o problema e consequências da malha dos crivos utilizados na redução do volume das amostras (§ 3.1.1.1), do que resultou a impossibilidade de aceitar a amostragem final de MITRA1 como referência para o efeito de mobilizações e tratamentos herbicidas no banco de sementes.

Simultaneamente, tornou clara a possível importância do tamanho e, quase por contágio, da forma das sementes, na investigação do banco de sementes do solo incluindo o efeito de mobilizações e herbicidas.

### 3.3.1 Caracterização geral

Apesar da amostragem final de MITRA1 não fornecer uma estimativa do banco de sementes no momento da amostragem, mas tão só uma estimativa do banco de sementes de dimensões mínimas estritamente superiores a 0.250 mm (§§ 2.1.3 e 3.1.1.1), justifica-se a sua caracterização geral, apresentando-se por ordem alfabética na tabela 3.2 os 24 taxa com indicação dos métodos de identificação seguidos, famílias a que pertencem, tipo biológico, importância como infestante na Península Ibérica, frequência relativa e abundância total nas 54 amostras de cada intervalo de profundidade examinado.

Dos 24 taxa, não foi possível mais que a identificação do género em 4 casos e nem essa num caso, com *Trifolium* sp. a poder ser *Trifolium glomeratum* L. ou, mais provavelmente, *Trifolium nigrescens* Viv.. Apesar da situação algo confusa de *Capsella rubella* e *Capsella*

*bursa-pastoris* (Castroviejo *et al.* 1993b, Franco 1971, Tutin *et al.* 1964, 1993) e a possibilidade de serem realmente uma única espécie (Tutin *et al.* 1964, 1993) optámos, seguindo Franco (1971), pela designação constante na tabela 3.2 (para mais detalhes sobre esta questão ver também o Anexo 1).

**Tabela 3.2** Espécies e famílias (seguindo a nomenclatura de Tutin *et al.* 1964, 1968, 1972, 1976, 1980) registadas nas 54 amostras finais de MITRA1.

ID processo de identificação das sementes, <sup>1</sup>comparação com sementes, incluindo fotografias, recolhidas no campo, <sup>2</sup>idem, do Herbário do Departamento de Biologia, <sup>3</sup>idem, sem fotografias, da Direcção de Serviços de Controle e Qualidade, Secção de Pureza, CNPPA, <sup>4</sup>plântulas após germinação, <sup>5</sup>publicações existentes, incluindo chaves dicotómicas (§ 2.1.4); TB tipo biológico, C caméfito, H hemicriptófito, T terófito (Coutinho 1939, Franco 1971, 1984, Tutin *et al.* 1980); I importância como infestante na Península Ibérica, 0 sem importância, 1 importância menor, 2 só importante nalgumas situações, podendo ser generalizada como infestante de importância menor, 3 importante em muitas culturas e situações, entre aspas a classificação mais provável, nd sem informação (Williams 1982); F<sub>0-5</sub> frequência relativa em 0-5 cm, F<sub>5-10</sub> frequência relativa em 5-10 cm, A<sub>0-5</sub> abundância em 0-5 cm, A<sub>5-10</sub> abundância em 5-10 cm.

Espécie <sup>ID</sup>	Família	TB	I	F <sub>0-5</sub>	F <sub>5-10</sub>	A <sub>0-5</sub>	A <sub>5-10</sub>
<i>Agrostis pourretii</i> Willd. <sup>2</sup>	Gramineae	T	2	0.648	0.130	93	7
<i>Amaranthus</i> sp. <sup>2,3</sup>	Amarantaceae	T	"2"	1.000	0.963	1710	639
<i>Brassica</i> sp. <sup>5</sup>	Cruciferae	T/H	"1"	0.185	0.185	14	36
<i>Capsella rubella</i> Reuter <sup>1,2</sup>	Cruciferae	T	2	0.111	0	6	0
<i>Centaurea</i> sp. <sup>5</sup>	Compositae	T	"1"	0.778	0.278	207	19
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill. <sup>3,5</sup>	Caryophyllaceae	T	2	0.907	0.185	492	12
<i>Chenopodium album</i> L. <sup>2,5</sup>	Chenopodiaceae	T	3	0.037	0.074	2	4
<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr. <sup>1,2</sup>	Compositae	T/H	1	0.093	0	5	0
<i>Diplotaxis catholica</i> (L.) DC. <sup>1,2</sup>	Cruciferae	T	3	0.019	0	1	0
<i>Jasione montana</i> L. <sup>1</sup>	Campanulaceae	T/H	nd	0.019	0	1	0
<i>Juncus bufonius</i> L. <sup>4,5</sup>	Juncaceae	T	1	1	1	1401	679
<i>Kochia scoparia</i> (L.) Schrader <sup>5</sup>	Chenopodiaceae	T	0	0.778	0.667	278	116
<i>Linaria sparteae</i> (L.) Willd. <sup>1</sup>	Scrophulariaceae	T	nd	0.037	0	2	0
<i>Papaver rhoeas</i> L. <sup>1</sup>	Papaveraceae	T	3	0.370	0.111	64	10
<i>Plantago coronopus</i> L. <sup>1,2</sup>	Plantaginaceae	T/H	2	0.037	0	2	0
<i>Poa annua</i> L. <sup>4</sup>	Gramineae	T/H	3	0.204	0.037	25	2
<i>Reseda luteola</i> L. <sup>1,2</sup>	Resedaceae	H	2	0.111	0.019	7	1
<i>Silene gallica</i> L. <sup>1,2</sup>	Caryophyllaceae	T	2	0.037	0.019	2	2
<i>Spergula arvensis</i> L. <sup>4</sup>	Caryophyllaceae	T	3	0.426	0.259	27	15
<i>Spergularia purpurea</i> (Pers.) G. Don fil. <sup>1,2</sup>	Caryophyllaceae	T	2	1	0.500	11128	253
<i>Trifolium</i> sp. <sup>3</sup>	Leguminosae	T	nd	0.926	0.778	581	139
<i>Trifolium subterraneum</i> L. <sup>3</sup>	Leguminosae	T	nd	0.259	0	32	0
<i>Vicia sativa</i> L. <sup>3,5</sup>	Leguminosae	T	2	0.093	0.093	5	6
não identificada				0.019	0	1	0

No conjunto das 54 amostras de 0-5 cm, pesando entre 29.425 g e 96.128 g (média de 63.826 g) registaram-se 16086 sementes (equivalente a quase 310,000 sementes m<sup>-2</sup>) com uma clara dominância de *Spergularia purpurea* (69% das sementes); no conjunto das 54 amostras de 5-10 cm, pesando entre 58.925 g e 93.762 g (média de 78.003 g) registaram-se 1940 sementes (equivalente a pouco mais de 37,000 sementes m<sup>-2</sup>) com uma clara co-dominância de *Amaranthus* sp. e *Juncus bufonius* (ambos com 33% das sementes).

Do exame da tabela 3.2 ressalta, em qualquer dos intervalos de profundidade, a

predominância de terófitos com 71% das espécies e 98% das sementes (91% sem *Spergularia purpurea*), e a predominância de espécies só importantes nalgumas situações, podendo ser generalizada como infestante de importância menor (47% das espécies, 51-87% das sementes, 43-53% sem *S. purpurea*) ou importantes em muitas culturas e situações (26-27% das espécies, menos de 2% das sementes, menos de 3% sem *S. purpurea*).

Em contrapartida, não há um predomínio nítido nas 13 famílias detectadas; Caryophyllaceae com 4 espécies, Cruciferae e Leguminosae 3 cada, Gramineae, Compositae e Chenopodiaceae 2 cada e 7 famílias com 1 espécie cada; naturalmente que, devido a *Spergularia purpurea* em 0-5 cm, Caryophyllaceae domina absolutamente na abundância.

Ressalta igualmente uma localização essencialmente superficial, sem nenhuma espécie exclusiva de 5-10 cm, com uma frequência relativa (número de amostras em que surge em proporção do total de amostras) superior em 5-10 cm só em *Chenopodium album*, igual nos dois intervalos de profundidade em três espécies (*Brassica* sp., *Juncus bufonius* e *Vicia sativa*), com 89% das sementes localizadas a 0-5 cm (valor superior aos 80% observados na amostragem preliminar da réplica 1 no intervalo de profundidade 0-10 cm). Só duas espécies tinham maior abundância em 5-10 cm (*Brassica* sp. e *Chenopodium album*) e só *Silene gallica* tinha igual abundância nos dois intervalos de profundidade.

Considerando a variabilidade das amostras em 0-5 cm, 5-10 cm e 0-10 cm, avaliada pelo coeficiente de variação  $CV^*$  (corrigido para o tamanho da amostra de acordo com Sokal e Rohlf 1995), torna-se evidente a elevada variabilidade do total de sementes das amostras, com os valores de  $CV^*$  em 0-5 cm entre um mínimo de 204% (segundo mínimo de 222%) e um máximo de 450% (segundo máximo de 442%), com uma média de 348%; os valores de  $CV^*$  em 5-10 cm entre um mínimo de 206% (segundo mínimo de 210%) e um máximo de 482% (segundo máximo de 480%), com uma média de 313% e os valores de  $CV^*$  em 0-10 cm entre um mínimo de 204% (segundo mínimo de 217%) e um máximo de 434% (segundo máximo de 432%), com uma média de 325%.

Considerando a variabilidade das espécies, avaliada da mesma forma, torna-se evidente não só a elevada variabilidade do total de sementes das espécies como o aumento da sua amplitude, com os valores de  $CV^*$  em 0-5 cm entre um mínimo de 96% em *Kochia scoparia* (segundo mínimo de 117% em *Trifolium* sp.) e um máximo de 738% em *Diploaxis catholica*, *Jasione montana* e na espécie não identificada (segundo máximo de 517% em *Chenopodium album*, *Linaria spartea*, *Plantago coronopus* e *Silene gallica*), com uma média de 318%; os valores de  $CV^*$  em 5-10 cm entre um mínimo de 85% em *Juncus bufonius* (segundo mínimo de 107% em *Trifolium* sp.) e um máximo de 738% em *Reseda luteola* e *Silene gallica* (segundo máximo de 517% em *Poa annua*), com uma média de 310% e os valores de  $CV^*$  em 0-10 cm entre um mínimo de 78% em *Kochia scoparia* (segundo mínimo de 90% em *Juncus bufonius*) e um máximo de 738% em *Diploaxis catholica*, *Jasione montana* e na espécie não identificada como em 0-5 cm (segundo máximo de 517% em *Linaria spartea* e *Plantago coronopus*), com uma média de 296%.

Dentre as espécies detectadas, só em duas as dimensões mínimas sugerem a possibilidade de ter havido perdas devidas à malha dos crivos utilizados (Anexo 1 e § 6.3.1), nomeadamente *Juncus bufonius* (0.3×0.2 mm) e *Plantago coronopus* (0.6×0.1 mm). Embora *J. bufonius*, pelas suas dimensões mínimas, pareça mais sujeito a perdas, é a única espécie presente em todas as amostras qualquer que seja a profundidade, sendo a terceira espécie mais abundante, com 12% do total de sementes (9% em 0-5 cm e 35% em 5-10 cm).

Considerando, de forma não exaustiva, trabalhos em que o banco de sementes de *J. bufonius* foi quantificado, pode não ser uma espécie muito abundante (Verdier *et al.* 1990) ou só o ser em situações especiais (Burgaz e Saiz 1989), embora em boa parte desses estudos a profundidade (Peyronel 1953, Popay *et al.* 1994, Thompson *et al.* 1994), a duração do estudo (Morin e Wojewodka 1984) ou o crivo utilizado (Beuret 1989) não fossem muito favoráveis à sua detecção.

Em contrapartida, *J. bufonius* surge como a espécie de longe mais abundante em diversos estudos, com densidades 47 vezes superiores à da segunda espécie mais abundante em Belo (1993), cerca de 6 vezes em Laranjeira (1999), 13 vezes em Sá (1989) e 3 vezes em Vasconcelos (1984). Adicionalmente, Thompson *et al.* (1997) referem *J. bufonius* como a espécie com maiores densidades em 0-10 cm. Globalmente, mesmo tendo em conta as diferenças ambientais e culturais existentes, parece-nos haver motivos suficientes para duvidar da validade do processamento das amostras finais de MITRA1 enquanto estimador do banco de sementes de *J. bufonius*, e portanto do banco de sementes do solo.

### 3.3.2 Separação por flutuação

Além das perdas que podem resultar da utilização de crivos de malhas demasiado grandes, também pode haver perdas de sementes no processo de redução do volume, qualquer que seja o método ou combinação de métodos utilizados, incluindo naturalmente o processo de separação das sementes por soluções de densidades elevadas. Se, infelizmente, não considerámos no processamento das amostras de MITRA1 a possibilidade de perdas resultantes dos crivos utilizados, já a possibilidade de perdas resultantes da separação por flutuação era inescapável, razão pela qual além dos sobrenadantes se examinou sistematicamente as fracções que não flutuavam.

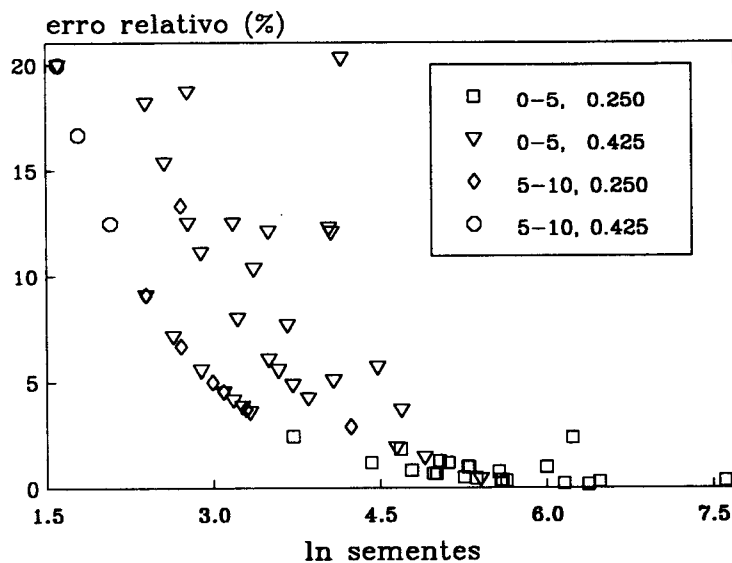
Sobre este assunto é de referir um estudo comparativo de métodos de quantificação do banco de sementes em que Gross (1990) se propôs investigar a contagem de plântulas emergidas após germinação em estufa com ou sem estratificação por frio, contagem directa de sementes após elutriação tal como descrito em Gross e Renner (1989) e finalmente contagem directa após dispersão e flutuação seguindo o método de Malone (1967).

Este último método foi posto de parte pela autora já que, usando quantidades conhecidas de sementes de diversas espécies, não especificadas, verificou que a concentração necessária para separar as sementes do solo variava com a espécie e observou perdas consideráveis devidas às repetidas lavagens e transferências do material amostrado. Se a primeira objecção

poderia ser ultrapassada maximizando a concentração das soluções, já a segunda objecção nos parece incontornável e passível de levantar reservas aos resultados de muitos estudos do banco de sementes do solo, incluindo de novo a amostragem final de MITRA1.

Pela importância da questão, e para avaliar se de facto o método de separação de sementes por flutuação é tão inapropriado como concluído por Gross (1990), iremos examinar os dados da amostragem final de MITRA1 relativos às sementes que se perderiam se só os sobrenadantes fossem examinados. Na amostragem final de MITRA1 a separação por flutuação foi realizada em 8 amostras de 5-10 cm e em todas de 0-5 cm no material recolhido pelo crivo de malha 0.425 mm e nas 108 amostras de 0.250 mm, não se tendo identificado as sementes da fracção não flutuante que, portanto, não estão incluídas nos valores da tabela 3.2.

Das 170 amostras em que se utilizou o método da separação por flutuação só houve perdas em 68. O erro absoluto (número de sementes ausentes dos sobrenadantes) foi igual a 1 em 30 amostras e a 2 em 22 amostras, ou seja em 91% das amostras obteve-se um erro absoluto igual ou menor a 2 sementes. O erro absoluto total foi de 209 sementes, das quais 52, 13 e 12 em três amostras diferentes, ou seja, do total de sementes não registadas, 37% ocorriam em 4.4% das amostras em que havia erro, sugerindo a possibilidade de mais que uma deficiência do método, ter havido um número reduzido de amostras em que este terá sido mal utilizado.



**Figura 3.1** Erro relativo da separação por flutuação nas amostras finais de MITRA1 (em percentagem) em função do  $\ln$  do total de sementes (ausentes e presentes nos sobrenadantes) em 0-5 cm, crivos de malha 0.250 mm e 0.425 mm e 5-10 cm, crivos de malha 0.250 mm e 0.425 mm. Omitidos, para melhor representação gráfica, os erros relativos de três amostras no crivo de malha 0.425 mm, uma de 0-5 cm (total de sementes 65 e erro 80.0%) e duas de 5-10 cm (total de sementes 3 e erro 66.7%, total de sementes 14 e erro 35.7%).

O erro relativo total (número de sementes ausentes dos sobrenadantes sobre número de sementes ausentes e presentes nos sobrenadantes) foi de 1.1% (1.2% em 0-5 cm, 1.1% em 5-10 cm, 0.4% no crivo de malha 0.250 mm, 6.9% no crivo de malha 0.425 mm).

Detalhando um pouco mais e considerando individualmente as 68 amostras em que houve erro, o erro relativo está compreendido entre 0.2% (segundo mínimo igual) e 80.0% (segundo máximo de 66.7%), com uma média de 8.5%, apresentando-se na figura 3.1 os valores dos erros relativos em função do número de sementes presentes e ausentes dos sobrenadante, expressos em logaritmos para uma melhor visualização.

Do seu exame ressalta que os maiores erros relativos estão associados a totais de sementes reduzidos, decrescendo rapidamente com o aumento do total de sementes, o que sugere que uma correcta aplicação do método de separação por flutuação conduzirá a erros relativos mais ou menos elevados quando o total de sementes é pequeno, o mesmo é dizer que o erro absoluto será relativamente constante e pequeno.

Como conclusão diremos que, no mínimo, o método de separação por flutuação proposto por Malone (1967) não merece uma rejeição tão liminar como a que resulta do estudo de Gross (1990), com os erros que dele resultam na amostragem final de MITRA1 a não justificar a sua rejeição. O facto de Gross (1990) ter eventualmente usado crivos de malha menor que os usados em MITRA1 não altera necessariamente esta conclusão, tendo em conta que os maiores erros por nós encontrados estavam associados ao crivo de malha maior, tal como é claramente visível na figura 3.1.



## 4. NÚMERO DE AMOSTRAS

*a diversidade de opiniões não resulta duns serem mais razoáveis que outros,  
mas de conduzirmos os nossos pensamentos por vias diferentes*  
René Descartes

A amostragem é um dos principais problemas no delineamento de uma experiência ou de um inventário, se é que se pode razoavelmente separar estes dois aspectos, e a compreensão e elaboração de estratégias que permitam a maximização da sua rentabilidade tem sido, desde há muito e continuamente, objecto de estudo (Cochran 1963, Desu e Raghavarao 1990, Frontier 1983, Steinberg e Hunter 1984).

O estudo do banco de sementes do solo não só não escapa a este problema, como o terá de forma agravada tendo em conta os vários níveis de imensa variabilidade que envolve e a desproporção entre o tamanho dos objectos a amostrar e o tamanho do meio onde esses objectos se encontram. Naturalmente que qualquer destas questões não é exclusiva do estudos do banco de sementes do solo, já que problemas semelhantes, senão piores, ocorrerão, por exemplo, em nematologia ou microbiologia do solo. No entanto, e como exemplo para o banco de sementes do solo, relembremos que na amostragem final de MITRA1, considerando as 108 amostras analisadas, o coeficiente de variação corrigido da abundância das espécies está compreendido entre 85% e 738% e das amostras entre 204% e 482% (§ 3.3.1) com o somatório dos volumes máximos das sementes registadas a não constituir mais que 3.637% do volume das amostras recolhidas (§ 3.1).

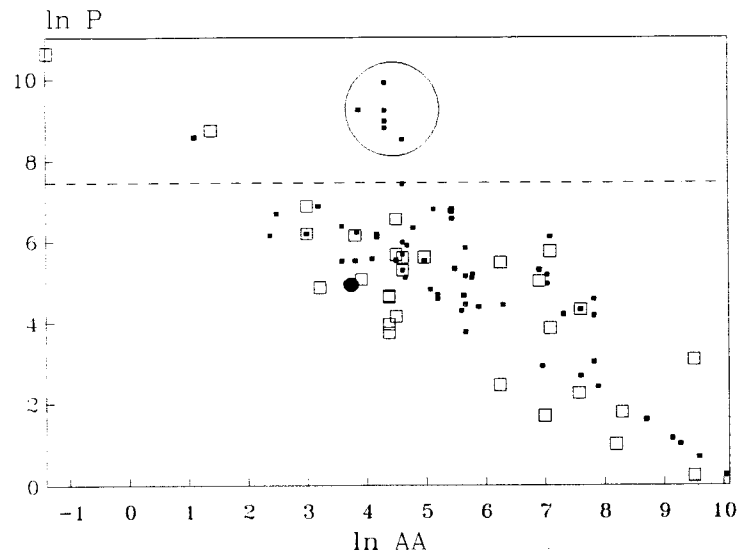
Se ao significado destes últimos valores adicionarmos o resultado do exame da área realmente amostrada relativamente à área a amostrar, a questão toma proporções realmente preocupantes, não sendo de estranhar que o fantasma da insuficiência do número de amostras paire sobre os estudos do banco de sementes (Bigwood e Inouye 1988, Simpson *et al.* 1989), acabando por tornar quase irrelevantes outros aspectos do delineamento amostral.

Na figura 4.1 apresenta-se o resultado de um levantamento, não exaustivo, da área realmente amostrada (número de amostras vezes a área da superfície retirada) e sua relação com a área de terreno que estava a ser amostrada. Envolvendo 66 trabalhos, incluindo a amostragem final de MITRA1, num total de 110 razões área das amostras/área a amostrar (caso considerássemos volumes a fracção amostrada seria, necessariamente, igual), o facto de ser apropriado exprimir aquela relação em ppm torna desde logo claro a reduzida fracção do solo que é de facto amostrado.

Do exame da figura 4.1 ressalta a baixa fracção da área que é amostrada; de facto, esse valor está compreendido entre 1.260 ppm em Benoit (1986) com um segundo mínimo de 1.267 ppm também em Benoit (1986) e quase 41,000 ppm de novo em Benoit (1986) com um segundo máximo de pouco mais de 20,000 ppm em Dessaint *et al.* (1990c, 1992), sendo em média ligeiramente superior a 1700 ppm.

Considerando todas as razões, a amostragem final de MITRA1 está na metade inferior da

ordenação (137.447 ppm) com 44 razões inferiores e 65 superiores. No entanto, se considerarmos só os trabalhos inventariáveis à data do delineamento amostral de MITRA1 [36 razões, a única alteração no segundo máximo e média, respectivamente 6250 ppm em Arana (1985) e 1474 ppm] a posição de MITRA1 melhora substancialmente, com 21 razões menores e só 15 maiores.



**Figura 4.1**  $\ln$  da proporção (em ppm) da área amostrada em relação à área a amostrar ( $P$ ) em função do  $\ln$  da área a amostrar ( $AA$ ) em  $m^2$ .

● valor da amostragem final de Mitral, □ valores anteriores a 1988, ■ valores de 1988 ou posteriores, a tracejado  $\ln$  do valor médio de  $P$ . Para as fontes ver Arana 1985, Arco *et al.* 1995, Bàrberi *et al.* 1998b,c, Barralis e Chadoeuf 1980, 1987, Barralis *et al.* 1986, 1988, 1990, Belo 1993, Belo e Dias 1998, Benoit 1986, Beuret 1984a,b, 1989, Bigwood e Inouye 1988, Bond *et al.* 1998, Bonis e Lepart 1994, Burgaz e Saiz 1989, Caixinhas *et al.* 1998, Cardina *et al.* 1991, 1998, Carretero 1977, Chauvel *et al.* 1989, Debaeke 1988, Derksen *et al.* 1998, Dessaint 1991, Dessaint *et al.* 1990a,c, 1992, 1996b, Dorado *et al.* 1995, Forcella 1984, 1992, Froud-Williams *et al.* 1983, Goyeau e Fablet 1982, Granados e Torres 1993, Hill *et al.* 1989, Izquierdo e Recasens 1990, Jones 1998, Laranjeira 1999, Lavorel *et al.* 1993, Lopez *et al.* 1988, Mayor e Dessaint 1998, Miele *et al.* 1998, Milberg 1995, Morin e Wojewodka 1984, Navarrete e Quintanilla 1996, Pareja *et al.* 1985, Post e Oeveren 1998, Roberts 1963, Roberts e Chancellor 1986, Roberts e Dawkins 1967, Roberts e Ricketts 1979, Roberts e Stokes, Sá 1989, Sahoo *et al.* 1994, Stupnicka-Rodzynekiewicz 1998, Vanhala e Pitkänen 1998, Vasconcelos 1984, Warnes e Andersen 1984, Wilson *et al.* 1985, Yenish *et al.* 1992, Zanin *et al.* 1989 e Zhang *et al.* 1998.

Do exame da figura 4.1 ressalta ainda a proporcionalidade inversa entre o logaritmo da razão área realmente amostrada e o logaritmo da área a amostrar, o que sugere que, consciente ou inconscientemente, o esforço de amostragem e o de processamento das amostras dele decorrente, é ajustado à área a amostrar, reduzindo-se geometricamente o primeiro com o aumento do segundo. Compreensivelmente, 9 das 11 razões que estão claramente fora desta relação (rodeadas por um círculo na figura 4.1) dizem respeito a estudos especificamente vocacionados para a determinação do número de amostras a realizar (Dessaint *et al.* 1990c, 1992) e só 2 a estudos não delineados para esse efeito (Barralis *et al.* 1992, Lavorel *et al.* 1993).

Neste capítulo iremos começar por examinar os métodos habituais de determinação do

número de amostras necessárias para estimativas do banco de sementes com uma precisão determinada (ou para determinação da precisão das estimativas para um número de amostras determinadas) bem como as implicações dessa metodologia na precisão não só da amostragem final de MITRA1 como na da maior parte dos estudos do banco de sementes.

Tendo em conta a impossibilidade de realizar os esforços de amostragem implicados por essa metodologia e aceitando como boa a coerência das conclusões da maioria dos estudos do banco de sementes, examinaremos se a metodologia que tem sido seguida para a determinação do esforço de amostragem é apropriada para os objectivos habituais dos estudos do banco de sementes, bem como se o estudo do banco de sementes exige realmente um elevado número de amostras, na prática geralmente irrealizável e quase sempre irrealizado.

#### 4.1 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE AMOSTRAS

Champness (1949) provavelmente num dos primeiros estudos numéricos sobre número de amostras para estimar o banco de sementes do solo, concluiu que o número de amostras  $n$  necessário para obter uma estimativa do banco de sementes com uma precisão  $p$  expressa em percentagem pode ser determinado a partir de

$$n = 3 p M^{-1} \quad (4.1)$$

sendo  $M$  a média de sementes.

Goyeau e Fablet (1982) investigaram o ajustamento das sementes de 15 das 58 espécies detectadas a diversas distribuições, nomeadamente à distribuição normal, de Poisson ou agregada, concluindo não só haver espécies ajustáveis a mais que uma distribuição mas também que o ajustamento poderá depender da abundância de sementes. Concluem que para obter estimativas com uma precisão de 20% para um nível de significância de 0.01 para espécies abundantes (média superior a 40 sementes por cilindro de 5 cm Ø) serão suficientes entre 10 e 20 amostras, para espécies com média entre 5 e 40 sementes o número de amostras deverá rondar as 50, espécies com médias entre 1 e 5 sementes entre 100 e 200, e espécies com média inferior a 1 semente exigirão mais de 200 amostras. No entanto, em populações de distribuição espacial agregada serão sempre necessárias mais de 100 amostras.

Morin e Wojewedka (1984) concluíram que uma amostragem aleatória é preferível a uma amostragem sistemática e que para a única espécie (*Digitaria sanguinalis*) em que foi possível normalizar a distribuição do número de sementes, serão necessárias 90 amostras para obter estimativas da média com uma precisão de 20% com um nível de significância de 0.05 se esta for de cerca de 6 sementes por amostra de 4 cm Ø e mais de 100 amostras para uma média de 3 sementes e uma precisão de 30% com o mesmo nível de significância.

Forcella (1984) investigou o tamanho mínimo de cada amostra simples ou composta e o tamanho mínimo total a amostrar, concluindo ser necessário um mínimo de 200 cm<sup>2</sup> com 10 cm de profundidade para obter uma amostra individual representativa e pelo menos 1000 cm<sup>2</sup> totais, ou seja o correspondente a um mínimo de 10 amostras com 5 cm Ø para obter uma amostra individual, repetidas não menos de 5 vezes. De referir que estes valores foram determinados tendo em vista a detecção de espécies e não a sua quantificação, embora sugira os mesmos valores para a quantificação do banco de sementes.

Posteriormente, Forcella (1992) homogeneizou amostras de solo com 10 cm de profundidade e cerca de 300 cm<sup>2</sup>, retirou-lhes 250 cm<sup>3</sup> que dividiu em sub-unidades de 20 g cada, e concluiu que a quantidade de solo que era necessário examinar para encontrar a primeira semente de *Setaria glauca* não variava com a data da obtenção das amostras, representando entre 15% nas amostras de 20 g e 45% nas de 160 g, ao contrário de *Amaranthus retroflexus* e *Chenopodium album*, com os valores da primeira espécie para as amostragens de Outono entre 20% e 60% e os da segunda entre 10% e 60%, enquanto nas amostragens de Primavera estavam compreendidos entre 55% e 80% em *A. retroflexus* e entre 35% e 85% em *C. album*. Concluiu que a Primavera era a melhor ocasião para amostrar o banco de sementes e que eram necessários pelo menos 100 g de solo para detectar espécies importantes. Apesar das diferenças de unidades e do âmbito mais restrito deste último trabalho, há uma importante redução relativamente às conclusões anteriormente apresentadas pelo mesmo autor.

Barralis *et al.* (1986) propuseram-se estabelecer um método simples e prático para determinar o número de amostras  $n$  necessárias para obter estimativas do banco de sementes com uma precisão aceitável, usando para esse efeito

$$n = t^2 s^2 \Delta^{-2} \quad (4.2)$$

sendo  $t$  o valor da distribuição  $t$  de Student para  $n-1$  graus de liberdade e uma probabilidade de erro tipo I  $\alpha$ ,  $s^2$  a variância da amostra e  $\Delta$  o semi-intervalo de confiança desejado em valor absoluto. Recorrendo ao teorema do limite central, assumem que para amostragens com  $n$  superior a 30 a distribuição das médias tende para a normal. Seguidamente verificam ser possível aplicar o modelo geométrico proposto por Taylor (1961) para exprimir a variância em função da média do conjunto de espécies das amostras realizadas, o que, apesar da diferença entre modelos obtidos em locais diferentes, permite determinar o número de amostras  $n$  necessárias substituindo  $s^2$  em (4.1) pelo seu valor das equações obtidas e, exprimindo  $\Delta$  em percentagem da média, ou seja

$$n = 10^4 (\bar{x}^b - 2) a t^2 \Delta^{-2} \quad (4.3)$$

em que  $a$  e  $b$  são os coeficientes da regressão entre a variância e a média  $\bar{x}$ ,  $t$  o valor da

distribuição  $t$  de Student para  $n-1$  graus de liberdade e uma probabilidade de erro tipo I  $\alpha$  e  $\Delta'$  a semi-amplitude do intervalo de confiança desejado em percentagem da média. Da aplicação de (4.3) assumindo  $t=1.96$ , os autores concluem que para  $n=90$  e um nível de significância de 0.05, a precisão das estimativas do banco de sementes, em percentagem da média, está compreendida entre 18% e 25% para uma média de 5 sementes por amostra de 4.6 cm  $\varnothing$ , mas só entre 54% e 69% para uma média de 0.1 sementes por amostra.

Benoit (1986) concluiu não haver diferenças de eficácia na amostragem do banco de sementes por sondas cilíndricas de diferentes diâmetros, nomeadamente 1.9 cm, 2.7 cm e 3.3 cm. Tendo como critério a minimização da variância de amostragem pela técnica de Monte Carlo, concluiu serem necessárias entre 60 e 100 amostras (170-284 cm<sup>2</sup>) para descrever o banco de sementes de *Chenopodium* spp. com uma média de 2.37 sementes por amostra de 1.9 cm  $\varnothing$ . Adicionalmente e também para *Chenopodium* spp., verificou que uma amostragem aleatória, estratificada ou não, era mais apropriada que uma amostragem sistemática ou agregada. Para uma referência mais acessível ver Benoit *et al.* (1989).

Bigwood e Inouye (1988) compararam três planos de amostragem com amostras cilíndricas de 12.8 cm  $\varnothing$  (reduzido a 12.2 cm com uma faca), 7.7 cm  $\varnothing$ , ambos envolvendo selecção aleatória dos locais e amostras de 2.0 cm  $\varnothing$  ao acaso dentro de áreas maiores localizadas aleatoriamente (amostragem em duas etapas), tendo verificado que a precisão da amostragem era mínima com as amostras maiores, sendo maximizada por qualquer das outros dois planos de amostragem.

Lopez *et al.* (1988) usaram uma variante do procedimento descrito em (4.2) com o erro máximo relativo em substituição da variância e amostras com 5 cm  $\varnothing$ . Para uma precisão de 20% com um nível de significância de 0.05, concluem serem necessárias mais de 200 ou 300 amostras quando em média há menos de 500 sementes m<sup>-2</sup>, entre 100 e 300 amostras para densidades médias por amostra entre 500 e 2500 sementes m<sup>-2</sup>, entre 50 e 100 amostras para 2500 a 5000 sementes m<sup>-2</sup> e menos de 50 amostras para mais de 5000 sementes m<sup>-2</sup> (a título de comparação, nas 108 amostras finais de MITRA1, havia em média por amostra entre 19 e 214,189 sementes m<sup>-2</sup> com uma média de 8674 sementes m<sup>-2</sup>).

Zanin *et al.* (1989) usando o método descrito em (4.3) e amostras com 3.4 cm  $\varnothing$ , concluíram que com 100 amostras só se obtêm precisões de 10% nas espécies com uma média por amostra igual ou superior a 18 sementes (cerca de 20,000 sementes m<sup>-2</sup>), com 200 amostras a permitirem obter precisões entre 10% e 20% para médias por amostra superiores a 1.2 sementes.

Dessaint *et al.* (1990c) estudaram a aplicação do modelo geométrico de Taylor (1961) ao banco de sementes de solo cultivado de cinco países europeus, tendo verificado que aquele só não podia ser aceite num caso. Por reamostragem verificaram a) que o valor médio da constante de proporcionalidade era independente do número de amostras compósitas desde que o tamanho de cada amostra compósita fosse igual, b) alguma dependência entre o valor médio da constante de proporcionalidade e o número de amostras originais constituintes de

cada amostra compósita e c) a convergência do valor médio da constante de proporcionalidade quando o número de amostras compósitas é superior a 3 e o de amostras originais está compreendido entre 100 e 200. Finalmente, concluem ser necessárias entre 90 e 250 amostras para detectar 90% das espécies presentes na totalidade da amostragem.

Na continuação deste trabalho, Dessaint *et al.* (1992) investigam o pressuposto da normalidade da distribuição das médias quando o número de amostras é superior a 30 explicitamente aceite por Barralis *et al.* (1986). Com compósitos de 30 amostras esse pressuposto só se verifica entre 15% e 45% das séries examinadas e com compósitos de 150 amostras só se verifica entre 42% e 77% das séries examinadas, com nenhuma das séries de compósitos de 150 amostras seguindo uma distribuição normal quando a média é inferior a 0.38 sementes (cerca de 190 sementes  $m^{-2}$ ). Em contrapartida, a hipótese de uma distribuição normal é aceite para compósitos de 90 amostras desde que a média de sementes por amostra seja superior a 0.38. Finalmente, na hipótese mais favorável verificam ser de esperar uma precisão de aproximadamente 20% com 20 amostras para mais de 2500 sementes  $m^{-2}$ , com 50 para entre 600 e 2500 sementes  $m^{-2}$ , com 90 amostras para entre 60 e 600 sementes  $m^{-2}$  e só 44% de precisão relativa mesmo com 150 amostras para menos de 60 sementes  $m^{-2}$ . Na menos favorável, só para mais de 2500 sementes  $m^{-2}$  e 90 amostras é possível obter uma precisão relativa de cerca de 20%, não conseguindo para menos de 2500 sementes  $m^{-2}$ , mesmo com 150 amostras, precisões relativas melhores que 36%.

Recasens *et al.* (1992) estudaram a aplicação do modelo geométrico de Taylor (1961) a estudos do banco de sementes de dois campos cultivados. Tal como em Dessaint *et al.* (1990c, 1992) foi possível o ajustamento do modelo mas não aceitar a hipótese das equações obtidas não diferirem, nem mesmo quando nos ajustamentos foram omitidas as espécies menos abundantes.

Granados *et al.* (1993) usando o método descrito por (4.3) e entre 32 e 40 amostras de 8 cm  $\varnothing$  concluíram que a precisão relativa da estimativa do banco de sementes de *Orobanche crenata* estava compreendida entre 9.3% e 26.5%, atribuindo esta elevada precisão, tendo em conta o número de amostras efectuado, à grande densidade de *O. crenata* nos 20 cm superficiais (entre  $557 \times 10^3$  e  $4092 \times 10^3$  sementes  $m^{-2}$ ).

Dorado *et al.* (1995) pretenderam resolver o problema da determinação do número de amostras tomando em consideração a distribuição espacial das sementes (ver também Ambrosio *et al.* 1997).

Assim, para obter um erro relativo de 20% e um nível de significância de 0.05, para uma média de 1 semente por amostra de 4.6 cm  $\varnothing$  seriam necessárias 90 amostras se as sementes seguirem a distribuição de Poisson e entre 50 e 105 amostras se seguirem uma distribuição binomial negativa; para 5 sementes por amostra seriam necessárias 18 amostras para a de Poisson e entre 8 e 21 amostras para a binomial negativa e para o máximo considerado (10 sementes por amostra) seriam necessárias 9 amostras para a de Poisson e entre 4 e 9 amostras para a binomial negativa.

Vidal e Recasens (1995) estudaram a aplicação do modelo geométrico de Taylor (1961) ao banco de sementes numa rotação trienal de acelgas→milho→cevada, confirmando a possibilidade de utilização daquele modelo em estudos do banco de sementes do solo e concluindo pela igualdade dos modelos ao longo do período de estudo.

Dessaint *et al.* (1996b) estudaram a aplicação do modelo geométrico de Taylor (1961) ao banco de sementes de solo em cinco países europeus durante 3 anos (quatro dos quais comuns a estudos anteriores de Dessaint *et al.* 1990c, 1992) concluindo pela necessidade de omitir as espécies raras para otimizar a utilização do modelo de Taylor. Tal como em Vidal e Recasens (1995) não foram observadas diferenças significativas nos modelos ao longo dos anos nos mesmos locais, o que permitiu o ajustamento de um modelo para cada local considerando o conjunto dos anos, situação em que não se observaram diferenças significativas entre as constantes de proporcionalidade dos vários locais.

Omitindo todas as estimativas de médias inferiores a 0.1 semente por amostra, para obter uma precisão relativa de 30% seriam necessárias 47 amostras para uma média de 0.5 sementes por amostra, 31 amostras para 1 semente por amostra e 12 amostras para uma média de 5 sementes por amostra, valores francamente inferiores aos habituais.

Para explicar esta discrepância retomaremos a equação (4.2) exprimindo  $\Delta$  em percentagem da média, ou seja

$$n = 10^4 s^2 t^2 \bar{x}^{-2} \Delta'^{-2} \quad (4.4)$$

em que  $n$  é o número de amostras,  $s^2$  a variância,  $t$  o valor da distribuição  $t$  de Student para  $n-1$  graus de liberdade e uma probabilidade de erro tipo I  $\alpha$ ,  $\bar{x}$  a média e  $\Delta'$  a semi-amplitude do intervalo de confiança em percentagem da média. No entanto, tendo em conta o significado de  $\Delta$ , (4.2) pode ser escrito como

$$\Delta = 0.5 [ ( \bar{x} + t s_{\bar{x}} ) - ( \bar{x} - t s_{\bar{x}} ) ] \quad (4.5)$$

com  $\bar{x}$  e  $t$  com o significado anterior e  $s_{\bar{x}}$  o erro padrão da média  $\bar{x}$ . Simplificando

$$\Delta = t s_{\bar{x}} \quad (4.6)$$

e, substituindo em (4.2)  $\Delta$  pelo seu valor de (4.6), obtem-se

$$n = s^2 s_{\bar{x}}^{-2} \quad (4.7)$$

exprimindo o erro padrão da média em percentagem da média e fazendo

$$D = 100 ( s_{\bar{x}} / \bar{x} ) \quad (4.8)$$

obtem-se por substituição em (4.7)

$$n = 10^4 s^2 D^{-2} \bar{x}^{-2} \quad (4.9)$$

que é a equação usada por Dessaint *et al.* (1996b) mas com o erro  $D$  expresso em percentagem. Igualando (4.4) e (4.9) e resolvendo obtem-se

$$\Delta' = D t \quad (4.10)$$

e portanto a precisão relativa de 30% usada por Dessaint *et al.* (1996b) significa de facto uma precisão relativa expressa em termos de  $\Delta'$  de 59%. Fazendo como na maior parte dos trabalhos  $\Delta'=20\%$  ( $D\approx 10\%$ ) para uma média de 0.5 sementes por amostra seriam necessárias 408 amostras, para 1 semente por amostra 271 amostras e para 5 sementes por amostra seriam necessárias 105 amostras. Para os valores apresentados por Dessaint *et al.* (1996b) corresponderem de facto a um valor de  $\Delta'=30\%$  necessariamente que  $t=1$  em (4.10) e o nível de significância será muito superior ( $P=0.32$ ) ao geralmente adoptado.

Jones (1998) concluiu serem necessárias no mínimo 10 (para *Chenopodium album*) e no máximo mais de 150 amostras (para *Veronica persica*) de 2.5 cm  $\varnothing$ , dependendo da maior ou menor proximidade à distribuição normal, para se obterem estimativas da média dentro de um intervalo não superior a  $\pm 10\%$  da média com um nível de significância de 0.05. No entanto, alterando o plano de amostragem, 5 ou 6 sub-amostras correspondendo cada uma a aproximadamente 2 amostras de 2.5 cm  $\varnothing$  seriam suficientes desde que obtidas de uma amostra compósita de 50 a 70 amostras.

Da revisão que acabámos de fazer resulta a necessidade de um elevado número de amostras para obter uma precisão relativa aceitável (assumida implicitamente na maior parte dos trabalhos como 20%). Não discutindo essa escolha e não esquecendo que essa precisão relativa, derivando da semi-amplitude do intervalo de confiança, diz respeito ao erro absoluto (não considerando erros por defeito ou por excesso), a conclusão imediata é que, salvo raras excepções, os estudos do banco de sementes estarão assentes em estimativas de abundância de precisão muito baixa.

A título de exemplo, retirando aos 66 trabalhos utilizados na figura 4.1 os que não tinham como objectivo primário a determinação do esforço de amostragem verifica-se que nas 79 escolhas de número  $n$  de amostras 34% resultaram em  $n\leq 10$ , 65% em  $n\leq 20$ , 70% em  $n\leq 30$ , 78% em  $n\leq 50$ , 95% em  $n\leq 100$  e só 5% em  $n>100$ , (Barralis *et al.* 1988, Chauvel *et al.* 1989, Dessaint 1991, Izquierdo e Recasens 1990). Naturalmente que  $n=10$  e  $n=20$  são as mais frequentes, com 32% das escolhas.

O facto deste inventário estar limitado a publicações em que era possível conhecer simultaneamente a área realmente amostrada e a área a amostrar, dificilmente alterará a conclusão da maioria dos estudos do banco de sementes ser necessariamente feita com



poucas amostras, com a alternativa mais viável em muitos casos ser não realizar o estudo.

Um exemplo pode ser encontrado em MITRA1; de facto, e tendo em conta que a amostragem final foi efectuada antes da implementação das modalidades experimentais, temos considerado que foram efectuadas 54 amostras em cada um dos intervalos de profundidade; no entanto, se tivesse prosseguido haveria 9 modalidades experimentais (§ 2.1) com 6 amostras em cada intervalo de profundidade. Antecipando a análise que faremos no § 4.1.1, seriam precisas 119 amostras em 0-5 cm, 183 amostras em 5-10 cm ou 80 amostras em 0-10 cm em cada uma das nove modalidades experimentais para se obter, e só nas três espécies mais abundantes (*Amaranthus* sp., *J. bufonius* e *S. purpurea*), uma precisão de pelo menos 20% com um nível de significância de 0.05.

#### 4.1.1 Precisão e número de amostras em MITRA1

Apesar de, como vimos (§ 3.1), a amostragem final de MITRA1 não poder ser considerada como representativa do banco de sementes nesse momento e nesse local, situação que não se verifica nos trabalhos examinados no início do § 4.1, parece-nos, ainda assim, justificar-se uma análise da precisão das estimativas do banco de sementes.

Apesar de conceptualmente nos parecer mais razoável a abordagem que considera a distribuição das várias espécies (Champness 1949, Dorado *et al.* 1995, Goyeau e Fablet 1982, Jones 1998, Morin e Wojewodka 1984), iremos utilizar a originalmente proposta por Barralis *et al.* (1986) dada a sua maior vulgarização em estudos de banco de sementes, utilização em estudos de herbologia que não do banco de sementes (Berti *et al.* 1992, Clark *et al.* 1996) e dificuldade de razoavelmente decidir qual a distribuição que se ajusta aos dados, tendo em conta a dependência dessa definição do tipo de amostragem e número de amostras (Bigwood e Inouye 1988, Dessaint 1991, Elliott 1977).

O modelo geométrico proposto por Taylor (1961), originalmente só para populações, pode ser expresso por

$$s^2 = a \bar{x}^b \quad (4.11)$$

sendo  $s^2$  a variância e  $\bar{x}$  a média de uma população ou, por extensão, das espécies de uma comunidade, enquanto  $a$  e  $b$  são constantes características da população ou comunidade em questão;  $a$  é larga, senão totalmente, um factor que depende do tamanho da unidade amostral. Em contrapartida,  $b$  poderá ser um parâmetro com significado populacional, algo como um índice de agregação que descreve propriedades intrínsecas dos organismos ou das espécies de uma comunidade;  $b=0$  em distribuições quase regulares,  $b=1$  em distribuições aleatórias e  $b \rightarrow \infty$  com o aumento da agregação dos indivíduos ou das espécies da comunidade (Taylor 1961).

O ajustamento de (4.11) a um conjunto de dados é melhor e mais facilmente conseguido após linearização (ver § 6.3.1), tradicionalmente utilizando logaritmos decimais ( $\log$ ), donde

$$s^2' = a' + b \bar{x}' \quad (4.12)$$

fazendo

$$s^2' = \log s^2 \quad (4.13)$$

$$a' = \log a \quad (4.14)$$

e

$$\bar{x}' = \log \bar{x} \quad (4.15)$$

O ajustamento deste modelo à amostragem final de MITRA1 foi tentado pelo método dos mínimos quadrados usando o procedimento MREG de Statgraphics (Anónimo 1989), obtendo-se

$$s^2' = 0.691 + 1.575 \bar{x}' \quad (4.16)$$

para 0-5 cm, com  $R^2_{aj}=0.979$ ,  $n=24$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes, sendo  $R^2_{aj}$  o coeficiente de determinação ajustado aos graus de liberdade

$$s^2' = 0.616 + 1.498 \bar{x}' \quad (4.17)$$

para 5-10 cm, com  $R^2_{aj}=0.946$ ,  $n=16$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes e

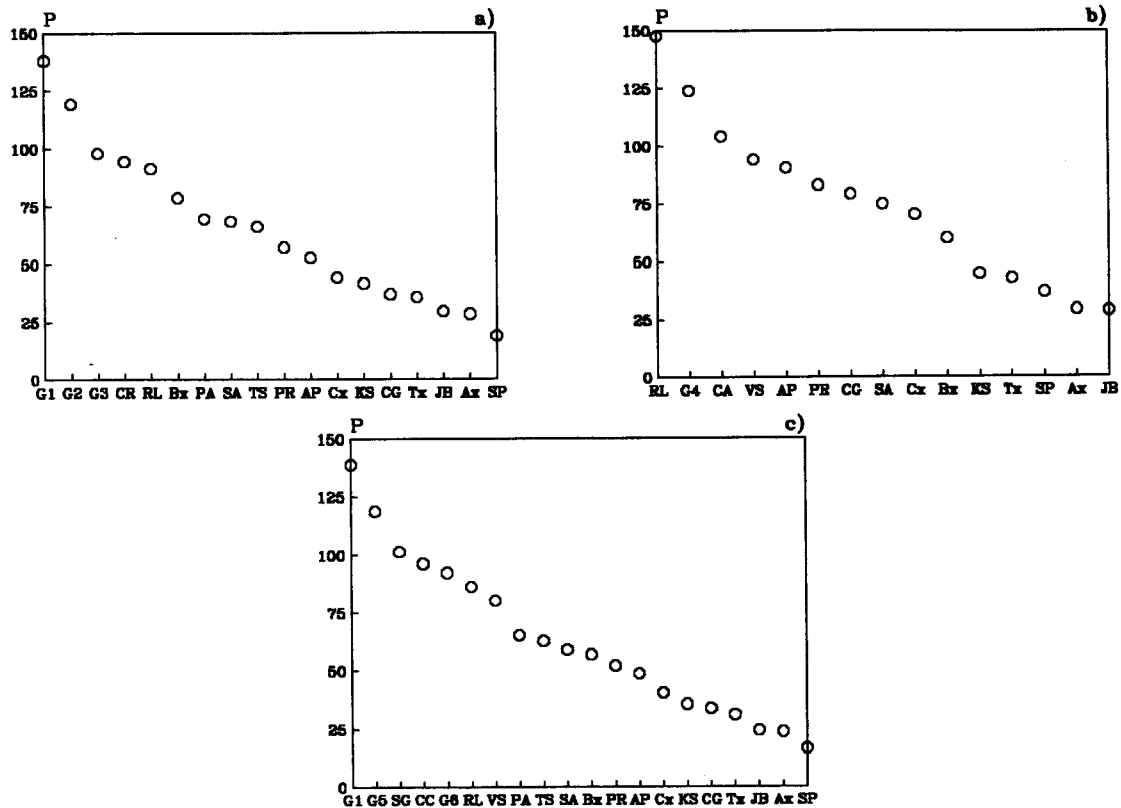
$$s^2' = 0.643 + 1.543 \bar{x}' \quad (4.18)$$

para 0-10 cm, com  $R^2_{aj}=0.975$ ,  $n=24$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes.

A igualdade dos coeficientes de (4.16) e (4.17) foi separadamente testada por um teste de *F* tal como descrito em Sokal e Rohlf (1995) rejeitando-se a hipótese nula para os valores de *a* ( $P=2.258 \times 10^{-4}$ ) mas aceitando-se para os de *b* ( $P=0.096$ ).

Tendo em consideração (4.13), (4.14) e (4.15) e substituindo em (4.3)  $\bar{x}$ , *a* e *b* pelos seus valores de (4.16), (4.17) e (4.18) calculámos a precisão relativa  $\Delta'$  de cada espécie nas 54 amostras finais de MITRA1 para um nível de significância de 0.05, podendo os resultados em função das espécies ordenadas por abundância crescente ser vistos na figura 4.2.

O exame da figura torna clara a dependência da precisão relativamente à abundância das espécies, tornando ainda mais claro a reduzida precisão das estimativas obtidas a partir das 54 amostras realizadas, tal como tinha sido visto quando apresentámos o número de amostras necessárias para um precisão relativa de 20% nas três espécies mais abundantes.



**Figura 4.2** Precisão ( $P$ ) em percentagem da amostragem final de MITRA1 calculada a partir de (4.3), (4.16), (4.17) e (4.18) para a) 0-5 cm, b) 5-10 cm e c) 0-10 cm.

Espécies ou grupos de espécies ( $G_i$ ) por ordem crescente de abundância média (ver tabela 3.2).  $G_1$  inclui  $DC, JM$  e  $Xx$ ,  $G_2$  inclui  $CA, LS, PC$  e  $SG$ ,  $G_3$  inclui  $CC$  e  $VS$ ,  $G_4$  inclui  $PA$  e  $SG$ ,  $G_5$  inclui  $LS$  e  $PC$ ,  $G_6$  inclui  $CA$  e  $CR$ ;  $AP$  *Agrostis pourretii*,  $Ax$  *Amaranthus* sp.,  $Bx$  *Brassica* sp.,  $CA$  *Chenopodium album*,  $CC$  *Crepis capillaris*,  $CR$  *Capsella rubella*,  $CG$  *Cerastium glomeratum*,  $Cx$  *Centaurea* sp.,  $DC$  *Diplotaxis catholica*,  $JB$  *Juncus bufonius*,  $JM$  *Jasione montana*,  $KS$  *Kochia scoparia*,  $LS$  *Linaria spartea*,  $PA$  *Poa annua*,  $PC$  *Plantago coronopus*,  $PR$  *Papaver roheas*,  $RL$  *Reseda luteola*,  $SA$  *Spergula arvensis*,  $SG$  *Silene gallica*,  $SP$  *Spergularia purpurea*,  $TS$  *Trifolium subterraneum*,  $Tx$  *Trifolium* sp.,  $VS$  *Vicia sativa*,  $Xx$  não identificada.

Voltando a (4.16) e (4.17), o exame dos valores de  $b$  para 0-5 cm e 5-10 cm sugere uma distribuição mais agregada das espécies na profundidade mais superficial. Comparando estes valores com os 47 valores de  $b$  calculados em trabalhos examinados acima sem omissão das espécies menos abundantes (Barralis *et al.* 1986, Dessaint *et al.* 1990c, 1996b, Recasens *et al.* 1992, Vidal e Recasens 1995, Zanin *et al.* 1989) verifica-se nunca haver distribuições mais agregadas que em 0-5 cm e só em 4 casos haver distribuições mais agregadas que em 5-10 cm e, respectivamente, 1 e 8 casos quando também se consideram os ajustamentos em que foram retiradas as espécies com menos de 60 sementes  $m^{-2}$ .

Quando da sua apresentação L.R. Taylor referia que o modelo podia não se aplicar em situações de densidades muito baixas ou, alternativamente, que o conceito de agregação expresso por  $s^2 > \bar{x}$  poderia não ser apropriado nessas densidades. Daí que, com alguma frequência, o ajustamento de (4.12) tenha sido tentado omitindo as espécies menos abundantes, definidas como aquelas cuja média é inferior a 60 sementes  $m^{-2}$  (Dessaint *et al.* 1990c, 1996b, Recasens *et al.* 1992, Vidal e Recasens 1995), critério que a ser aceite na amostragem final de MITRA1 implicaria a eliminação de 7 das 24 espécies em 0-5 cm, 3 das

16 em 5-10 cm e 5 das 24 espécies em 0-10 cm (ver tabela 3.2 tendo em conta que 60 sementes m<sup>-2</sup> correspondem a 3 sementes no total das amostras).

A eliminação de espécies para o ajustamento de (4.12) levanta, naturalmente, algumas questões. Por um lado a definição do critério de eliminação, por outro a justeza da idéia de eliminar. Curiosamente, nos dois trabalhos em que foram fornecidos (Recasens *et al.* 1992, Vidal e Recasens 1995), os coeficientes de determinação dos ajustamentos com omissão de espécies nunca eram superiores aos dos ajustamentos com todas as espécies (sendo inferiores ou muito inferiores em 4 das 6 situações) o que não abona muito a favor da opção, razoavelmente arbitrária, de eliminar as espécies com menos de 60 sementes m<sup>-2</sup>.

Se a definição das espécies a omitir do ajustamento pode ser feita caso a caso, usando por exemplo diagramas de frequências ordenadas tal como descrito em Frontier (1985) e reduzindo assim a arbitrariedade da selecção, alternativamente poderá admitir-se que, apesar de serem sistematicamente pior amostradas, as espécies raras são importantes para a caracterização da comunidade e implicam a alteração de parâmetros no modelo expresso em (4.12), que poderá tomar a forma

$$s^2' = a' + b \bar{x}' + c \bar{x}'^2 + d \bar{x}'^3 + \dots + z \bar{x}'^n \quad (4.19)$$

e portanto (4.11)

$$s^2 = a \bar{x}^K \quad (4.20)$$

fazendo

$$K = b + c \bar{x}' + d \bar{x}'^2 + \dots + z \bar{x}'^{n-1} \quad (4.21)$$

com  $s^2'$ ,  $\bar{x}'$ ,  $s^2$  e  $\bar{x}$  com o mesmo significado que anteriormente. Desta forma poderá ser possível acomodar variações do índice de agregação com variações da média bem como estudar a sua variação em função da variação da média.

O ajustamento do modelo expresso em (4.19) às amostra finais de MITRA1 foi tentado pelo método dos mínimos quadrados usando a técnica da regressão sequencial ascendente com o procedimento STEP de Statgraphics (Anónimo 1989) com um polinómio de, no máximo, terceiro grau.

Da sua aplicação resultou

$$s^2' = 0.451 + 1.573 \bar{x}' + 0.169 \bar{x}'^2 \quad (4.22)$$

para 0-5 cm, com  $R^2_{aj}=0.993$ ,  $n=24$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes, o modelo expresso em (4.17) relativamente a 5-10 cm e

$$s^2 = 0.421 + 1.523 \bar{x}' + 0.160 \bar{x}'^2 \quad (4.23)$$

para 0-10 cm, com  $R^2_{aj}=0.988$ ,  $n=24$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes, sugerindo que o índice de agregação do banco de sementes poderá depender da média em profundidades mais superficiais e ser independente a maiores profundidades.

#### 4.2 FINALIDADE DA AMOSTRAGEM

Na sua base, e salvo raras excepções, o estudo do banco de sementes está afectado por uma elevada imprecisão, cuja redução inviabilizaria em muitos casos a concretização do estudo. Simultaneamente, dos estudos realizados tem emergido um conjunto razoavelmente coerente de conhecimentos sobre o banco de sementes do solo, o que tendo em consideração a elevada imprecisão de base é no mínimo surpreendente.

Poderá argumentar-se que essa coerência só é possível porque o nível de conhecimentos é de tal forma genérico que não é substancialmente afectado pela imprecisão das estimativas do banco de sementes, ao contrário do que aconteceria se níveis mais específicos fossem abordados.

Alternativamente, poderá admitir-se que a aparente contradição entre a reduzida precisão atribuída à maior parte dos estudos do banco de sementes e a coerência dos resultados e conclusões obtidos resulte da metodologia adoptada para avaliar a precisão das estimativas, justificando-se perguntar qual a finalidade da amostragem ou, colocando a questão doutra forma, a determinação de um número mínimo de amostras a realizar pretende fornecer estimativas representativas de quê ou para quê ?

Numa primeira resposta, representativas quer geralmente significar satisfatórias do ponto de vista dos objectivos do estudo, o que implica apropriadas para fornecer respostas à pergunta ou perguntas colocadas. É exactamente a este nível, que perguntas são feitas, que nos parece haver uma discrepância profunda entre os métodos de quantificação da precisão das estimativas e os objectivos do estudo.

De facto, os métodos que apresentámos no § 4.1 permitem calcular a precisão de estimativas de abundância do banco de sementes espécie a espécie ou o número de amostras necessárias para se obter uma certa precisão se a abundância média de uma espécie for igual a um determinado valor. Ou seja, o alvo é essencialmente uma espécie e o objectivo é dizer que, para um determinado esforço de amostragem, uma espécie com uma densidade de sementes igual ou superior a um determinado valor será quantificada com uma precisão igual ou maior a um qualquer valor.

Em contrapartida, e salvo raras excepções, o objecto dos estudos do banco de sementes é a comunidade e não a espécie, as posições relativas numa escala de abundância das várias presentes na comunidade e as alterações dessas posições relativas. Consequentemente, será mais relevante a precisão da estimativa do banco de sementes da comunidade do que a

precisão para cada uma das espécies individualmente.

Sendo assim, a precisão das estimativas do banco de sementes enquanto comunidade multi-específica poderá ser superior à precisão das estimativas de cada espécie que o constitui, o que explicaria a coerência dos conhecimentos sobre o banco de sementes do solo. Finalmente, no caso desta hipótese ser aceite, haverá que definir planos de amostragem consoante se pretende caracterizar esta ou aquela população ou um conjunto de populações enquanto comunidade.

#### 4.2.1 Número de amostras em comunidades

A caracterização de comunidades pode fazer-se por uma quase infinidade de meios, embora os mais frequentes envolvam o cálculo de um ou mais índices capazes de representar aspectos cruciais dessa comunidade, nomeadamente a chamada diversidade e/ou a regularidade das espécies ou entidades suas constituintes. Alternativamente, é possível considerar o ajustamento de uma enorme variedade de modelos teóricos ou empíricos à distribuição de abundâncias das espécies, ou ainda e de forma essencialmente gráfica, investigar a forma de curvas de frequências ordenadas e a estabilidade das próprias ordenações (Frontier 1985).

Para investigar a hipótese que atrás enunciámos usaremos os dados da amostragem final de MITRA1 nos dois intervalos de profundidade e um número, naturalmente reduzido, de índices, calculando os seus valores para compósitos de  $n=1,2,3,\dots,54$  amostras seleccionadas aleatoriamente sem reposição e comparando-os com o valor de referência de  $n=54$ . Este procedimento será realizado 100 vezes, usando-se as mesmas sequências de amostras de cada série para cada profundidade e índice. Os programas para o cálculo sequencial dos índices nas amostras compósitas de cada uma das 100 séries, corridos com dupla precisão, foram escritos em GW-BASIC (Anónimo 1986) e as sequências de amostras em cada série determinadas aleatoriamente pelo algoritmo implementado em GW-BASIC (Anónimo 1986) com definição da "semente" em cada série ligada ao relógio.

Para cada índice e para cada esforço de amostragem, calcularam-se os 100 erros relativos (valor obtido menos valor de referência sobre valor de referência) em percentagem e em módulo e considerou-se para análise o erro relativo máximo, o erro relativo máximo para 95% dos valores de menor erro e o erro relativo médio.

Apesar das críticas ao seu significado prático (Taylor *et al.* 1979), seleccionámos o índice de agregação  $b$  de Taylor (1961) devido à sua vulgarização (ver § 4.1). Tendo em conta a reconhecida dependência de  $a$  em (4.11) do tamanho da unidade amostral, o ajustamento do modelo de Taylor foi feito após centragem e redução de  $s^2$  e  $\bar{x}$  em (4.12); naturalmente que para o estudo do erro relativo usou-se o valor de  $b$  na escala original e que o mínimo de amostras consideradas foi  $n=2$ .

Seleccionou-se igualmente o índice de diversidade específica  $H'$  frequentemente referido como de Shannon-Weaver por ser, apesar das críticas (ver por exemplo Hurlbert 1971),

provavelmente a mais generalizada medida da diversidade de uma comunidade, expressa por

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i \quad (4.24)$$

em que  $p_i$  é a abundância da espécie  $i$  em proporção da abundância de todas as espécies, com  $H'$  a ter como valor mínimo  $H'=0$  quando só há uma espécie presente (mínimo de diversidade) e como máximo  $H'=\log_2 S$ , sendo  $S$  o número de espécies, quando todas as espécies têm a mesma abundância (máximo de diversidade).

Sendo assim, o valor de  $H'$  dependerá não só da regularidade (*evenness*) da distribuição de abundância das várias espécies mas também do número de espécies pelo que seleccionámos o índice de regularidade  $V'$  (Pielou 1997) expresso por

$$V' = H' / H'_{\max} = H' / \log_2 S \quad (4.25)$$

com  $H'$  calculado a partir de (4.24),  $H'_{\max}$  o valor máximo de diversidade específica, variável com o número de espécies  $S$ .

Finalmente, pelo menor peso que dá às espécies pouco abundantes em comparação com  $H'$ , seleccionámos o índice de concentração  $l$  de Simpson (1949) expresso por

$$l = \sum p_i^2 \quad (4.26)$$

tendo  $p_i$  o mesmo significado que em (4.24) e que pode ser visto como a probabilidade de dois indivíduos escolhidos aleatória e independentemente pertencerem à mesma espécie, com  $l$  a ter como valor máximo  $l=1$  quando só há uma espécie presente (máximo de concentração, mínimo de diversidade) e como mínimo  $l=1/S$  quando todas as  $S$  espécies têm a mesma abundância (mínimo de concentração, máximo de diversidade).

Por analogia com o índice de regularidade  $V'$  podemos considerar a regularidade da concentração

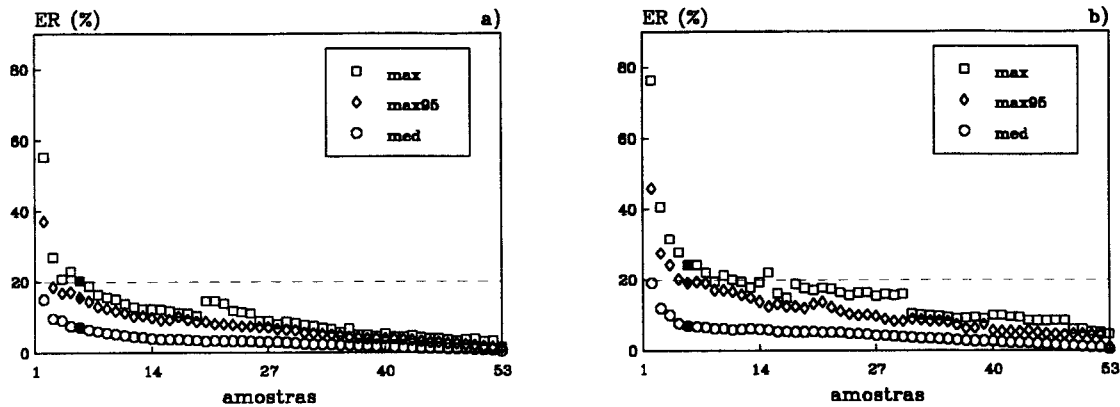
$$R = l / l_{\min} = l S \quad (4.27)$$

com  $l$  calculado a partir de (4.27),  $l_{\min}$  o valor mínimo de concentração, variável com o número de espécies  $S$ .

Na figura 4.4 apresentamos o resultado da simulação para o índice de agregação  $b$  de Taylor (1961), que toma para  $n=54$  o valor 1.575 em 0-5 cm e 1.497 em 0-10 cm.

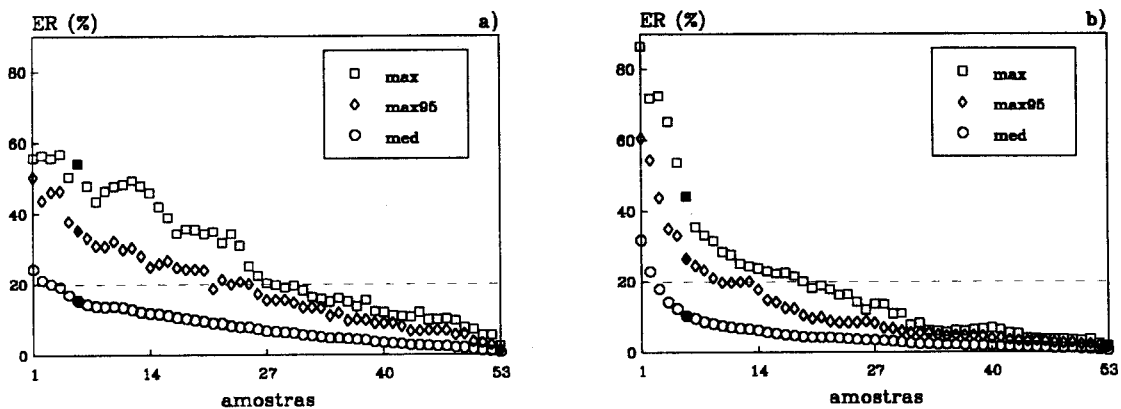
Do exame da figura 4.4 ressaltam os menores valores dos erros relativos e a mais rápida convergência em 0-5 cm. Considerando a pior situação, para o número de amostras originariamente previsto para cada modalidade experimental de MITRA1 ( $n=6$ ) o erro relativo máximo é 24%, 95% dos erros relativos máximos são iguais ou menores a 19% e o

erro relativo médio é 7%. Tomando como referência um erro relativo igual ou menor que 20%, na pior situação seriam necessárias 9 amostras para o erro máximo, 6 amostras para 95% dos menores erros e 2 amostras para o erro médio.



**Figura 4.4** Erro relativo (*ER*) máximo (*max*), máximo de 95% das estimativas com menor erro (*max95*) e médio (*med*) do índice de agregação *b* de Taylor (1961) em função do número de amostras em MITRA1 para a) 0-5 cm e b) 5-10 cm. A cheio valores para 6 amostras.

Na figura 4.5 apresentamos o resultado da simulação para o índice de diversidade específica  $H'$  de Shannon-Weaver, que toma para  $n=54$  o valor 1.684 em 0-5 cm e 2.367 em 0-10 cm.

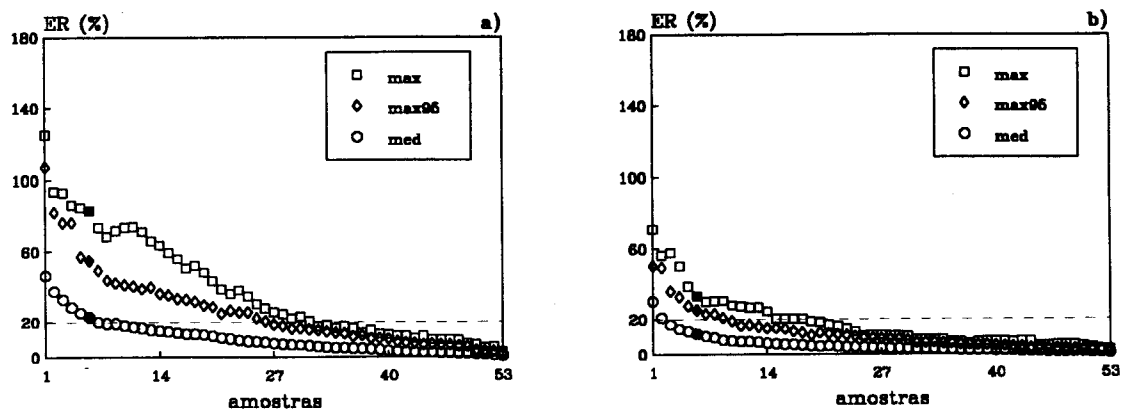


**Figura 4.5** Erro relativo (*ER*) máximo (*max*), máximo de 95% das estimativas com menor erro (*max95*) e médio (*med*) do índice de diversidade específica  $H'$  de Shannon-Weaver, em função do número de amostras em MITRA1 para a) 0-5 cm e b) 5-10 cm. A cheio valores para 6 amostras.

Do exame da figura 4.5 salientam-se os menores valores dos erros relativos em 0-5 cm e a mais rápida convergência em 5-10 cm. Considerando a pior situação, para o número de amostras originariamente previsto para cada modalidade experimental de MITRA1 o erro relativo máximo é 54%, 95% dos erros relativos máximos são iguais ou menores a 35% e o erro relativo médio é 15%. Tomando como referência um erro relativo igual ou menor que 20%, na pior situação seriam necessárias 28 amostras para o erro máximo, 25 amostras para 95% dos menores erros e 4 amostras para o erro médio.

Na figura 4.6 apresentamos o resultado da simulação para o índice de regularidade  $V'$  de Pielou (1977), que toma para  $n=54$  o valor 0.367 em 0-5 cm e 0.592 em 0-10 cm.

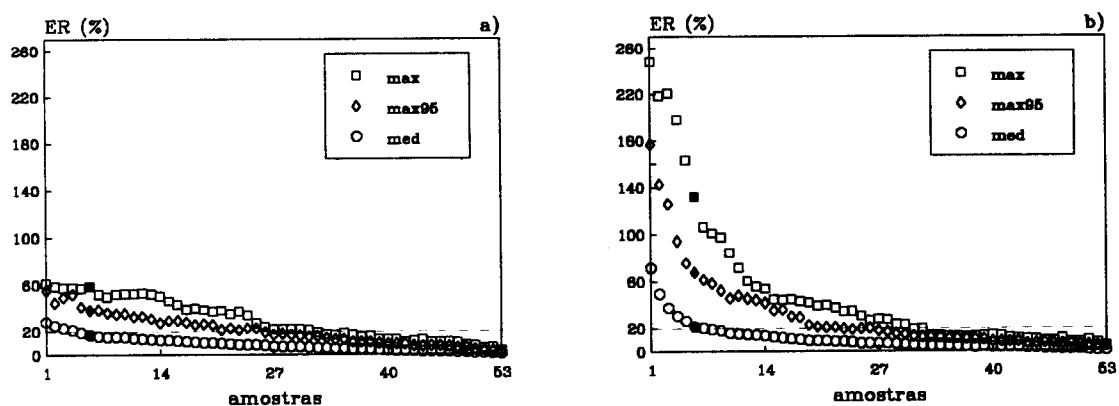




**Figura 4.6** Erro relativo (*ER*) máximo (*max*), máximo de 95% das estimativas com menor erro (*max95*) e médio (*med*) da regularidade  $V$  de Pielou (1977) em função do número de amostras em MITRA1 para a) 0-5 cm e b) 5-10 cm. A cheio valores para 6 amostras.

Do exame da figura 4.6 ressaltam os menores valores dos erros relativos e a mais rápida convergência em 5-10 cm. Considerando a pior situação, para o número de amostras originariamente previsto para cada modalidade experimental de MITRA1 o erro relativo máximo é 83%, 95% dos erros relativos máximos são iguais ou menores a 55% e o erro relativo médio é 23%. Tomando como referência um erro relativo igual ou menor que 20%, na pior situação seriam necessárias 31 amostras para o erro máximo, 26 amostras para 95% dos menores erros e 7 amostras para o erro médio.

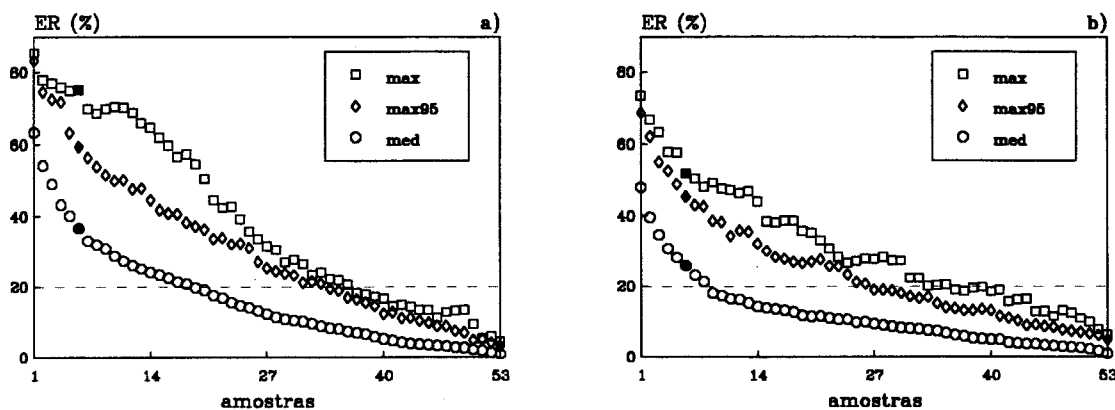
Na figura 4.7 apresentamos o resultado da simulação para o índice de concentração  $I$  de Simpson (1949), que toma para  $n=54$  o valor 0.500 em 0-5 cm e 0.257 em 0-10 cm.



**Figura 4.7** Erro relativo (*ER*) máximo (*max*), máximo de 95% das estimativas com menor erro (*max95*) e médio (*med*) do índice de concentração  $I$  de Simpson (1949) em função do número de amostras em MITRA1 para a) 0-5 cm e b) 5-10 cm. A cheio valores para 6 amostras.

Do exame da figura 4.7 destacam-se os muito menores valores dos erros relativos e a muito mais rápida convergência em 0-5 cm. Considerando a pior situação, para o número de amostras originariamente previsto para cada modalidade experimental de MITRA1 o erro relativo máximo é 132%, 95% dos erros relativos máximos são iguais ou menores a 68% e o erro relativo médio é 21%. Tomando como referência um erro relativo igual ou menor que 20%, na pior situação seriam necessárias 32 amostras para o erro máximo, 26 amostras para 95% dos menores erros e 7 amostras para o erro médio.

Na figura 4.8 apresentamos o resultado da simulação para o índice de regularidade  $R$  expresso em (4.27), que toma para  $n=54$  o valor 12.005 em 0-5 cm e 4.117 em 0-10 cm.



**Figura 4.8** Erro relativo ( $ER$ ) máximo ( $max$ ), máximo de 95% das estimativas com menor erro ( $max95$ ) e médio ( $med$ ) da regularidade  $R$  do índice de concentração  $l$  de Simpson (1949) em função do número de amostras em MITRA1 para a) 0-5 cm e b) 5-10 cm. A cheio valores para 6 amostras.

Do exame da figura 4.8 ressaltam os menores valores dos erros relativos e a mais rápida convergência em 5-10 cm. Considerando a pior situação, para o número de amostras originariamente previsto para cada modalidade experimental de MITRA1 o erro relativo máximo é 75%, 95% dos erros relativos máximos são iguais ou menores a 59% e o erro relativo médio é 37%. Tomando como referência um erro relativo igual ou menor que 20%, na pior situação seriam necessárias 36 amostras para o erro máximo, 34 amostras para 95% dos menores erros e 19 amostras para o erro médio.

Deste conjunto de simulações surge como evidente que a variação do erro relativo médio com o esforço de amostragem depende do índice considerado, com o índice de agregação  $b$  de Taylor (1961) a permitir menores esforços de amostragem e o de regularidade  $R$  expresso em (4.27) a exigir o máximo de esforço de amostragem.

Adicionalmente com base na amostragem final de MITRA1, a caracterização de uma comunidade com um erro relativo médio não superior a 20% parece ser possível com um número de amostras compreendido entre  $n=2$  e  $n=9$ .

Independentemente dos valores exactos, os resultados destas simulações permitem aceitar a hipótese da precisão da amostragem de uma comunidade ser muito superior à precisão das estimativas de abundância das espécies suas constituintes.

## 5. TAMANHO E FORMA DAS SEMENTES. I IMPORTÂNCIA

*a semente  
é a palavra de Deus  
S. Lucas*

Como regra, o banco de sementes do solo é caracterizado em termos de abundância de sementes de espécies (ou na impossibilidade de identificação da espécie, doutros *taxa*). No entanto, além da espécie, outros critérios podem ser utilizados para caracterizar o banco de sementes, permitindo eventualmente uma melhor ou mais completa compreensão do banco de sementes do solo, incluindo critérios morfológicos, anatômicos ou bioquímicos.

Neste capítulo investigaremos até que ponto é que critérios morfológicos como o tamanho e, em menor medida, a forma das sementes podem ser relevantes para a caracterização do banco de sementes. Outro possível critério morfológico como seja a cor das sementes (Benoit 1986, Benoit e Cavers 1998, Chu *et al.* 1978, Robocker *et al.* 1969) não será considerado devido à sua relevância parecer muito restrita.

Assim, recorrendo a trabalhos já publicados sobre sementes e bancos de sementes e usando sempre que possível os dados apresentados pelos seus autores iremos não só testar a hipótese do tamanho das sementes ser uma variável importante para a explicação de uma variedade de aspectos da ecologia e dinâmica do banco de sementes, abordando a relação entre tamanho e número de sementes, germinação, crescimento e fotoblastia, dispersão e predação e finalmente a classificação dos bancos de sementes, mas também definir um critério de quantificação do tamanho das sementes.

À partida o tamanho das sementes será descrito a) por dimensões lineares, comprimento e largura, ou b) volume, assumindo as sementes como elipsóides de revolução em torno do eixo definido como comprimento. Quer para dimensões lineares quer para volumes adoptou-se sempre os menores e maiores valores, determinados sobretudo por pesquisa bibliográfica e apresentados em Anexo.

Finalmente, examinaremos as vantagens de caracterizar o tamanho de sementes tal como descrito acima (dimensões lineares ou volumes) relativamente à consideração do peso.

Entenda-se desde já que a consideração do tamanho e forma das sementes e por extensão a consideração do tamanho e forma da comunidade vegetal definida pelo banco de sementes, não implica que estas características constituam a causa ou a explicação deste ou daquele comportamento, mas sim que poderão ser úteis e funcionar como caixas negras, ou de preferência opacas, capazes de "absorver" e explicar estatisticamente, sem que se conheçam os mecanismos subjacentes, uma variedade de processos incluindo, além dos que abordaremos adiante, resistência (Andersen 1970, Monteiro e Rocha 1992) ou sensibilidade a herbicidas (Heatherly e Elmore 1983, Schroeder *et al.* 1974), parasitismo (Bebawi e Mutwali 1991, Bebawi *et al.* 1984), fixação de N<sub>2</sub> (Cash e Ditterline 1996), produção, qualidade e conteúdos nutricionais (Davidonis *et al.* 1996, Erskine *et al.* 1985, Hocking e

Steer 1989, Noffsinger e Santen 1995, Qiu e Mosjidis 1993, Tanji e Elgharous 1998, White e González 1990, White *et al.* 1992a,b) ou como um factor a ter em consideração em estudos de germinação (Emmerich e Hardegree 1990).

## 5.1 IMPLICAÇÕES DO TAMANHO E FORMA DAS SEMENTES NO BANCO DE SEMENTES DO SOLO

De acordo com Gould (1991) há duas formas básicas das infestantes sobreviverem entre duas épocas sucessivas de cultura. Uma delas inclui o acompanhamento da cultura quando esta é colhida o que implica, entre outros aspectos, que as sementes das infestantes sejam difíceis de distinguir das sementes das culturas, casos de sementes de *Camelina* spp., infestante de linho ou de *Vicia sativa* quando infestante de *Lens culinaris*. No entanto, mais importante poderá ser a permanência das sementes no solo com todas as consequências em termos de características eco-fisiológicas associadas ao seu tamanho e forma.

### 5.1.1 Tamanho, número e plasticidade de sementes

O número de sementes por planta pode variar extraordinariamente com a espécie, desde 25 sementes em *Oxalis acetosella* até quase 200,000 em *Orobanche elatior* (Salisbury 1975) ou, dentro da mesma espécie, com a planta, caso de *Chenopodium album* produzindo entre 10 e 50,000 sementes por planta, com uma média de 3000 (Popay e Ivens 1982). Analogamente, o tamanho das sementes pode variar com a espécie de forma muito importante desde os  $2 \times 10^{-6}$  g de *Goodyera repens* aos 18-27 kg de *Lodoicea maldivica*.

Saprófitos (*Monotropa* spp. por exemplo), parasitas obrigatórios (por exemplo *Orobanche* spp. e *Rafflesia* spp.) e Orquidáceas possuem geralmente as espécies com menores sementes, sendo sempre plantas com tipos de nutrição muito particulares dependendo da presença de outras espécies para a germinação e/ou crescimento (Harper *et al.* 1970). A elevadíssima produção de sementes que se verifica nestas espécies poderá maximizar a probabilidade de serem encontradas as condições muito restritas que necessitam, minimizando simultaneamente o custo resultante da produção de um elevado número de sementes, com as Orquidáceas a constituírem um caso extremo, na medida em que os embriões são constituídos por um número muito reduzido de células (Delevoryas 1966, Pijl 1972).

Dentro da mesma espécie o número de sementes pode variar com o ciclo de vida ou com a precocidade da floração, caso de *Carduus nutans* ssp. *nutans* em que plantas bienais produzem mais sementes que anuais de Inverno e estas que anuais de Verão e em que flores mais precoces produzem mais sementes que flores mais tardias (Popay e Medd 1990).

A produção total de sementes é determinada pelo tamanho da planta, proporção de assimilados afectada às sementes e tamanho das sementes, aspectos que definem, no seu conjunto, o espaço adaptativo (Harper 1977, Salisbury 1942), com o máximo ajustamento às

condições ambientais a ser conseguido, se fosse possível, com a produção de um número infinitamente grande de sementes grandes (Primack 1987).

De referir que a predominância de sementes grandes e pequenas terá variado ao longo do tempo. De facto, durante a maior parte do Cretácico as Angiospérmicas, relativamente escassas, produziam em geral sementes pequenas. Entre o Cretáceo tardio e o início do Terciário terá ocorrido um rápido aumento do número de espécies, com predominância de sementes grandes, para no fim do Terciário voltar a haver predomínio de sementes pequenas (Murray 1984).

Segundo Brown e Venable (1986) a produção de muitas sementes pequenas pode resultar num elevado sucesso reprodutivo (número esperado de sementes que uma semente germinada produzirá no ano seguinte) em anos bons mas baixo em anos maus, implicando a existência de processos de temporização da germinação. Assim, uma predominância de sementes com germinação precoce envolve maiores riscos, por poder ocorrer antes do estabelecimento de condições favoráveis ao crescimento aumentando a mortalidade nos anos que se venham a revelar maus embora com maior sucesso reprodutivo nos anos bons por surgirem primeiro e as plantas crescerem mais tempo. Em contrapartida, sementes de germinação tardia correm menos riscos na maior parte dos anos, senão mesmo em todos, embora sacrifiquem elevados sucessos reprodutivos nos anos bons.

Pelo contrário, a produção de poucas sementes grandes deverá resultar em menor média e variância do sucesso reprodutivo. Menor média porque o número de sementes é baixo, menor variância porque esse sucesso varia menos com a qualidade boa ou má dos anos, aceitando os autores que no caso das sementes grandes a sua maior independência relativamente às características do ano resultará das maiores reservas alimentares permitirem a produção de raízes mais profundas antes dos folíolos serem sujeitos a dissecação, hipótese parcialmente confirmado por Marañón e Grubb (1993) num estudo envolvendo plantas anuais do montado, com raízes de sementes grandes a atingirem maiores profundidades.

Assim, o banco de sementes pode ser parcialmente visto como um filtro graças ao qual só alguns anos têm um verdadeiro impacto evolutivo, eliminando efectivamente o impacto selectivo de outros anos (Templeton e Levin 1979), o que tem implícito que bancos de sementes permanentes deverão ser maioritariamente constituídos por sementes pequenas.

Segundo Primack (1987) será de esperar um ajustamento evolutivo entre o número de sementes e o seu tamanho, do aumento do tamanho resultando a diminuição do número. Argumentos a favor desta previsão têm sido frequentemente apresentados (Geritz 1995, Harper *et al.* 1970, Hedge *et al.* 1991, O'Connor 1991, Sakai e Sakai 1995, Venable e Brown 1988).

Esta concepção, fazendo intuitivamente sentido, foi desde há muito questionada (Salisbury 1942); mais recentemente, num estudo envolvendo 285 plantas herbáceas de 57 espécies de zonas temperadas, Shipley e Dion (1992) concluíram que a troca do número por tamanho só era evidente em espécies com sementes menores que 100  $\mu\text{g}$  ou maiores que 3

mg. Noutro estudo, envolvendo sementes de 45 populações de 39 espécies em que só 11 populações tinham pesos médios entre 100  $\mu\text{g}$  e 3 mg e nenhuma inferior a 100  $\mu\text{g}$ , Michaels *et al.* (1988) concluíram que o número de sementes produzidas era independente da média ou variância do peso das sementes, tendo sugerido que a troca entre número e tamanho de sementes será pouco relevante, pelo menos em sementes grandes; observaram igualmente uma elevada variabilidade intra e inter-plantas da mesma espécie, mas pouca ou nenhuma evidência dessa variabilidade estar associada a processos de dispersão, hábito, posição na sucessão ou quantidade de luz habitual no habitat da espécie.

Apesar disso, a enorme variabilidade de tamanho de sementes dentro do mesmo tipo de comunidade, abrangendo até 6 ordens de grandeza (Jurado *et al.* 1991) pode indicar que o nível a que se dá o compromisso entre a produção de um máximo de descendência e a afectação de recursos a cada descendente será fortemente afectado por diversos outros atributos das espécies envolvidas tais como processos de dispersão, hábito e posição taxonómica (Lord *et al.* 1995, Mack 1993).

Naturalmente que o tamanho da semente não pode ser considerado isoladamente da dispersão e dormência, com a sua acção conjunta (variações num destes aspectos implicando variações compensatórias nos restantes) associada à redução de risco, fuga à sobre-população e à competição intragenotípica. Adiante abordaremos a questão da dispersão, antecipando desde já que a distância percorrida por sementes é geralmente pequena, com o tamanho e dormência a terem maior relevância e a última, em regra, inversamente proporcional ao tamanho (Venable 1989, Venable e Brown 1988).

O tamanho das sementes é uma característica altamente hereditária (Austin 1972, Drabo *et al.* 1985), sabendo-se desde há muito que o peso médio de sementes pode ser muito constante, o que explicará a utilização de sementes da alfarrobeira como medida do peso do ouro (Harper *et al.* 1970). Admite-se que a importância do tamanho de sementes para o estabelecimento de plantas resulte da sua reduzida variabilidade genotípica e fenotípica, com a variação do tamanho a poder constituir quase o último recurso para uma planta e a redução da variabilidade a ter um valor adaptativo muito mais importante que a variação do número de sementes (Bradshaw 1965, Harper 1977, Harper *et al.* 1970).

Apesar disso, um único tamanho de sementes não será evolucionariamente estável, devendo haver selecção para alguma variabilidade do tamanho de sementes intra-plantas (Geritz 1995, 1998), com o polimorfismo (no seu caso extremo consistindo em distribuições bimodais) a ser visto como claramente adaptativo (Harper 1977, Harper *et al.* 1970).

Sobre esta questão Harper *et al.* (1970), citando diversos autores, referem *Spergularia* spp. em que sementes perto da base da cápsula são maiores que sementes perto do ápice, *Rumex crispus* e *R. obtusifolius* com sementes maiores na metade superior da panícula e nas zonas proximais dos ramos, *Oryza sativa* com sementes mais pesadas ocorrendo entre a terceira e a sexta flor contadas a partir do ápice da espiga, ou cevada em que quanto mais novo o rebento menor o peso médio das sementes.

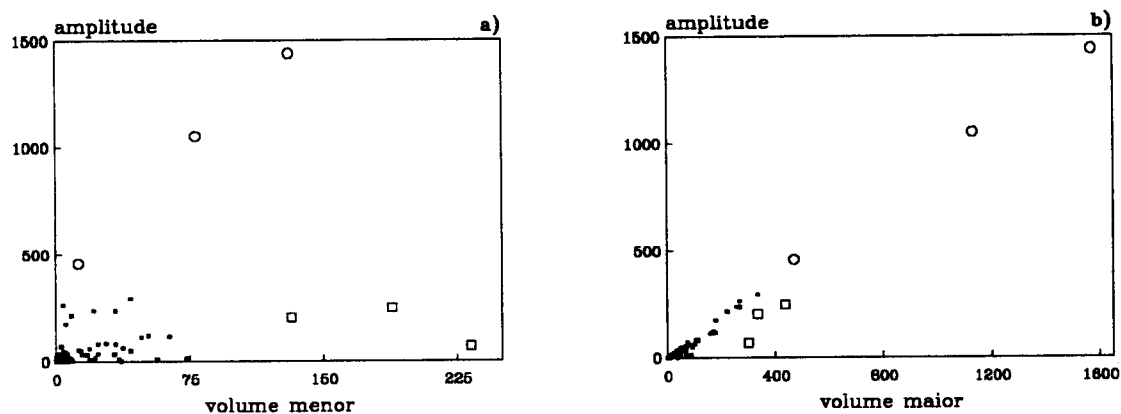
A amplitude do tamanho das sementes tenderá a aumentar com o aumento dos recursos, embora o menor tamanho seja independente dessa quantidade. Adicionalmente, plantas de ambientes com elevadas mortalidades juvenis pré-competitivas, tenderão a ter menor variabilidade de dimensões de sementes, o contrário ocorrendo se houver elevada predação de sementes, sendo igualmente de esperar que plantas com dispersão de sementes mais agregada apresentem distribuições de tamanhos mais leptocúrticas (Geritz 1995, 1998).

Para verificar, pelo menos parcialmente, a existência de relação entre a plasticidade e o tamanho das sementes recorreremos às espécies listadas em Anexo que com pelo menos duas estimativas diferentes do volume das sementes e exprimimos a plasticidade como a diferença entre o maior e o menor volume.

Obtivemos assim valores de amplitude para 284 espécies com um mínimo de  $5.236 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$  (*Pulicaria paludosa*), um segundo mínimo de  $3.272 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$  (*Saxifraga tridactylites*), um máximo de  $1439.897 \text{ mm}^3$  (*Vicia faba*) e um segundo máximo de  $1052.434 \text{ mm}^3$  (*Zea mays*).

Na figura 5.1 apresentamos a variação da amplitude em função do volume menor e do volume maior. Da sua observação podemos concluir da relativa independência entre a amplitude e o volume menor com, por ordem crescente de amplitude, *Helianthus annuus*, *Vicia faba* e *Zea mays* (representadas na figura 5.1 por  $\circ$ ) a destacarem-se claramente. Em contrapartida, observa-se uma relação rectilínea quase perfeita entre a amplitude e o volume maior, com a excepção das espécies representadas na figura 5.1 por  $\square$ , *Cicer arietinum*, *Heracleum sphondylium* e *Citrullus lanatus* por ordem crescente de amplitude.

Esta interpretação gráfica é confirmada pelo ajustamento de modelos de regressão realizado pelo método sequencial ascendente tendo como candidato um modelo polinomial até à décima potência da variável independente (volume menor ou volume maior) usando o módulo STEP de Statgraphics (Anónimo 1989). A variável dependente e todos os termos do polinómio foram centrados e reduzidos não se considerando ordenada na origem.



**Figura 5.1** Amplitude do volume de sementes em função do a) volume menor, b) volume maior, em  $\text{mm}^3$ . Para  $\circ$  significado de  $\circ$  e  $\square$  ver texto. Para as fontes ver Anexo.

Para a situação descrita na figura 5.1a obteve-se um  $R^2_{aj}=0.505$  para todas as espécies ( $n=284$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes) e  $R^2_{aj}=0.397$  quando se excluía as espécies

representadas por  $\circ$  ( $n=281$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes). Ou seja, apesar da variação da amplitude poder ser significativamente explicada pela variação do volume menor, essa explicação é relativamente baixa, reduzindo-se ainda mais quando não se considera *Helianthus annuus*, *Vicia faba* e *Zea mays*. Em contrapartida, na situação descrita na figura 5.1b, obteve-se  $R^2_{aj}=0.983$  ( $n=284$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes) e  $R^2_{aj}=0.894$  ( $n=281$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes) quando se excluíam as espécies representadas por  $\square$ .

Em resumo, a plasticidade das sementes parece depender sobretudo do maior volume possível de ser alcançado por uma espécie ou, posto de outra forma e de acordo com Geritz (1995), poderá depender principalmente da capacidade de condições ambientais mais favoráveis serem repercutidas no aumento de tamanho das sementes, com o aumento ou diminuição do tamanho das sementes a resultar da interação entre a redução de fotossintetatos e a redução do número de sementes (Eckel *et al.* 1992).

Sakai e Sakai (1995) propuseram um modelo para a variação do tamanho das sementes inter e intra-indivíduos da mesma espécie de acordo com o qual o aumento do tamanho das sementes de uma espécie está positivamente correlacionado com o tamanho das estruturas de captura de pólen. O aumento de tamanho dessas estruturas, implicando maiores custos em recursos para captura de pólen, deveria conduzir a um aumento do número ou a um aumento do tamanho das sementes, aparecendo como mais vantajoso o aumento do tamanho das sementes em simultâneo com a diminuição do seu número.

A reduzida variabilidade (plasticidade) do tamanho das sementes poderá resultar da sua formação ser mais rápida que a de órgãos com maior variabilidade (Stebbins 1950 citado por Bradshaw 1965). Em contrapartida, o número de sementes produzidas poderá, para a mesma espécie, ter uma muito maior plasticidade sendo, conjuntamente com o comprimento do ovário, uma das poucas características do sistema reprodutor com real plasticidade (Vasek 1977 referido por Kuiper e Kuiper 1988).

Como exemplos, Bradshaw (1965) refere que *Polypogon monspeliensis* cultivado em condições de baixa ou alta fertilidade apresenta variações da ordem das centenas no número de espiguetas por panícula, mas só de 10% no tamanho das glumas e das sementes e que *Linum usitatissimum* em baixas densidades pode ter quase 14 vezes mais cápsulas por planta e cerca de 1.15 vezes mais sementes por cápsula (num total de quase 16 vezes mais sementes) do que em altas densidades, sem praticamente haver variação no tamanho das sementes; Lloyd (1987) refere que trigo semeado em diferentes densidades pode variar no número de sementes por planta até 81 vezes mas o peso médio por semente não mais que 1.03 vezes. De assinalar também a importante redução do número de frutos por planta, mas não do tamanho ou número de sementes por fruto, em *Abutilon theophrasti*, *Datura stramonium* e *Sorghum halepense* sujeito a ensombramento (Benvenuti *et al.* 1994).

Se a constância do tamanho das sementes não parece ser afectada por competição intra-específica, o mesmo não acontecerá quando se trata de competição inter-específica, desde



que haja diferenças temporais importantes na definição do número e enchimento de sementes. Mesmo ao nível intra-específico, a constância de dimensões de sementes parece ser uma característica de plantas que não usam os meristemas apicais para a floração.

De facto, espécies de crescimento limitado, nas quais esses meristemas são convertidos muito cedo em primórdios florais podem apresentar uma elevada plasticidade no tamanho de sementes, caso de girassol cultivado após selecção para um único capítulo apical, em que variações da densidade podem produzir variações até 6 vezes no peso médio das sementes. Em contrapartida, em girassol selvagem a plasticidade no número de capítulos variava 1.25 vezes no tamanho médio das sementes para variações de 156 vezes na densidade.

Adicionalmente, e dentro da mesma espécie o peso médio das sementes pode variar fortemente de local para local (Pandey e Dubey 1988) e/ou de ano para ano (Harper *et al.* 1970) ou com o acumular de pressões exógenas como sejam aplicações de herbicidas (Andersson 1996, Zhang e Hamill 1996).

### 5.1.2 Tamanho, forma, germinação e crescimento

Plantas derivadas de sementes com diferentes morfologias podem diferir em capacidade competitiva devido a diferenças no tamanho das sementes, tempo de emergência ou taxas de crescimento (Venable e Levin 1985a) com variações, por pequenas que sejam, de forma e/ou tamanho das sementes a poderem influenciar praticamente todos os aspectos da germinação de sementes e estabelecimento de plântulas (Harper *et al.* 1970).

Desde há muito que foi admitido como regra geral que quanto maior for a quantidade de reservas proporcionada às sementes mais adiantada a fase da sucessão que a espécie pode ocupar (Salisbury 1942), com espécies de ambientes estáveis, ensombrados e mais ou menos húmidos tendencialmente com maiores sementes que espécies de ambientes ensolarados, perturbados e secos (Primack 1987, Salisbury 1974) tendo Baker (1972) observado na flora californiana um claro gradiente crescente do peso médio das sementes na série herbáceas anuais, herbáceas perenes, arbustos e árvores, gradiente interpretado em termos da altura das plantas. Observou igualmente uma relação inversa entre o tamanho das sementes e a altitude, atribuindo-a não só a défices hídricos, de nutrientes e stress térmico, mas também à redução do tempo disponível para crescimento.

Espécies adaptadas a perturbações frequentes são geralmente anuais, com reprodução essencial ou totalmente por semente, geralmente pequenas; quando perenes têm uma reprodução essencialmente vegetativa; privilegiam a disseminação no tempo e não no espaço, sendo esta última essencialmente assegurada pelo Homem (Black 1959, Holzner *et al.* 1982). Sementes grandes terão uma capacidade superior de estabelecimento em locais altamente produtivos mas com vegetação já estabelecida (Grime *et al.* 1993), situação frequente em gramíneas perenes (O'Connor 1991) e serão boas competidoras mas más pioneiras em dunas (Rees 1995), embora em praias de cascalho espécies pioneiras possam ter sementes grandes, surgindo espécies com sementes muito menores em fases mais tardias

e estabilizadas da sucessão (Salisbury 1974).

Segundo Venable e Brown (1988) em condições abertas e métricas o estabelecimento de plântulas será independente da dimensão. Pelo contrário, em condições de ensombramento, o sucesso reprodutivo, tendo em conta a mortalidade, deverá ser uma função crescente da dimensão. Aceitando uma relação inversa entre a tamanho e o número de sementes, em ambientes favoráveis e abertos a produção de sementes grandes constituirá um "desperdício" já que o mesmo sucesso poderá ser conseguido com sementes pequenas, as quais podem ser muito mais abundantes, o inverso ocorrendo em ambientes desfavoráveis.

A capacidade de sementes responderem a flutuações de temperatura às escuras, generalizada em espécies com bancos de sementes persistentes, foi interpretada como uma forma de reconhecimento pelas sementes enterradas da existência de espaços disponíveis para ocupação por plântulas, com as flutuações a serem sentidas de forma tanto mais intensa quanto maior for o espaço disponível e menor a profundidade. No entanto, sementes muito pequenas parecem incapazes de responder a essas variações apresentando uma necessidade absoluta de luz para germinarem (Grime 1979).

A influência da superfície do solo na emergência foi descrita para dois tipos de solo, um com partículas de cerca de 1.3 cm  $\varnothing$  (partículas muito grandes de acordo com a classificação de Fitzpatrick 1993) e outro que foi regado e depois deixado a secar até gretar. Sementes de *Bromus rigidus* e *B. madritensis* foram deixadas cair nos dois solos, verificando-se no primeiro um aumento linear a exponencial entre o número de plântulas emergidas e o número de sementes deixadas cair. Em contrapartida, no segundo solo verificava-se um aumento de tipo sigmoidal com uma rápida estabilização do número de plântulas que emergiam (Harper 1961).

Ou seja, na superfície irregular o número de locais favoráveis à germinação e emergência era muitíssimo superior, enquanto que no solo com gretas e rachas a probabilidade de uma semente dar origem a uma plântula diminuía com o aumento da densidade de sementes, provavelmente devido ao rápido esgotamento de locais favoráveis. Esta relação inversa entre o número de sementes presentes no solo e a probabilidade de surgirem plântulas foi observada igualmente para diversas espécies do género *Papaver* (Harper 1961). Comparando solos de diversas rugosidades superficiais mas sempre com partículas muito grandes (entre menos de 1.25 cm e 5 cm de diâmetro) verificava-se uma predominância de plântulas de *B. rigidus* associada a solos menos rugosos, predominância essa que diminuía, chegando mesmo a inverter-se com o aumento da rugosidade do solo. Aparentemente, sementes maiores (*B. rigidus*) encontravam um maior número de locais apropriados para germinarem em solos de partículas menores, o inverso ocorrendo com *B. madritensis* possuidora de sementes menores (Harper 1977).

Num estudo do efeito do tamanho e grau de maturação de sementes de *Daucus carota* na germinação, emergência de plântulas e produção de cenouras, Austin e Longden (1967) observaram maiores percentagens de germinação em sementes maiores e, para o mesmo

tamanho, maiores percentagens de germinação em sementes colhidas mais tarde (mais maduras), sugerindo os autores que os dois efeitos eram essencialmente independentes. Na mesma linha, Longer *et al.* (1986) observaram em *Glycine max* emergências, pesos frescos de raízes e caules e capacidade de deslocação de pesos significativamente maiores em sementes grandes..

A uniformidade, velocidade de germinação e germinação total parecem diminuir com a) a redução de protecção contra as perdas de água devida à microtopografia do solo e b) a redução do conteúdo de água do solo, dependendo não só do tamanho como da morfologia das sementes. Sementes pequenas e achatadas como as de *Chrysanthemum leucanthemum* (0.283 mm<sup>3</sup> a 14.726 mm<sup>3</sup>) ou *Achillea millefolium* (0.183 mm<sup>3</sup> a 1.060 mm<sup>3</sup>) conseguem ter uma grande parte do tegumento em contacto com a água do solo quando se encontram à superfície, dando-lhes vantagem em situações de reduzidas disponibilidades hídricas, relativamente a sementes maiores de *Hypochaeris radicata* (0.589 mm<sup>3</sup> a 1.451 mm<sup>3</sup>), *Plantago lanceolata* (1.100 mm<sup>3</sup> a 5.448 mm<sup>3</sup>) e *Rumex acetosa* (2.258 mm<sup>3</sup> a 2.360 mm<sup>3</sup>). No entanto, não só o tamanho será relevante, já que efeito análogo pode ser conseguido pela produção de mucilagem em *Prunella vulgaris* (0.679 mm<sup>3</sup> a 2.463 mm<sup>3</sup>) possuidora de sementes mais isodiamétricas (Oomes e Elberse 1976). Para espécies com tegumentos mucilaginosos ver Miège e Wuest (1984) ou Young e Evans (1973).

De acordo com Chambers e MacMahon (1994) haverá um tamanho de partículas de solo (variável entre espécies) que se for ultrapassado poderá comprometer o estabelecimento de plântulas. Solos com partículas de grandes dimensões raramente têm uma capacidade de retenção de nutrientes ou de água comparável à de solos de partículas pequenas, podendo não proporcionar o contacto raiz-solo necessário para a sobrevivência das plântulas.

Em plantas herbáceas parece haver uma relação inversa entre a dimensão das sementes e a disponibilidade de água (Baker 1972). Foi no entanto sugerido (referido por Leishman e Westoby 1994a) que essa relação poderá ter pouco a ver com qualquer pressão selectiva mas antes com o facto de sementes pequenas terem tendência a estar sobre-representadas em locais sujeitos a inundação. Apesar disso, pode admitir-se que sementes pequenas tenham menos capacidade para tolerar condições de seca devido ao elevado custo energético envolvido, mais fácil de suportar por sementes grandes (Leishman e Westoby 1994a).

Num estudo envolvendo 29 espécies de 14 famílias, Leishman e Westoby (1994a) concluíram que sementes grandes só teriam vantagem em condições de menor disponibilidade hídrica num número muito reduzido de combinações de pluviosidade e condições do solo. Assim, só em casos muito particulares haverá pressão selectiva para sementes grandes em condições xéricas, mas quando os teores de água no solo são baixos, mas não demasiado baixos, sementes grandes poderão ter vantagem se localizadas a maiores profundidades (onde as condições hídricas poderão ser mais favoráveis) em virtude das suas maiores reservas lhes permitirem germinar e emergir de maiores profundidades.

Note-se, no entanto, que o tamanho das sementes poderá limitar a profundidade de que a

plântula pode emergir mais por limitações da alongação do hipocótilo do que por esgotamento de reservas cotiledonares (Black 1959). Curiosamente, em *Vulpia ciliata* e *V. fasciculata* a emergência de plântulas aumentava significativamente com o enterramento das sementes a 5 cm em solo nu apesar do peso médio das sementes ser respectivamente 0.418 mg e 2.49 mg (Carey e Watkinson 1993).

Num estudo dos vários níveis de compromisso entre o tamanho das sementes e outros aspectos da bio-ecologia de 248 espécies de 49 famílias de regiões semi-áridas da Austrália, Leishman e Westoby (1994b) observaram uma associação positiva entre o tamanho das sementes e a altura da planta, hábito e modo de dispersão, mas não entre a dimensão das sementes e a longevidade da espécie, recursos hídricos, existência de mecanismos de enterramento das sementes ou dormências. No entanto, foi detectada uma associação entre a altura da planta e, em simultâneo, o tamanho das sementes e a existência de mecanismos de enterramento exclusivos de espécies com dormência.

Posteriormente, Leishman *et al.* (1995) verificaram que a associação entre o tamanho das sementes e o hábito se verifica em diversos ecossistemas, concluindo que o tamanho da semente estará mais fortemente associado com aqueles atributos do que com as condições ambientais, explicando a larga gama de dimensões de sementes na mesma comunidade em termos de variedade de soluções para o problema do estabelecimento de plântulas.

Marañón e Grubb (1993) encontraram uma relação inversa entre o tamanho das sementes e a *RGR* (*Relative Growth Rate*), concluindo que espécies com sementes maiores tendem a ocupar solos mais ricos em nutrientes e com maior capacidade de retenção de água enquanto espécies de ambientes mais secos e com mais locais com poucos nutrientes tenderão a ter sementes menores mas com maiores valores potenciais de *RGR*. Confirmando esta relação inversa entre a *RGR* e o tamanho das sementes, Jurado e Westoby (1992) concluem que o tamanho das sementes é o factor mais importante no crescimento de plântulas, com sementes maiores originando plântulas com maior massa apesar da menor *RGR* e menor rapidez de germinação.

No entanto, segundo Thompson (1987) quando se considera um número elevado de espécies a correlação negativa entre o tamanho da semente e a *RGR* parece desaparecer, sendo sugerido que baixas *RGR* e sementes grandes poderão ser soluções independentes para o estabelecimento de plântulas em ambientes pouco favoráveis ou hostis.

O peso de plântulas de *D. carota* está positivamente correlacionado com o peso das sementes, embora este efeito fosse atenuado à medida que o crescimento prosseguia, eventualmente devido a competição. De forma análoga, a produção de cenouras a partir de sementes grandes era 15 a 20% maior que a partir de sementes pequenas até às 15-18 semanas de crescimento, desaparecendo esta diferença pelas 24 semanas. Finalmente, a uniformidade das cenouras era maior quando provenientes de sementes grandes, embora as diferenças fossem pouco importantes numa perspectiva comercial (Austin e Longden 1967).

De acordo com Spitters e Bergh (1982), a capacidade competitiva de uma espécie poderá

estar relacionada com o espaço que é capaz de ocupar no início da estação de crescimento, a taxa de crescimento relativo e a prioridade de utilização de recursos limitantes. A ocupação inicial do espaço pode ser maximizada pelo surgimento de um elevado número de plantas, germinações rápidas e sementes grandes (que aliás favorecem os aspectos referidos anteriormente). Sementes grandes e sementes pequenas cultivadas separadamente conduzem a produções aproximadamente idênticas mas é clara a vantagem das sementes grandes quando cultivadas conjuntamente.

Resultados apresentados por Wit (1960) suportam estas conclusões com *Avena sativa* (21.976 mm<sup>3</sup> a 37.873 mm<sup>3</sup>) a ser mais afectada que *Hordeum vulgare* (37.699 mm<sup>3</sup> a 100.531 mm<sup>3</sup>) pela competição entre ambas, embora Peters (1985) conclua que entre outros aspectos o peso de *H. vulgare* é reduzido por *A. sativa* quando cultivadas nas mesmas densidades e a partir de sementes colocadas à mesma profundidade (25 mm) de 10.4 para 7.7 g planta<sup>-1</sup> em sementes pequenas de *A. fatua*, de 10.4 para 5.8 g planta<sup>-1</sup> em sementes grandes, reduzindo-se menos para as mesmas densidades se *A. fatua* for semeada a 75 mm, com o peso seco de *H. vulgare* a ser reduzido de 10.4 para 9.5 por sementes pequenas, para 7.2 g planta<sup>-1</sup> por sementes grandes.

Marañón e Bartolome (1989) estudaram o banco de sementes do solo em pastagem aberta e sob copado de *Quercus agrifolia*. De acordo com os seus resultados, em pastagem aberta o banco de sementes do solo era muito maior, a maior parte das sementes produzidas eram pequenas mas a maior parte das que germinavam eram comparativamente grandes. Sob copado a maior parte das sementes produzidas eram grandes mas a maior parte das germinadas eram pequenas, essencialmente *Stellaria media*, que em geral não sobreviveu até produzir sementes. Do ponto de vista do sucesso reprodutivo terá havido sob copado uma vantagem de sementes grandes. Tendo em conta que sob copado havia menor intensidade luminosa mas maior disponibilidade de azoto e humidade do solo (Marañón e Bartolome 1994) foi atribuída ao copado um papel tamponizador das flutuações ambientais.

Assim, em condições à partida desfavoráveis (pastagem aberta) o banco de sementes do solo será essencialmente permanente e constituído por sementes pequenas que só germinam em condições favoráveis, enquanto as sementes grandes tenderão a germinar independentemente dessas condições. Em ambientes à partida mais favoráveis (sob copado) o banco de sementes do solo será essencialmente constituído por sementes grandes já que as sementes pequenas "arriscam" muito mais dada a maior mortalidade.

Quando o ensombramento não é provocado pelo copado de árvores mas por herbáceas (Reader 1993) verifica-se o mesmo tipo de efeito, com a) sob coberto maiores emergências em sementes grandes e b) sem coberto aumentos significativos das emergências em sementes pequenas e uma pequena diminuição em sementes grandes. Como excepções à quase total indiferença das sementes grandes à retirada do coberto surgiam *Medicago lupulina* e *Echium vulgare*, com emergências a descoberto mais de 2.5 vezes superiores, eventualmente devido ao aumento das amplitudes térmicas permitir a quebra dos seus tegumentos.

Resultados semelhantes foram observados em espécies arbóreas de florestas tropicais de chuva do Nordeste australiano com sementes menores mais sensíveis ao aumento da radiação fotossinteticamente activa (Osunkoya *et al.* 1994). Na mesma linha vêm os resultados de Schmitt *et al.* (1992), produção de sementes maiores em plantas ensombradas sujeitas a baixos níveis de fertilizante, explicável pela maior resistência à ausência de nutrientes exógenos em sementes grandes (Jurado e Westoby 1992). Parece pois claramente estabelecida a vantagem relativa de sementes grandes em ambientes ensombrados, assumindo-se que a necessidade de luz para germinação favorece o estabelecimento de bancos de sementes inter-anuais (Venable e Brown 1988).

### 5.1.3 Tamanho e fotoblastia

Górski *et al.* (1977, 1978) estudaram a germinação de 207 espécies herbáceas em condições de ensombramento por coberto vegetal e com luz branca difusa. Consoante a razão entre a percentagem de germinação em ensombramento e em luz difusa as espécies foram classificadas como a) positivamente fotoblásticas (38% das espécies), com germinação inibida sob coberto, b) negativamente fotoblásticas (6% das espécies), com germinação estimulada sob coberto e c) indiferentes às condições de iluminação (56% das espécies). Nas suas conclusões apontam para a inibição da germinação sob coberto estar essencialmente associada a plantas espontâneas (das espécies cultivadas só 4.5% são positivamente fotoblásticas), considerando a insensibilidade da germinação à redução da razão vermelho/vermelho longínquo ( $r/fr$ ) como resultado da selecção para germinação imediata e uniforme em plantas cultivadas.

Apesar de habitual (Smith 1975), a relação causal implícita nesta explicação poderá não estar inteiramente correcta, podendo admitir-se que a rapidez, uniformidade e independência da germinação a reduções da razão  $r/fr$  são consequências do aumento do tamanho de sementes que resultou frequentemente da domesticação de plantas (Murray 1984, Salisbury 1974), com vantagem desde há muito reconhecidas (Mayer 1948).

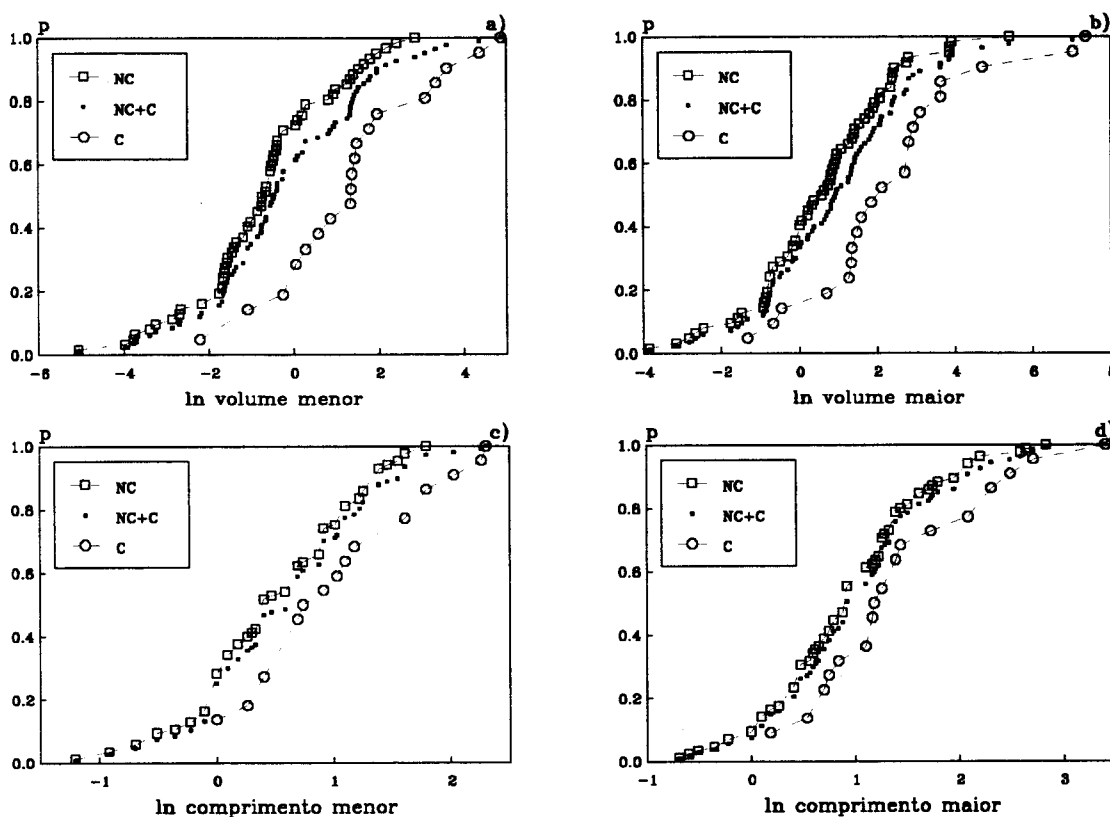
Sendo assim a resposta fotoblástica positiva, negativa ou indiferente de sementes à qualidade da luz dependerá fortemente da sua dimensão independentemente de serem cultivadas ou não. Plantas cultivadas tenderão a não ser positivamente fotoblásticas porque geralmente são maiores, com o aumento da tolerância a reduções da razão  $r/fr$  em cultivadas constituindo um efeito secundário, eventualmente neutro do ponto de vista ecológico, já que na maior parte dos casos dificilmente ocorrerá ensombramento foliar no curto período em que as plantas cultivadas germinam.

Para investigar a hipótese do tipo de fotoblastia depender do tamanho das sementes procurámos obter dimensões de sementes das espécies estudadas por Górski *et al.* (1977, 1978). As 107 espécies em que nos possível obter dimensões podem ser consideradas representativas das 207 espécies listadas em Górski *et al.* (1977, 1978); só na distribuição de espécies cultivadas indiferentes e negativamente fotoblásticas se verificaram diferenças com

75% indiferentes e 21% negativamente fotoblásticas em Górski e colaboradores e respectivamente 82% e 14% nas espécies que retivemos. De notar a sobreposição quase total entre a gama de valores de volume ou comprimento daquelas 107 espécies com a de volumes ou comprimentos das espécies listadas em Anexo.

Na figura 5.2 apresentamos a frequência relativa acumulada do número de espécies cultivadas, não cultivadas e total em função dos volumes e comprimentos menores e maiores de cada espécie.

Considerando todas as espécies ressalta desde logo a predominância de sementes pequenas com cerca de 76% dos volumes menores abaixo de  $3.770 \text{ mm}^3$  (para um máximo de  $130.900 \text{ mm}^3$  e um segundo máximo de  $78.540 \text{ mm}^3$ ) e a mesma percentagem de sementes com volumes maiores abaixo de  $10.556 \text{ mm}^3$  (para um máximo de  $1570.796 \text{ mm}^3$  e um segundo máximo de  $1130.973 \text{ mm}^3$ ). Situação análoga se verifica quando se considera só o comprimento.

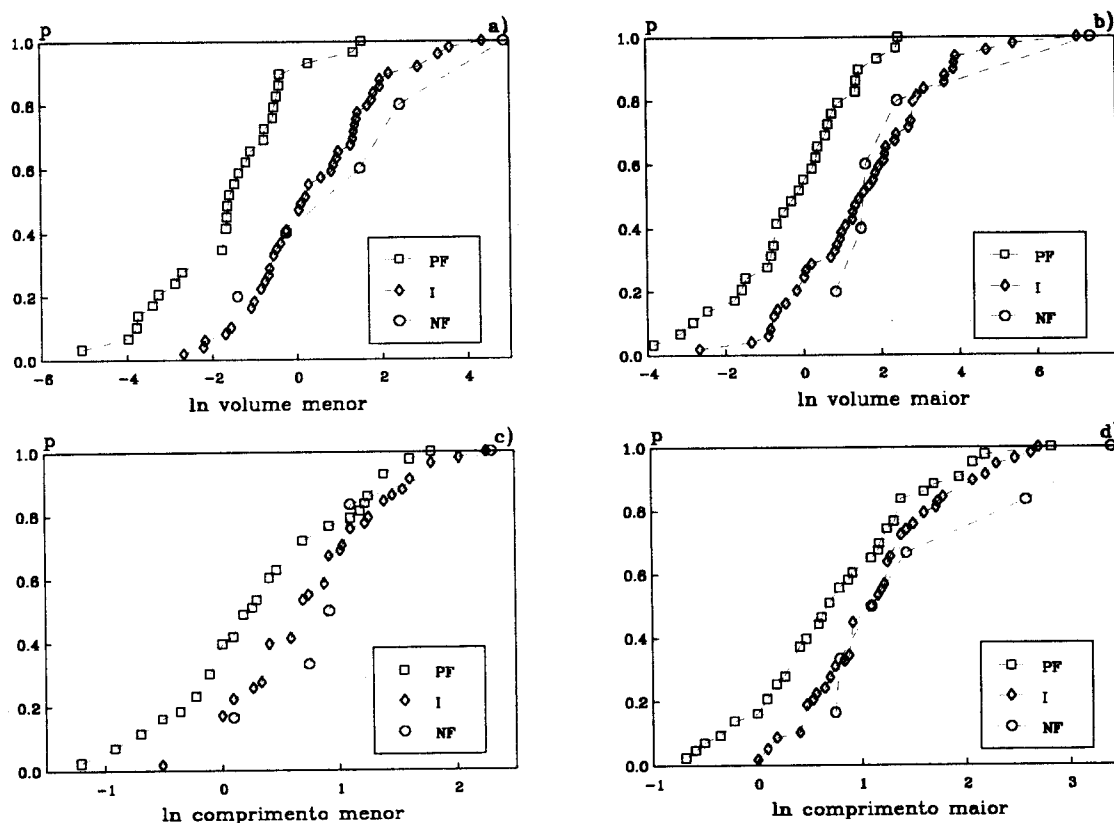


**Figura 5.2** Frequência relativa acumulada em proporção ( $P$ ) de espécies não cultivadas ( $NC$ ), cultivadas ( $C$ ) e todas as espécies ( $NC+C$ ) em função do  $\ln$  do a) volume menor, b) volume maior, em  $\text{mm}^3$ , c) comprimento menor e d) comprimento maior, em  $\text{mm}$ . Para as fontes ver Górski *et al.* (1977, 1978) e Anexo.

Quando se consideram separadamente as sementes de espécies cultivadas e de espécies não cultivadas verifica-se que sementes muito pequenas (menores ou iguais a  $6.872 \times 10^{-2} \text{ mm}^3$  para o volume menor,  $0.226 \text{ mm}^3$  para o volume maior,  $0.9 \text{ mm}$  para o comprimento menor e  $1.1 \text{ mm}$  para o comprimento maior) são sempre de espécies não cultivadas enquanto que sementes muito grandes (maiores que  $17.344 \text{ mm}^3$  para o volume menor,

221.744 mm<sup>3</sup> para o volume maior, 6 mm para o comprimento menor e 30 mm para o comprimento maior) são sempre de espécies cultivadas. Este facto, em conjunto com a posição inferior da curva da frequência acumulada das espécies cultivadas reforça a idéia das sementes de espécies cultivadas terem tendência, apesar da elevada sobreposição, a serem maiores ou a terem sido tornadas maiores que sementes de espécies não cultivadas.

Antes de examinar a distribuição do número de espécies em função do tamanho e das características fotoblásticas da germinação (figura 5.3) referiremos algumas, poucas, inconsistências na atribuição das características fotoblásticas resultantes de questões de sinonímia. Assim *Arabis albida* é indiferente (Górski *et al.* 1977) tal como *A. pieninica* (Górski *et al.* 1978) enquanto *A. alpina* é positivamente fotoblástica (Górski *et al.* 1977) embora as duas primeiras espécies sejam consideradas por Tutin *et al.* (1964) como sinónimos da terceira. Situações do mesmo tipo ocorrem com *Poligonum nodosum* e *P. tomentosum* e com *Silene hayekiana* e *S. saxifraga*.



**Figura 5.3** Frequência relativa acumulada em proporção ( $p$ ) de espécies positivamente fotoblásticas (PP), indiferentes (I) e negativamente fotoblásticas (NP) em função do  $\ln$  do a) volume menor, b) volume maior, em mm<sup>3</sup>, c) comprimento menor e d) comprimento maior, em mm. Para as fontes ver Górski *et al.* (1977, 1978) e Anexo.

Do exame da figura 5.3 ressalta que sementes muito pequenas são sempre positivamente e as muito grandes sempre negativamente fotoblásticas, com as sementes indiferentes ocupando uma posição intermédia. É igualmente nítida a posição mais elevada da curva das sementes positivamente fotoblásticas, bem como alguma sobreposição entre as curvas das sementes indiferentes e negativamente fotoblásticas, sugerindo que as positivamente



fotoblásticas são tendencialmente menores que as restantes.

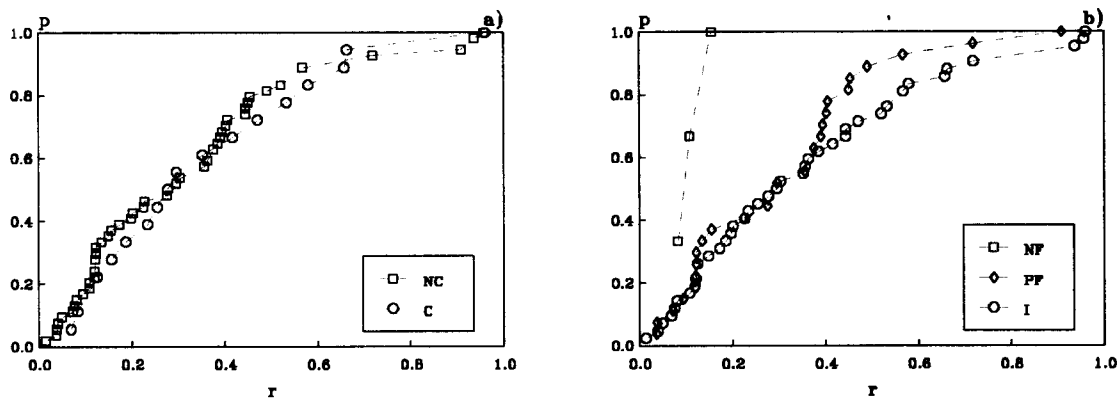
Esta conclusão é mais evidente quando se expressa o tamanho das sementes em volume, certamente por uma única dimensão facilmente mascarar diferenças de tamanho devidas a diferenças de forma.

Se é evidente uma ampla gama de valores de sobreposição em que a fotoblastia positiva, negativa ou indiferente é possível, é também evidente uma clara tendência para que sementes positivamente fotoblásticas sejam sementes pequenas, que sementes indiferentes sejam maiores e que sementes negativamente fotoblásticas sejam grandes ou muito grandes.

A título meramente indicativo, sementes até  $5.864 \times 10^{-2} \text{ mm}^3$  (*Saxifraga rotundifolia*) são positivamente fotoblásticas e sementes grandes ou muito grandes, acima de  $11.690 \text{ mm}^3$  (*Ranunculus acris*) são indiferentes ou negativamente fotoblásticas. De referir que o menor volume encontrado para sementes cultivadas (*Agrostis alba* com  $0.109 \text{ mm}^3$ ) era muito superior ao limite de fotoblastia positiva exclusiva.

Se em vez das dimensões considerarmos a plasticidade relativa das sementes avaliada pela razão entre o menor e o maior volume, as diferenças entre espécies cultivadas e não cultivadas e entre espécies positiva, negativa ou indiferentemente fotoblásticas alteram-se.

Para as 72 espécies com pelo menos duas estimativas de volume, o mínimo para aquela razão era  $1.382 \times 10^{-2}$  e o máximo 0.960. A média agora obtida é 0.334 e o coeficiente de variação corrigido de aproximadamente 74%, apresentando-se na figura 5.4 a frequência relativa acumulada de espécies cultivadas e não cultivadas, e de espécies negativa, positiva e indiferentemente fotoblásticas em função da razão entre o menor e o maior volume.



**Figura 5.4** Frequência relativa acumulada em proporção ( $p$ ) de a) espécies não cultivadas (NC) e espécies cultivadas (C), b) espécies negativamente fotoblásticas (NP), positivamente fotoblásticas (PP) e indiferentes (I) em função da razão ( $r$ ) volume menor/volume maior. Para as fontes ver Górski *et al.* (1977, 1978) e Anexo.

Ao contrário do que acontecia na figura 5.2 a distribuição de frequências das espécies cultivadas e não cultivadas é praticamente idêntica, sugerindo não haver diferenças apreciáveis de plasticidade no tamanho das sementes entre espécies cultivadas e não cultivadas. No que diz respeito à resposta fotoblástica da germinação, as sementes indiferentes e positivamente fotoblásticas pouco ou nada diferem entre si para valores elevados de plasticidade, com alguma divergência para razões volume menor/volume maior

superiores a 0.385.

Em contrapartida e apesar do pequeno número de espécies representadas, sementes com fotoblastia negativa parecem ser preferencialmente sementes com elevada plasticidade. Em resumo, deverá existir uma relação entre o tamanho das sementes e a sua fotoblastia, com diferenças entre cultivadas e não cultivadas a poderem ser atribuídas à tendência para as primeiras serem maiores.

Uma explicação para sementes pequenas terem tendência a ser positivamente fotoblásticas foi apresentada por Cook (1980) e envolve o reconhecimento do papel do tegumento como uma barreira mecânica com a qual o embrião se tem que defrontar, com a luz a aumentar, por interacção com giberelinas, a pressão do embrião sobre o tegumento.

Sementes pequenas estarão mais dependentes deste processo na medida em que a espessura do tegumento poderá ser proporcional à raiz cúbica do tamanho da semente e portanto quanto menor a semente maior a resistência relativa oferecida pelo tegumento.

Outra explicação envolve as condições de maturação das sementes. De acordo com Cresswell e Grime (1981), a resposta à luz de sementes recém-produzidas é determinada pela situação foto-estacionária do fitocromo, que depende do ambiente luminoso antes da semente ficar madura e desidratar.

Tecidos fotossintéticos verdes rodeando sementes imaturas diminuem a razão  $r/fr$  que as atinge resultando, se estiverem suficientemente hidratadas, na fotoconversão da maior parte do fitocromo para a forma inactiva com a conseqüente necessidade de luz para haver germinação. A questão crucial é se os tecidos envolvendo as sementes se conservam verdes até a maturação das sementes terminar.

Em caso afirmativo, as sementes precisarão de luz, caso contrário não, existindo uma tendência para a redução dos conteúdos clorofilinos dos tecidos envolventes em sementes grandes e o oposto em sementes pequenas com a conseqüente dependência da luz.

No entanto o tamanho das sementes não esgota a explicação da sua fotoblastia. Desde logo porque plantas consideradas individualmente podem produzir sementes com fotoblastias diferentes (para um exame de variações nas características das sementes em relação às condições de maturação ver por exemplo Gutterman 1985).

Adicionalmente a resposta fotoblástica, positiva ou negativa, pode em muitos casos ser alterada por práticas culturais eventualmente com influência no tamanho [segundo Froud-Williams e Ferris (1987) sementes de *Poa trivialis* de populações de locais cultivados eram mais sensíveis à luz que as de populações de prados], pela presença de nitrato (Karssen 1980/81, Milberg 1997, Vincent e Roberts 1979), pelo enterramento (Marks e Nwachuku 1986, Stoller e Wax 1974) ou depender do tempo e condições de embebição das sementes às escuras (Erasmus e Staden 1976, Gallagher e Cardina 1998, Smith 1975). Por exemplo, sementes de *Amaranthus albus* podem deixar de germinar às escuras após irradiação prolongada com luz incandescente, com essa inibição a ser reduzida com o aumento da permanência sem iluminação antes do tratamento luminoso (Taylorson 1991).

#### 5.1.4 Tamanho, forma, dispersão e predação

Além do número, germinação e crescimento, o tamanho (e forma) das sementes tem influência na sua dispersão e utilização como alimento, e portanto também na formação e constituição do banco de sementes do solo.

No estudo já citado de Leishman e Westoby (1994b) verificou-se a existência de uma correlação positiva entre o tamanho das sementes e a altura, hábito e modo de dispersão. Em geral, sementes com estruturas associadas a dispersão pelo vento, por adesão ou sem quaisquer estruturas eram menores que sementes dispersadas por mamíferos ou formigas, explicando-se a correlação entre a altura das plantas e o tamanho das sementes pelo facto de quanto mais baixa uma planta mais importante se tornar a redução de tamanho para uma efectiva dispersão pelo vento ou pela gravidade.

Curiosamente também nas plantas com sementes dispersas por adesão, mamíferos ou formigas se observava um aumento de tamanho com a altura. Conclusões semelhantes para a relação entre tamanho de sementes e altura da planta podem ser encontradas em Carey e Watkinson (1993) e Harper (1977).

Sugerindo como óptima uma movimentação entre um e dois diâmetros do copado da planta-mãe, Hughes *et al.* (1994) apresentam e discutem um modelo segundo o qual sementes menores que  $10^{-4}$  g não terão adaptações para dispersão, sementes maiores que 0.1 g tenderão a ser dispersas por vertebrados e sementes intermédias possuirão adaptações morfológicas para uma enorme variedade de vectores.

No entanto, o estudo de Guitián e Sánchez (1992) em vários tipos de comunidades da Península Ibérica revela que, com excepção das comunidades de periferias florestais, na maioria das sementes não eram evidentes mecanismos especiais de dispersão.

A dispersão de sementes é geralmente caracterizada em função dos vectores nela envolvidos. Como alternativa, Chambers e MacMahon (1994) consideram que os movimentos das sementes podem ser divididos em duas fases distintas, tanto no tempo como nos factores que as influenciam, distinguindo os movimentos das sementes desde a planta-mãe até ser atingida uma superfície (fase I) de todos os subsequentes movimentos horizontais e/ou verticais (fase II). Consideram ainda que, embora menos estudada, a fase II é provavelmente a que mais influencia os padrões de distribuição das plantas.

5.1.4.1 Fase I da dispersão. Apesar de aves poderem transportar sementes a mais de 4 km, ou vento durante tempestades arrastar sementes de *Senecio congestus* até 200 km, com estudos teóricos a concluírem que pelo menos 1% das sementes de *Taraxacum officinale* podem percorrer distâncias até 10 km, a maior parte das sementes de infestantes de zonas temperadas não são dispersas por aves e a maior parte da dispersão por vento (em particular durante tempestades) é essencialmente acidental (Pijl 1972).

Além disso, segundo Sarukhán (1980), mesmo quando estão presentes estruturas morfológicas associadas a anemocoria, as sementes movimentam-se poucas dezenas de metros, o que se deverá a estruturas associadas à dispersão anemocórica (ou outra) terem

um papel muito mais importante na redução da dispersão em relação à planta-mãe.

É o caso de sementes com aristas rígidas, como *Aristida vagans* e *Microlaena stipoides*, anemocóricas segundo Pijl (1972) mas com as aristas a terem funções de adesão a animais no género *Aristida*. No entanto, estudos realizados com aquelas duas espécies sugerem que as aristas possam ter como principal função a) orientar a queda da semente, aumentando a probabilidade de atingir o solo pela extremidade calosa, facilitando assim a penetração posterior ou a entrada em gretas e ranhuras do solo, ou b) fazer as sementes assumir uma posição vertical, favorecendo a germinação e/ou sobrevivência das plântulas (Peart 1981).

Assim, será de esperar uma predominância de sementes aristadas em solos que apresentem ranhuras ou rachas e uma predominância de sementes sem aristas em solos de superfície mais homogénea (Peart 1984, Peart e Clifford 1987).

Outro exemplo pode ser encontrado em Compostas produzindo aquénios com papilho, estudadas por Sheldon (1974), consideradas essencialmente anemocóricas (Pijl 1972) mas em que o papilho determina a posição de fixação do aquénio de tal forma que a zona mais eficiente na tomada de água para a germinação está em contacto com o substrato. Adicionalmente, a ancoragem imposta por outras características morfológicas dos aquénios, tais como os papilhos rígidos de *Leontodon autumnalis*, pode facilitar a penetração da radícula em solos compactados, ao permitir que aquela exerça o máximo de pressão.

Sendo considerada como a mais importante forma da fase I, a anemocoria poderá ser a menos eficiente dada a forma indiscriminada como se processa (Salisbury 1975), sendo vista como um processo muito pouco eficaz para a dispersão de sementes de infestantes em campos cultivados (Cavers e Benoit 1989).

De acordo com Cook (1980), a maior parte dos trabalhos em que a dispersão de sementes em relação à planta-mãe foi estudada sugerem que a maioria das sementes se movimenta pouco. Como exemplo, Carey e Watkinson (1993) verificaram que sementes de *Vulpia ciliata* (considerada anemocórica) e *V. fasciculata* se moviam em média entre 6 cm e 7 cm com um máximo de 40 cm aumentando a distância média de *V. ciliata* para 19 cm com a passagem de seres humanos.

Distâncias maiores foram encontradas em *Carduus nutans* ssp. *nutans* com 78% dos aquénios com papilho a menos de 1.2 m e só 3% a mais de 2.4 m (Popay e Medd 1990) ou resultam de dispersão por formigas, tipicamente 1-2 m sem ultrapassar em regra 5 m (Hughes *et al.* 1994) embora Heithaus (1986) não tenha observado transportes superiores a 0.94 m. Em geral são de esperar distribuições de abundância de sementes em função da distância da planta-mãe do tipo exponencial decrescente, leptocúrtica e/ou assimétrica com cauda à direita (Carey e Watkinson 1993, Chambers e MacMahon 1994, Feldman e Lewis 1990, Harper 1961, Howe e Smallwood 1982).

5.1.4.2 Fase II da dispersão por meios abióticos. A movimentação de sementes na fase II, quer seja por meios bióticos quer por meios abióticos pode ser essencialmente horizontal (movimentos à superfície do solo) ou vertical (movimentos descendentes ou ascendentes).

A movimentação horizontal de sementes depende quer das suas características morfológicas quer da rugosidade da superfície do solo ou presença de vegetação. Sementes mucilaginosas e relativamente pequenas de *Plantago lanceolata* ( $1.100 \text{ mm}^3$  a  $5.448 \text{ mm}^3$ ) praticamente não se moviam qualquer que fosse a rugosidade do solo enquanto que as sementes muito maiores de *Arrhenaterum elatius* ( $6.715 \text{ mm}^3$  a  $7.186 \text{ mm}^3$ ) só não se moviam em solos extremamente rugosos (Harper 1977). Sementes com papilho de *Carduus acanthoides* podem ser encontradas até pelo menos 8 m da planta-mãe, embora a maioria não se movimente mais de um metro; no entanto, barreiras de altura não superior a 10 cm evitam completamente a movimentação de sementes, sendo sugerido que a presença de vegetação possa ter o mesmo efeito (Feldman e Lewis 1990).

Segundo Chambers *et al.* (1991), o aumento do tamanho das partículas de solo aumenta a probabilidade de retenção de sementes até um valor óptimo, acima do qual a sua retenção não é afectada ou diminui. O tamanho óptimo parece estar relacionado com o comprimento das sementes sem apêndices, de tal forma que sementes pequenas são retidas preferencialmente por solos de partículas pequenas e sementes grandes por solos de partículas grandes.

Usando sementes aladas e relativamente grandes de quatro espécies arbóreas, Johnson e Fryer (1992) estudaram a influência da rugosidade da superfície na movimentação de sementes pelo vento. Sementes menores eram movidas mais frequentemente que sementes grandes, mantendo-se estacionárias por mais tempo em superfícies mais rugosas, dependendo desse tempo da orientação das próprias sementes. Em superfícies pouco rugosas (partículas menores que  $750 \mu\text{m}$ ) todas as sementes eram movidas antes de terem tido tempo de germinar, enquanto superfícies rugosas (partículas até 2 mm) aumentavam substancialmente a probabilidade de não serem movidas tempo suficiente para germinarem.

O enterramento de sementes depende de um grande número de factores, incluindo a textura, estrutura e compressão do solo, tamanho, morfologia e longevidade das sementes, actividade animal, bem como condições relacionadas com a longevidade como sejam frio, pH, ou a própria profundidade a que as sementes estejam num determinado momento (Parker *et al.* 1989).

As sementes podem deslocar-se verticalmente nas cavidades deixadas por raízes em decomposição ou por gretas [que em solos secos podem atingir 1 m de profundidade (Garwood 1989)] provocadas por ciclos de secura-humidificação do solo, podendo esperar-se que a maior parte das sementes deslocadas para maiores profundidades só germinem após movimentações ascendentes, pouco prováveis a não ser em contextos agrícolas (Harper 1977).

Em geral, o enterramento parece depender do tamanho e forma das sementes. De acordo com Thompson *et al.* (1993), sementes pequenas e mais ou menos isodiamétricas serão facilmente incorporadas e sementes grandes, achatadas ou atenuadas só raramente; para Grime (1979) e Thompson e Grime (1979) sementes pequenas serão mais facilmente

transportadas por água através de pequenas fendas ou fissuras existentes no solo do que sementes grandes. Sendo espacialmente heterogêneos, os processos de movimentação vertical de sementes resultarão certamente em perfis de distribuição vertical de sementes extremamente variáveis mesmo a distâncias muito pequenas (Garwood 1989).

As dimensões de partículas de solo não influenciam só as movimentações horizontais de sementes. De facto, ao aumento do tamanho das partículas do solo está associado o aumento da profundidade a que as sementes são retidas, com o tamanho óptimo de partículas de solo para retenção de sementes a ser igualmente eficaz para impedir deslocamentos horizontais ou verticais. No entanto, e mesmo que o tamanho das partículas de solo facilite a movimentação vertical das sementes, outras características das sementes podem, tal como na movimentação horizontal, impedir o enterramento. Assim, sementes grandes com aristas ou pelos higroscópicos ou mucilaginosos terão uma movimentação análoga a sementes mais pequenas (Chambers *et al.* 1991).

5.1.4.3 Predação e fase II da dispersão por meios bióticos. Como regra geral quanto maiores forem as sementes mais sujeitas estão a predação (Reader 1993). A raridade de sementes grandes em bancos de sementes de florestas poderá resultar da predação (Pickett e McDonnell 1989), observando-se diferenças na predação de sementes consoante as culturas (Andersson 1998).

Norris (1992) sugeriu que a mais importante forma de controlo de infestantes era endémica e resultava da predação de sementes. Descontando o possível exagero, ela é certamente um dos aspectos importantes a ter em conta na dinâmica do banco de sementes, justificando-se por isso algum detalhe na sua consideração.

A predação por insectos poderá ter efeitos muito complexos pela grande variedade de processos que influencia, incluindo pressão para algum afastamento em relação à planta-mãe quando insectos altamente especializados estão envolvidos (Louda 1989). Parecem ter preferência por sementes pequenas (menores que 1 mg), embora sementes muito pequenas possam ser importantes fontes alimentares desde que suficientemente abundantes.

De referir a diferença de capacidade predatória dos animais, com roedores a serem capazes de utilizar sementes enterradas, enquanto formigas e escaravelhos se encontram limitados às sementes superficiais. Daí que sementes grandes não fiquem a salvo de roedores mesmo após enterramento mas sementes pequenas, menos preferidas por roedores, podem escapar à predação por mamíferos devido ao tamanho e à predação por formigas e escaravelhos desde que consigam enterrar-se (Thompson 1987).

Estudando a predação por roedores e invertebrados, Hulme (1994) concluiu que só os primeiros eram efectivos, sendo reduzida ou nula a importância de diferentes estações do ano ou habitats, mas não a de diferenças intra-habitats. A acção dos roedores consistia essencialmente na retirada de sementes do banco, já que as sementes eram ingeridas no local, diminuindo o seu efeito com o enterramento. Esta redução da predação já se fazia sentir a 1 cm de profundidade e as sementes eram tanto menos consumidas a essa profundidade

quanto menores fossem, podendo admitir-se que o enterramento poderá constituir por si só uma forma eficaz de sementes pequenas escaparem à predação. A redução da densidade de sementes reduzia igualmente a predação, de forma mais importante em sementes pequenas que em grandes, considerando o autor que a dispersão, se conjugada com enterramento, poderá constituir uma forma eficaz de sementes grandes escaparem à predação por roedores.

Mamíferos e aves preferem sementes grandes, embora a quantificação do efeito do tamanho implique a consideração da abundância de sementes, sua qualidade nutricional e identidade do predador. Apesar disso, e de acordo com os resultados de diversos autores referidos por Thompson (1987), poder-se-á estabelecer o limite inferior de predação por vertebrados entre 2 e 3 mg, menor se as sementes estiverem agregadas.

Relativamente à dispersão por mamíferos talvez o aspecto mais importante seja a concentração das sementes associada à dispersão. Esta concentração de sementes pode atingir níveis extraordinários, como seja o caso de vacas para as quais foram registados consumos diários de 89,000 sementes de *Plantago* spp. e 564,000 sementes supomos que de *Matricaria perforata*, das quais 85,500 e 198,000 surgiam nos dejectos com capacidades germinativas da ordem dos 58% e 27 % respectivamente (Hansen 1911; nome do género e da espécie baseados em Williams 1982).

Sementes pequenas são mais facilmente enterradas por animais que sementes grandes (Thompson e Grime 1979), com roedores a enterrarem sementes até 8 cm de profundidade, escaravelhos até 12 cm (Garwood 1989) e formigas excepcionalmente até 20 cm, embora em geral não ultrapassem os 8 cm (Hughes *et al.* 1994).

Num estudo envolvendo 335 espécies ocorrendo em oito locais (metade férteis, metade não férteis), Westoby *et al.* (1990) observaram uma predominância de espécies adaptadas a dispersão por formigas possuindo sementes pequenas ou altura das plantas inferior a 2 metros nos locais não férteis e uma predominância de espécies adaptadas a dispersão por vertebrados nos locais férteis.

As formigas parecem ser extremamente selectivas em relação às sementes que utilizam (Harper 1977). Uma vez de posse das sementes, recorrem a uma diversidade de processos para impedir a sua germinação, incluindo a produção de herbicidas, transporte de sementes húmidas para a superfície onde são deixadas ao sol e de novo transportadas para os formigueiros ou, caso haja germinação, destruição da radícula (Richards e Davies 1977). No entanto, caso as sementes germinem nos formigueiros, em geral as formigas transportam as plântulas para a periferia da zona desprovida de vegetação que frequentemente rodeia a entrada para os formigueiros.

Apesar disso o impacto das formigas faz-se sentir sobretudo na eliminação de sementes, sendo extraordinariamente reduzido na dispersão (Harper 1977). No entanto, sementes com elaiossomas (para uma descrição do papel de elaiossomas na dispersão de sementes por formigas ver Pijl 1972) não são completamente metabolizadas, com as formigas ou larvas a utilizarem unicamente os lípidos (Harper 1977, Heithaus 1986, Pijl 1972, Skidmore e

Heithaus 1988), daí resultando a dispersão (e concentração) das sementes. O consumo de elaiossomas pode também adiar a predação das sementes por roedores (Heithaus 1981) e, nalgumas espécies, reduzir de forma crucial a predação dessas sementes por vertebrados devido ao seu enterramento (Parker e Kelly 1989).

Tal como em relação às formigas, também nas aves (e eventualmente em mamíferos) haverá que distinguir entre frugíferos que não metabolizam as sementes e granívoros. No caso dos frugíferos a diminuição da eficiência de alimentação provocada pela ingestão de sementes não digeríveis pode implicar dois tipos de comportamentos. O primeiro, com fraca ou nula dispersão, envolve frutos com sementes grandes em que a ave separa as sementes da porção digerível do fruto antes de o ingerir ou regurgita-as imediatamente após. O segundo, envolve frutos com sementes pequenas ou sementes grandes não separáveis da porção digerível, diferentes velocidades de trânsito intestinal, com menor dispersão nas sementes grandes (Levey e Grajal 1991) ou ainda menor redução da viabilidade em sementes pequenas (Powers *et al.* 1978).

Finalmente, e com mais detalhe, o papel das minhocas na movimentação e eliminação de sementes. McRill e Sagar (1973) forneceram sementes de 14 espécies herbáceas a *Lumbricus terrestris* e registaram a quantidade de sementes ingeridas e presentes nas excreções. Os resultados evidenciam importantes diferenças entre espécies tanto na ingestão, de 0% em cevada a 60% em *Poa annua*, como na sua recuperação nas excreções, de 0% em *Agrostis tenuis* a 80% em *Dactylis glomerata*.

As minhocas ingerem preferencialmente partículas pequenas. Estando o seu tamanho relacionado com o das minhocas (Lee 1985), é admissível que a selectividade revelada por *L. terrestris* possa ser explicada por diferenças de tamanho das sementes fornecidas. Para investigar essa hipótese procurámos obter dimensões das 14 espécies estudadas por McRill e Sagar (1973) o que só não foi possível para *Digitalis purpurea*. A cevada cv. 'Deba abed' usada pelos autores corresponde a *Hordeum vulgare* (S. Ceccarelli, comunicação pessoal).

Comparando a gama de volumes ou comprimentos das espécies em McRill e Sagar (1973) para as quais dispomos de estimativas com a gama de volumes ou comprimentos das espécies listadas em Anexo, verifica-se que sementes muito pequenas (menores que 0.188 mm<sup>3</sup>) estão ausentes em McRill e Sagar (1973). A partir da percentagem de sementes ingeridas e da percentagem de sementes presentes nas excreções calculámos a percentagem de sementes transferidas, apresentando-se na figura 5.5 a variação da percentagem de sementes ingeridas e transferidas por *L. terrestris* em função das dimensões das sementes.

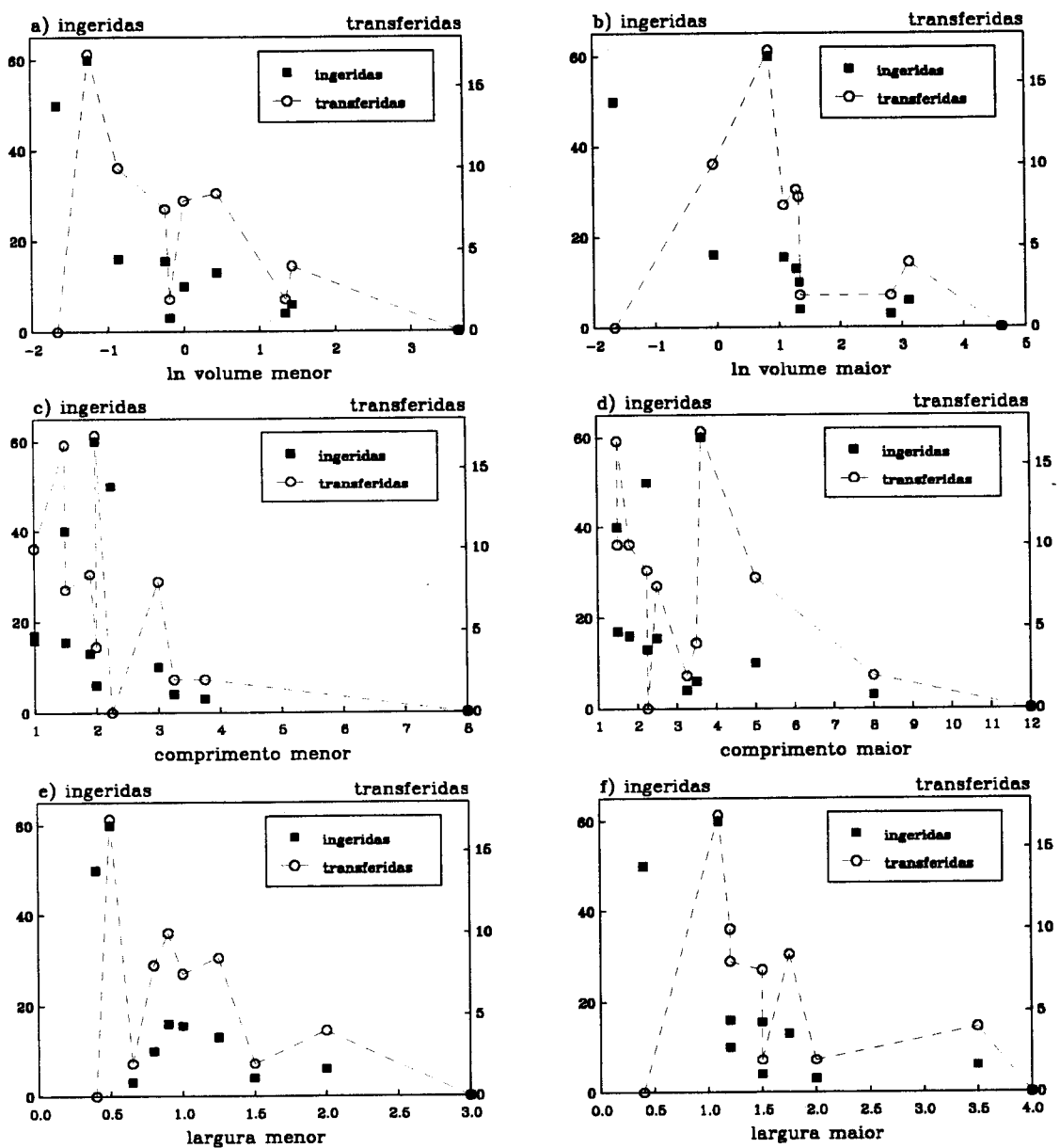
Quando se considera o volume, quer o menor quer o maior (figura 5.5a e 5.5b), observa-se uma clara tendência para a diminuição da ingestão com o aumento do volume das sementes até que em sementes muito grandes (cevada, 37.699 mm<sup>3</sup> a 100.531 mm<sup>3</sup>) a ingestão foi nula. Embora com oscilações, observa-se igualmente uma clara tendência para a diminuição da percentagem de sementes transferidas com o aumento do volume. Esta tendência parece ser fortemente descontínua, sugerindo a existência de volumes até aos



quais é relativamente alta, com uma quebra muito brusca da percentagem de transferência quando esses limites são ultrapassados.

Nas sementes ingeridas e sobretudo nas transferidas não parece estar em jogo unicamente o tamanho. *Agrostis tenuis*, a espécie com menores sementes ( $0.188 \text{ mm}^3$ ) e a segunda mais ingerida, tem uma transferência nula enquanto *Poa annua* ( $0.288 \text{ mm}^3$  a  $2.312 \text{ mm}^3$ ), a espécie mais ingerida e a mais transferida, tem uma percentagem relativamente baixa de sementes excretadas (28.3%).

Considerando sementes maiores, *Trifolium incarnatum*, *Dactylis glomerata* e *Festuca pratensis* têm tamanhos muito próximos ( $3.608 \text{ mm}^3$  a  $3.829 \text{ mm}^3$ ) com a ingestão das duas primeiras espécies muito maior (13% e 10%) que a da última (4%), o mesmo ocorrendo nas transferidas, 8% nas duas primeira e 2% na última.



**Figura 5.5** Percentagem de sementes ingeridas e transferidas por *Lumbricus terrestris* em função do ln do a) volume menor, b) volume maior, em  $\text{mm}^3$ , c) comprimento menor, d) comprimento maior, e) largura menor e f) largura maior, em mm. Para as fontes ver McRill e Sagar (1973) e Anexo.

Considerando a relação entre ingestão ou transferência com o comprimento das sementes (figura 5.5c e 5.5d) observam-se fortes oscilações na percentagem de ingeridas embora com tendência para uma diminuição da ingestão com o aumento do comprimento. Na percentagem de transferidas há igualmente fortes oscilações, mais acentuadas no comprimento maior, sugerindo que a eventual selecção de sementes por *L. terrestris* não depende essencialmente do comprimento das sementes, situação compreensível se admitirmos que, dentro de certos limites, uma semente poderá ser sempre ingerida desde que seja pouco larga.

Por esse motivo, examinámos a relação entre ingestão ou transferência e a largura das sementes (figura 5.5e e 5.5f) que nas linhas gerais reproduz a situação descrita para o volume, sustentando de alguma forma a hipótese de ser a largura mais importante que o comprimento na selecção de sementes por *L. terrestris*. Em todo o caso, sementes com os mesmos comprimentos ou larguras são mais ingeridas e geralmente mais transferidas quanto menor for o seu volume.

Em conclusão, os resultados obtidos por McRill e Sagar (1973) quando relacionados com o volume das sementes sugerem que *L. terrestris* terá pouco efeito na movimentação de sementes grandes dada a pequena percentagem de transferidas. Razões para este facto incluirão a menor ingestão e maior utilização das ingeridas como alimento e portanto o efeito principal de *L. terrestris* em sementes grandes será reduzir o seu número.

Em contrapartida e apesar do que acontece com *A. tenuis*, *L. terrestris* poderá ter um impacto importante na movimentação de sementes pequenas. Sementes pequenas serão muito mais ingeridas e muito menos utilizadas, do que resultará a sua transferência para maiores profundidades visto *L. terrestris* ser uma espécie que se alimenta à superfície vivendo a maior parte do tempo e depositando as excreções a profundidades que podem ir até três metros (Jensen 1974, Lee 1985, Lofty 1974). Sendo sementes pequenas pode admitir-se que dessa transferência resulte a) essencialmente o reforço de um banco de sementes permanente, capazes de rápida germinação desde que trazidas de novo à superfície a avaliar pelo efeito positivo registado por McRill e Sagar (1973) da passagem de sementes pelo tracto intestinal de *L. terrestris* na capacidade de germinação ou b) na prática, a sua eliminação do banco de sementes desde que não ocorram movimentos ascendentes.

O estudo que examinámos envolvia uma espécie de minhoca que excreta em profundidade. Thompson *et al.* (1994) apresentaram os resultados de um estudo em que o banco de sementes, avaliado pela emergência de plântulas era comparado com a frequência de sementes em excreções recolhidas numa área adjacente à primeira. Na área estudada só eram frequentes *Aporrectodea longa*, considerada excretora superficial, e *Lumbricus castaneus*, considerada não produtora de depósitos de excreção.

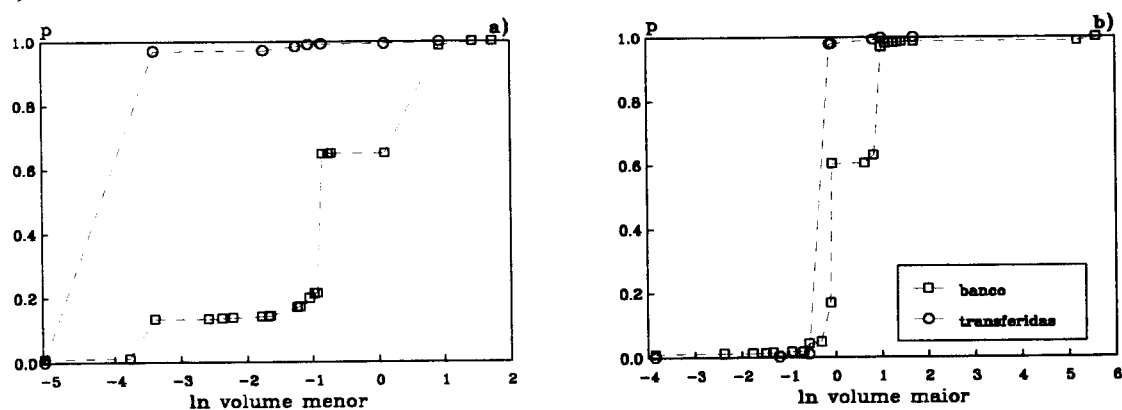
No banco de sementes foram identificadas 27 espécies com um total de 4122 sementes e, nas excreções, 12 espécies com um total de 819 sementes. Além de *Epilobium* spp. e *Sonchus* spp. havia 7 espécies comuns e só *Matricaria discoidea* estava presente nas

excreções e ausente no banco. As espécies sobre-representadas no banco de sementes eram *Trifolium repens*, *Coronopus didymus* e *Cerastium fontanum* e nas excreções *C. fontanum* e *Epilobium* spp.. Segundo os autores, a movimentação dependeria fortemente do tamanho das sementes, com 80% das sementes do banco pesando entre 0.3 mg e 1 mg e praticamente todas as sementes encontradas nas excreções pesando menos de 0.3 mg.

A consideração do peso para caracterizar o tamanho de sementes não é certamente a mais adequada quando se trata de ingestão/movimentação por minhocas. Seriam preferíveis ou dimensões lineares, de preferência a largura ou, como também vimos a propósito de McRill e Sagar (1973) o volume, que será o único que iremos considerar.

Das 27 espécies presentes no banco, obtivemos valores de volume para 21 representando 95% do total de sementes; das 6 restantes *Epilobium* spp. e *Sonchus* spp. correspondiam de facto a um número indeterminado de espécies. Das 12 espécies presentes nas excreções obtivemos volumes para 8 representando 88% do total de sementes; as espécies restantes correspondiam de facto a um número indeterminado (*Epilobium* spp., *Rumex* spp., *Sonchus* spp. e *Betula* spp.) e incluíam a segunda 'espécie' mais abundante nas excreções. Comparando a gama de valores de volume das espécies estudadas por Thompson *et al.* (1994) para as quais dispomos de estimativas com as espécies do Anexo, verifica-se que as referidas por Thompson *et al.* (1994) representam desde sementes muito pequenas ( $6.283 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ) a muito grandes ( $268.083 \text{ mm}^3$ ).

Na figura 5.6 apresentamos a frequência relativa acumulada do número de sementes em função dos volumes.

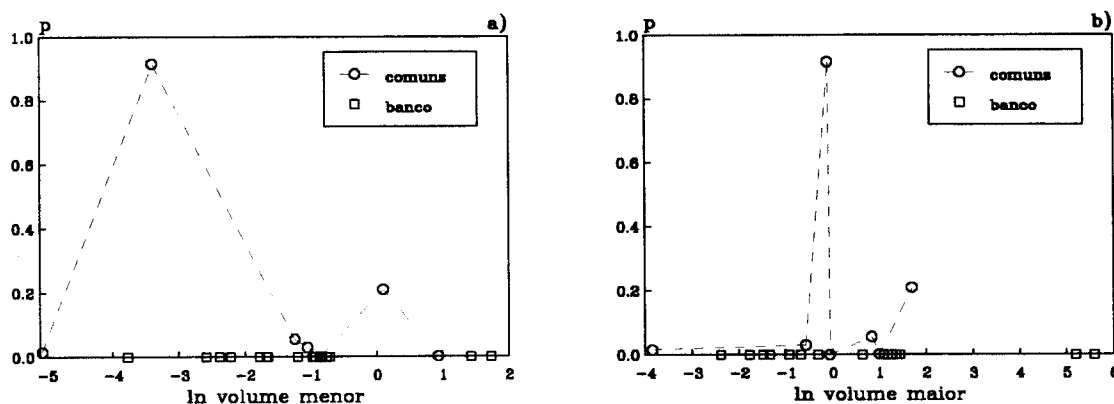


**Figura 5.6** Frequência relativa acumulada em proporção ( $p$ ) de espécies presentes no banco e nas excreções em função do  $\ln$  do a) volume menor, b) volume maior, em  $\text{mm}^3$ . Significado dos símbolos em a) igual ao de b). Para as fontes ver Thompson *et al.* (1994) e Anexo.

Do seu exame tornam-se evidentes as diferenças de distribuição do número de sementes em função do volume, sobretudo quando se considera o volume menor, com predominância de sementes menores nas excreções. Das sementes do banco 99% tinham volumes menores superiores a  $3.351 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$  enquanto 97% das sementes nas excreções eram menores. Nos volumes maiores, 97% das sementes do banco eram maiores que  $0.503 \text{ mm}^3$  e a mesma percentagem nas excreções menores que  $0.905 \text{ mm}^3$ .

Na figura 5.7 apresenta-se a proporção de sementes nas excreções em relação ao banco, em função do volume a partir do número de sementes por  $\text{cm}^2$ . Só *M. discoidea* não foi considerada já que só foi detectada nas excreções (uma semente).

Praticamente todas as sementes de *C. fontanum* registadas no banco de sementes ocorriam nas excreções. As sementes mais abundantes no banco eram, por ordem crescente de volume, *C. fontanum* ( $3.351 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$  a  $0.905 \text{ mm}^3$ ), *T. repens* ( $0.424 \text{ mm}^3$  a  $0.942 \text{ mm}^3$ ) e *C. didymus* ( $2.547 \text{ mm}^3$  a  $2.724 \text{ mm}^3$ ), representando nas excreções 92%, 0.04% e 0.02% do banco, o que sugere que o volume das sementes, sobretudo o menor, é importante na sua movimentação por minhocas.



**Figura 5.7** Proporção ( $p$ ) da densidade de espécies nas excreções em relação à densidade de espécies no banco para as espécies comuns e para as exclusivas do banco em função do  $\ln$  do a) volume menor, b) volume maior, em  $\text{mm}^3$ . Para as fontes ver Thompson *et al.* (1994) e Anexo.

Tendo em conta que das duas espécies de minhocas consideradas importantes, só *A. longa* produz depósitos de excreções, é admissível que a movimentação de sementes avaliada pela sua presença nas excreções seja total ou quase totalmente devida a esta espécie.

Lee (1985) citando diversos autores considera *A. longa* como uma espécie que se alimenta na superfície do solo ou sub-superficialmente, pelo que a movimentação de *C. fontanum* por esta espécie será essencialmente horizontal ou, se ascendente movimentará sementes de pequenas profundidades para a superfície.

A preferência de *A. longa* por *C. fontanum* sugere a Thompson *et al.* (1994) que ou as minhocas ingerem todo o solo contendo sementes ou são selectivas em relação a *C. fontanum*. Não aceitando os autores do trabalho qualquer destas hipóteses como realistas sugerem que eventuais diferenças de capacidade de germinação entre as sementes do solo e das excreções deverão ser consideradas.

Parece-nos, no entanto, poder encarar-se uma explicação alternativa. *A. longa* ingere sobretudo sementes pequenas por ingerir essencialmente partículas pequenas, mas para o fazer tem que entrar em contacto com elas. Esse contacto dependerá essencialmente da abundância dessas sementes o que poderá explicar o facto de espécies com sementes menores que as de *C. fontanum* estarem ausentes das excreções já que a sua densidade no banco de sementes é muito baixa. Se assim for, o principal efeito de *A. longa* no banco de

sementes poderá consistir na redistribuição de sementes pequenas. Destas, as espécies mais afectadas por essa movimentação seriam as mais abundantes (neste caso *C. fontanum*), que passavam a concentrar-se num número relativamente reduzido de locais. Tendo em conta a distribuição fortemente agrupada destes locais será de esperar distribuições igualmente mais agregadas em sementes pequenas que em grandes.

#### 5.1.5 Tamanho, forma e banco de sementes

Do que vimos, é de esperar que bancos permanentes de sementes tendam a predominar em situações de imprevisibilidade ambiental elevada e a serem geralmente constituídos por sementes pequenas.

A maior persistência de sementes pequenas, avaliada pela taxa de sobrevivência, foi confirmada na situação pouco habitual de dez anos de enterramento provocado por actividade vulcânica, sendo atribuída a viabilidade à resposta diferencial de sementes grandes e pequenas à ausência de luz e à estabilidade da temperatura (Tsuyuzaki 1991).

Sarukhán (1974) investigou estratégias reprodutoras e dinâmica de populações de sementes em três espécies taxonomicamente próximas, *Ranunculus bulbosus*, *R. acris* e *R. repens*, concluindo pela semelhança entre as duas primeiras (elevada produção de sementes, reprodução quase totalmente por sementes, rápida germinação e elevada perda de viabilidade das sementes não germinadas) e a sua diferença em relação a *R. repens* (pequena produção de sementes, importante reprodução vegetativa, reduzida germinação e reduzida perda de viabilidade).

No entanto, só dificilmente se consegue estabelecer uma relação entre o tamanho das sementes e a caracterização feita acima. De facto *R. acris* (4.608 mm<sup>3</sup> a 11.680 mm<sup>3</sup>) surge como a espécie de menores sementes (*R. repens* entre 5.655 mm<sup>3</sup> e 179.594 mm<sup>3</sup>, *R. bulbosus* entre 8.310 mm<sup>3</sup> e 14.368 mm<sup>3</sup>) o que de alguma forma contradiz a idéia de sementes pequenas terem sempre maior persistência no solo. Dúvidas semelhantes surgem quando se considera o peso e não o volume das sementes (Cook 1980).

Baseada em grande parte nas dimensões das sementes, Thompson e Grime (1979) propuseram uma classificação dos bancos de sementes definindo quatro tipos.

O tipo I, constituído por espécies com bancos temporários de sementes (frequentemente gramíneas), presentes durante o Verão, com sementes grandes e/ou alongadas dificilmente enterráveis, sem pós-maturação ou dormência apreciáveis, germinando à luz ou ao escuro e numa ampla gama de temperaturas incluindo baixas temperaturas. As sementes são libertadas no fim da Primavera, início do Verão, estão presentes no solo durante a estação seca e germinam de forma mais ou menos simultânea no Outono.

O tipo II, formado por espécies com bancos transitórios de sementes presentes durante o Inverno, característico de regiões com neve durante o Inverno, partilha com o tipo I a maioria das características, incluindo a dimensão e o não enterramento.

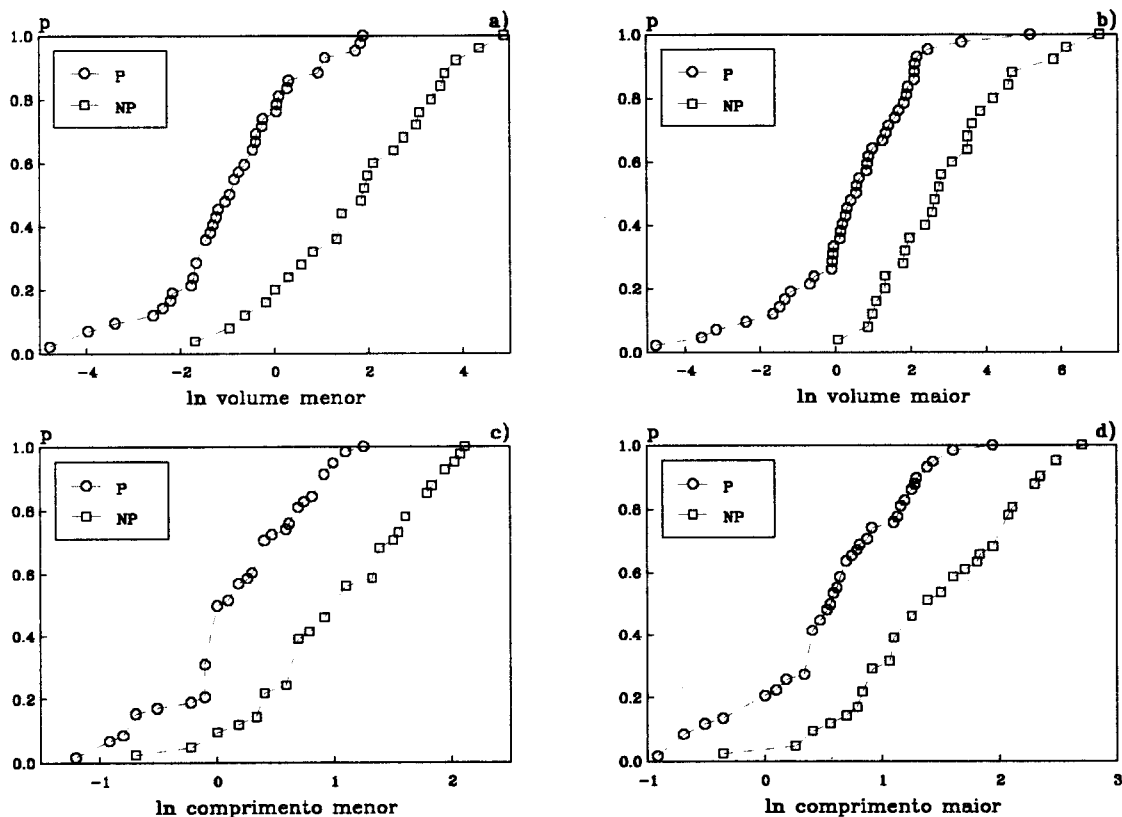
Finalmente os tipos III e IV, respeitantes a espécies com bancos persistentes de sementes,

caracterizados por sementes pequenas ou muito pequenas (ou se grandes com dormência inata), geralmente sem germinação às escuras e com apertados requisitos de temperatura para germinarem, frequentemente com inibição a temperaturas baixas.

Apesar das características comuns, os tipos III e IV distinguem-se pelo facto de boa parte das sementes do tipo III germinarem na primeira oportunidade favorável e só um pequeno número ficar incorporado na fracção persistente do banco de sementes, comportando-se em grande parte como as do tipo I, enquanto a maioria das do tipo IV contribuem de facto para a fracção persistente do banco de sementes.

Para verificar a relação entre o tamanho das sementes e a sua persistência procurámos obter dimensões lineares de sementes das espécies consideradas por Hendry *et al.* (1994), Thompson e Grime (1979) e Thompson *et al.* (1993) excluindo aquelas cuja persistência não tivesse sido estabelecida. Das 102 espécies em que tal foi possível só considerámos 99 por não haver acordo quanto à persistência de *Anthoxanthum odoratum*, *Galium palustre* e *Leontodon hispidus* (uma listagem envolvendo um número muitíssimo superior de espécies foi recentemente publicada por Thompson *et al.* 1997).

Na figura 5.8 apresenta-se a variação da proporção acumulada de espécies com bancos de sementes persistentes e não persistentes em função do tamanho.



**Figura 5.8** Frequência relativa acumulada em proporção ( $p$ ) de espécies com bancos de sementes persistentes ( $P$ ) e não persistentes ( $NP$ ) em função do  $\ln$  do a) volume menor, b) volume maior, em  $\text{mm}^3$ , c) comprimento menor e d) comprimento maior, em  $\text{mm}$ . Para as fontes ver Hendry *et al.* (1994), Thompson e Grime (1979), Thompson *et al.* (1993) e Anexo.

A sua observação torna claro que sementes persistentes tendem a ser menores, apesar da

elevada sobreposição entre as curvas, mais clara quando se considera o volume menor, com praticamente metade das semente não persistentes a serem maiores que as maiores sementes persistentes.

Além da dimensão, também a forma parece influenciar a persistência das sementes no solo, com sementes/frutos pequenos e tendencialmente isodiamétricos a persistirem no solo mais tempo que sementes/frutos grandes qualquer que seja a forma ou que sementes/frutos pequenos desde que claramente anisodiamétricas (Thompson 1987, Thompson *et al.* 1993).

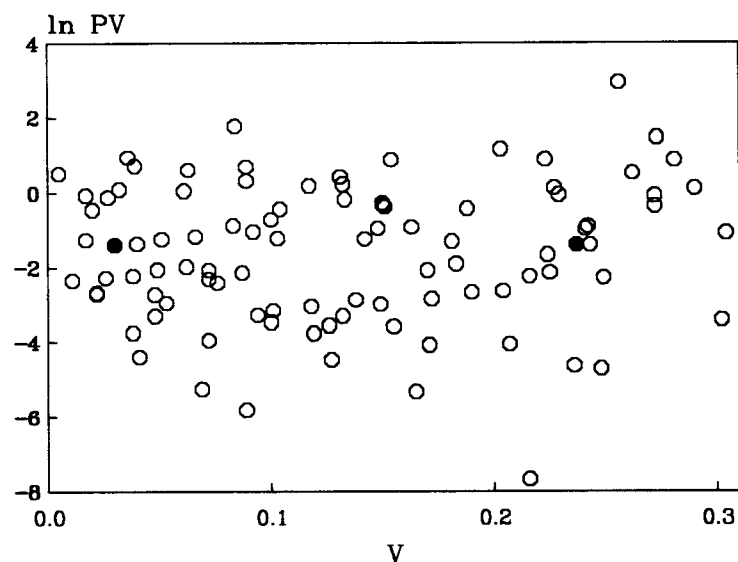
Num estudo sobre a relação entre o tamanho, forma, distribuição vertical e longevidade de sementes, Bekker *et al.* (1998) concluíram que sementes grandes e/ ou anisodiamétricas se localizavam em profundidades mais superficiais e que com o aumento de profundidade diminuía a sua longevidade.

Da combinação de ambas poderá logicamente concluir-se que sementes grandes e/ou anisodiamétricas terão maior longevidade.

Razões para esta estranha conclusão poderão ter a ver com a combinação num único valor do tamanho e a forma das sementes, multiplicando a massa das sementes pelo desvio padrão do comprimento, largura e espessura das sementes normadas ao comprimento.

De facto, os riscos desta opção são evidentes; desde logo, o índice, a que chamaremos  $PV$ , reflectir essencialmente o tamanho e só de forma reduzida ser sensível à forma, resultado inevitável da massa estar compreendida entre 0.01 mg e 107 mg e o desvio padrão entre 0.05 e 0.421, tendendo a tornar-se independente da forma mesmo que a massa e a forma fossem centradas e reduzidas.

Para ilustrar este risco apresentamos na figura 5.9 a variação do  $\ln$  daquele índice com a variância das dimensões lineares das sementes usando dados de Thompson *et al.* (1993).



**Figura 5.9**  $\ln$  do produto da massa pelo desvio padrão das dimensões das sementes ( $PV$ ) em função da variância das dimensões das sementes ( $V$ ). Para as fontes ver Thompson *et al.* (1993).

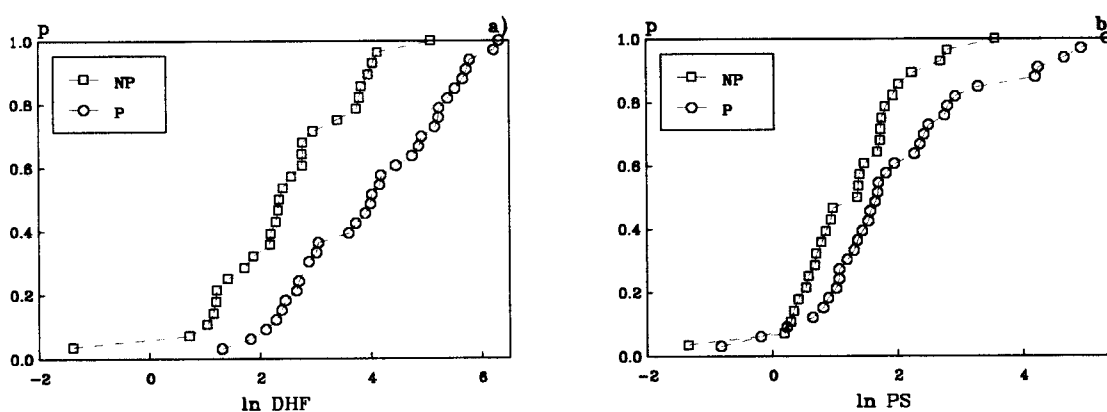
No entanto, em sementes isodiamétricas  $PV$  é independente do tamanho já que, qualquer que seja o tamanho das sementes a variância será nula e  $PV=0$ .

Finalmente, mesmo para diferentes tamanhos e formas, são concebíveis combinações de ambas que resultem em valores de *PV* idênticos ou quase; não só são concebíveis como, usando os resultados de Thompson *et al.* (1993) ocorrem por exemplo em *Festuca ovina* e *Stachys sylvatica* (a cheio na figura 5.9), respectivamente com uma massa de 0.237 mg e 0.030 mg, uma variância de 0.511 e 1.430, mas um índice *PV* de 0.249 e 0.248, não obstante as sementes da primeira serem consideradas temporárias e as da segunda persistentes.

Referimos no início deste capítulo, que encarávamos o tamanho e a forma como caixas negras, ou de preferência opacas, capazes de "absorver" e explicar estatisticamente uma variedade de processos, sem que se conheçam os mecanismos subjacentes.

Para averiguar o interesse desta abordagem, iremos examinar uma situação em que pelo menos parte dos mecanismos subjacentes são conhecidos tendo em consideração o tamanho das sementes. Assim, iremos considerar a relação entre o tamanho, a persistência e a concentração de proteína solúvel e *orto*-dihidroxifenóis, dada a importância que os segundos poderão ter na redução da taxa de decomposição microbiana e a correlação positiva entre a sua concentração e o valor nutricional das sementes avaliado pela concentração de proteína solúvel (Hendry *et al.* 1994).

Na figura 5.10 apresenta-se a relação entre a frequência relativa acumulada de espécies consideradas persistentes e não persistentes e a concentração de *orto*-dihidroxifenóis e de proteína solúvel.



**Figura 5.10** Frequência relativa acumulada em proporção (*p*) de espécies com bancos de sementes não persistentes (*NP*) e persistentes (*P*) em função do  $\ln$  da concentração de a) *orto*-dihidroxifenóis (*DHF*) em  $\text{mmol.g}^{-1}$  e b) proteínas solúveis (*PS*) em  $\text{mg.g}^{-1}$ . Para as fontes ver Hendry *et al.* (1994) e Anexo.

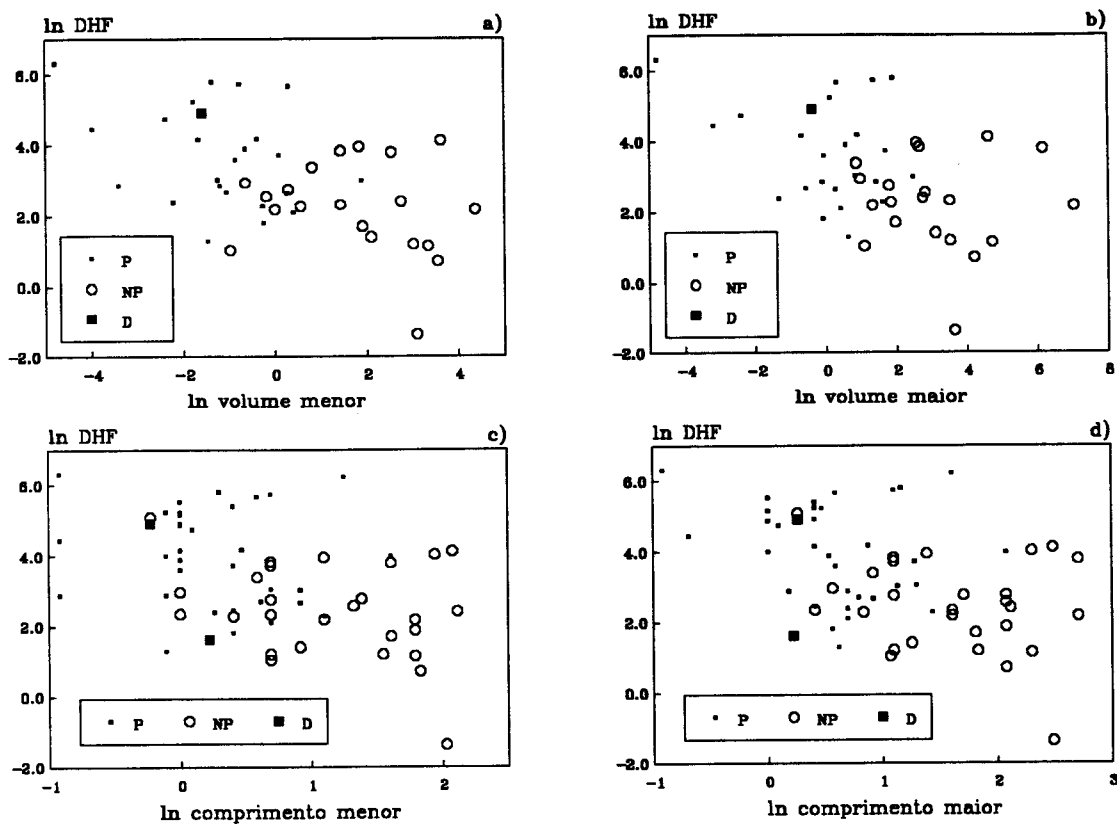
Apesar das sobreposições, a posição relativa das curvas evidencia claramente a ocorrência de maiores concentrações de *orto*-dihidroxifenóis, em sementes formando bancos persistentes, como seria de esperar em virtude da protecção contra micróbios fornecida por aqueles metabolitos secundários.

Observam-se igualmente maiores concentrações de proteína solúvel, e portanto valores nutricionais superiores, em sementes de bancos persistentes, situação compreensível tendo em consideração as concentrações de *orto*-dihidroxifenóis.

Importava agora verificar qual o tipo de relação entre o tamanho das sementes e a



concentração de *orto*-dihidroxifenóis, apresentada graficamente na figura 5.11.



**Figura 5.11** Variação do  $\ln$  da concentração de *orto*-dihidroxifenóis (*DHF*) em  $\text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}$  de espécies com bancos de sementes persistentes (*P*), não persistentes (*NP*) e de persistência desconhecida (*D*) em função do  $\ln$  do a) volume menor, b) volume maior, em  $\text{mm}^3$ , c) comprimento menor e d) comprimento maior, em mm. Para as fontes ver Hendry *et al.* (1994) e Anexo.

De acordo com a figura 5.11 parece haver uma relação geométrica entre a concentração de *orto*-dihidroxifenóis e o tamanho, mais evidente quando se considera o volume e sobretudo o volume menor, com uma clara separação entre sementes persistentes e não persistentes.

Em resumo, espécies com bancos de sementes persistentes tenderão a ter sementes menores, com maiores concentrações de proteínas solúveis e simultaneamente teores mais elevados de metabolitos como *orto*-dihidroxifenóis capazes de as proteger de decomposição microbiana.

## 5.2 DEFINIÇÃO DO TAMANHO DE UMA SEMENTE

Apesar de intuitivamente o significado "tamanho de sementes" ser de fácil compreensão, mais tarde ou mais cedo acabam por surgir duas questões: a) como exprimir o tamanho e b) quando é que uma semente é pequena e quando é grande.

Heydecker (1972) considera que o peso e a densidade são características mais relevantes que o volume para a avaliação do vigor das sementes, e de facto, na maior parte dos

trabalhos referidos anteriormente o tamanho das sementes é descrito pelo seu peso, com Jurado *et al.* (1991) a considerarem que a massa do embrião mais endosperma reflecte mais adequadamente as reservas alimentares disponíveis para as plântulas do que a massa total da semente, sendo o mesmo argumento usado por Jurado e Westoby (1992) e Leishman e Westoby (1994a), com Peterson *et al.* (1989) a evidenciar a importância não só do endosperma como da aleurona associada. Em contrapartida, Leishman e Westoby (1994b), entre outros, adoptaram o peso total e Tsuyuzaki (1991) o volume das sementes. Noutras circunstâncias a consideração da biomassa poderá não ser a mais apropriada, como vimos a propósito da dispersão de sementes por minhocas.

Numa primeira abordagem, surgem-nos três formas de exprimir o tamanho das sementes, a opção a fazer dependendo dos objectivos do estudo, parecendo-nos natural que em estudos envolvendo prioritariamente emergências e crescimento de plântulas se opte pela consideração da biomassa das reservas (embrião mais endosperma).

Um exemplo da eventual vantagem da consideração da massa do embrião e endosperma pode ser encontrado em *Heterotheca latifolia*, uma composta anual que produz dois tipos diferentes de aquénios, de disco (com papilho) e raiados (sem papilho), que não diferem significativamente no seu peso total, embora os de disco possuam embriões mais de 1.6 mais pesados que os raiados (Venable e Levin 1985a).

Os aquénios de disco são mais dispersos pelo vento para qualquer altura da planta-mãe; quando frescos germinam rápida e completamente com maior sobrevivência entre a germinação e reprodução, dão origem a plântulas maiores, não parecendo formar bancos persistentes. Em contrapartida, os raiados têm uma germinação mais tardia e tanto mais tardia quanto mais velhos, passível de estímulo pela excisão dos embriões, inibida pela ausência de luz ou enterramento, menores probabilidades de sobrevivência, originam plântulas menores devido ao menor peso do embrião e não a diferenças na taxa de crescimento, apresentando maior capacidade de formar bancos persistentes de sementes (Venable e Levin 1985a,b).

Em condições hídricas favoráveis e competição intensa os aquénios de disco são favorecidos tanto em biomassa como em número, verificando-se em culturas mistas a supressão dos raiados, devido a um conjunto de factores que incluem a sua mais tardia e menor germinação, embrião menor (menores reservas) e maior interferência por parte de plantas mais desenvolvidas provenientes de aquénios de disco. Em contrapartida, em condições xéricas, os aquénios raiados são claramente superiores, sem nunca atingirem o número ou biomassa das plantas provenientes dos de disco em condições favoráveis. Desta forma, *H. latifolia* poderá em condições favoráveis basear o seu esforço reprodutivo em aquénios de disco (identificáveis a sementes grandes), recorrendo aos aquénios raiados (identificáveis a sementes pequenas) em condições mais desfavoráveis graças às reservas acumuladas no solo e a fuga à seca conseguida pela germinação mais tardia (Venable 1985).

No entanto, além do tamanho da semente, também a sua constituição química pode ser

importante, com Snaydon (1980) a referir que sementes do mesmo tamanho mas com mais 45% de azoto ainda eram 30% maiores ao fim de 60 dias.

Também a ter em conta será a forma como os recursos da semente são usados, caso das variedades 'Viking' e 'Empire' de *Lotus corniculatus*, com sementes das mesmas dimensões mas importantes diferenças no vigor das plântulas, com a variedade 'Viking' a privilegiar o aumento da área fotossintética e a 'Empire' a privilegiar o crescimento axial (Harper *et al.* 1970).

No entanto, de uma maneira geral, o tamanho das sementes poderá, à partida, ser igualmente expresso pelo volume ou pelo peso, tanto mais que será razoável admitir uma elevada dependência entre estes dois descriptors.

Para verificar a existência dessa relação usámos as espécies listadas em Anexo para as quais dispúnhamos de estimativas de peso, e classificámo-las de acordo com a forma como os valores de biomassa tinham ou pareciam ter sido obtidos.

O grupo *P1* em que as sementes foram pesadas sem qualquer processo de secagem (Dias e Dias 1982) ou em que a ausência de qualquer referência a estes aspectos nos levou a assumir que os pesos diziam respeito à totalidade da semente sem qualquer secagem (Chambers *et al.* 1991, Crespo 1975, Hulme 1994, Reader 1993, Sheldon 1974, Thompson e Grime 1979, Villax 1963).

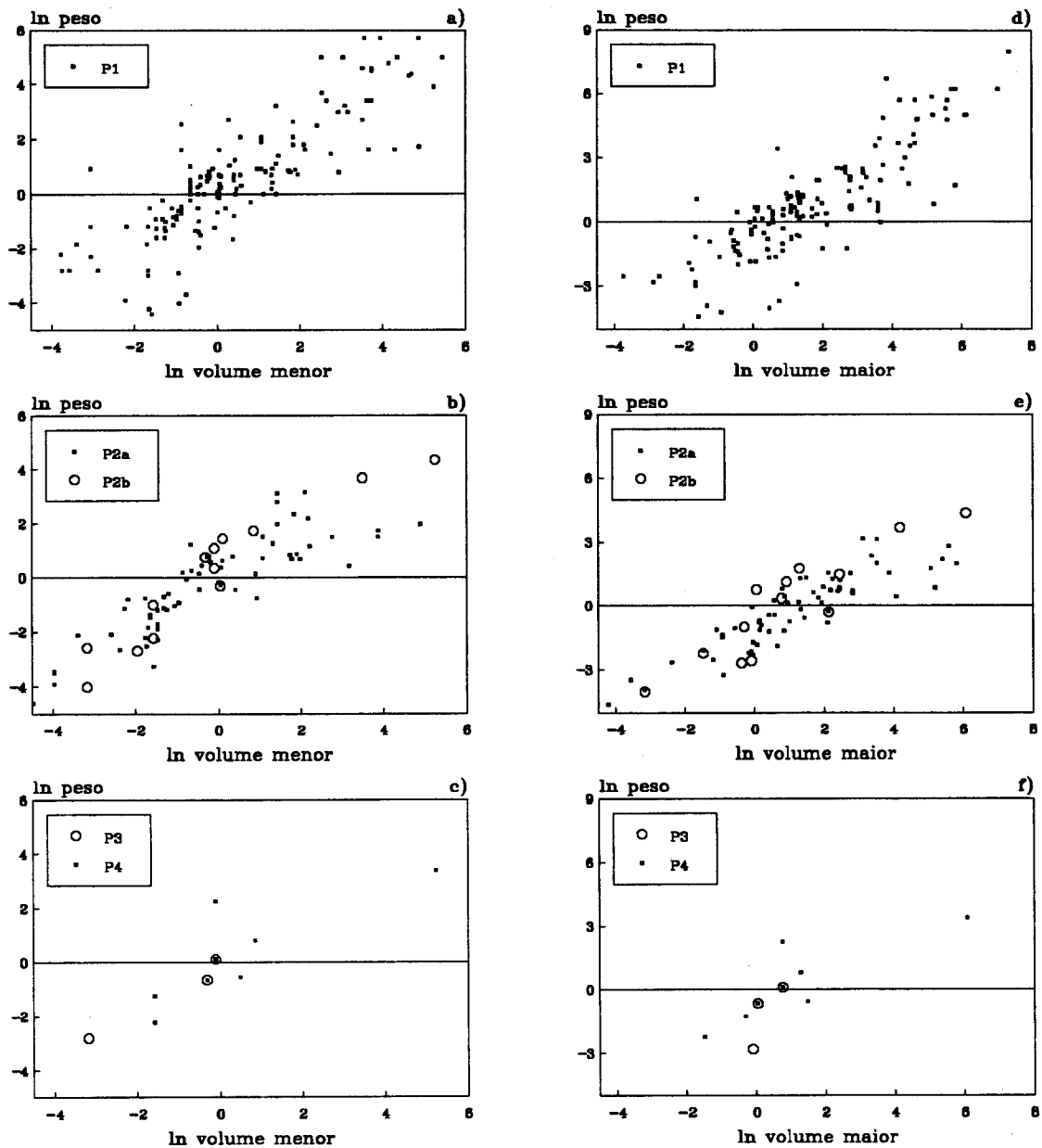
O grupo *P2a* em que as sementes foram pesadas com secagem prévia ao ar (Marañón e Bartolome 1989 após consulta a Baker 1972, Michaels *et al.* 1988, Rees 1995 após consulta a Fitter e Peat 1994, Thompson *et al.* 1993) e o *P2b* idêntico ao anterior mas com secagem em estufa a pelo menos 60 °C (Jurado *et al.* 1991, Michaels *et al.* 1988).

O grupo *P3* em que só os embriões e endosperma foram pesados sem indicação de ter havido secagem (Leishman e Westoby 1994a) e o *P4* em que embriões e endosperma foram secos em estufa a pelo menos 60 °C (Jurado e Westoby 1992, Jurado *et al.* 1991).

Na figura 5.12 apresenta-se a variação do peso em função do volume menor e volume maior. Quando só havia um valor de volume foi usado quer como menor quer como maior. Os valores dados por Crespo (1975) e Villax (1963), ao contrário dos restantes, dizem respeito a intervalos de peso pelo que o limite inferior de peso foi feito corresponder ao volume menor e o limite superior ao volume maior.

O exame da figura sugere a existência de uma relação aproximadamente linear entre o  $\ln$  do volume menor ou maior e o  $\ln$  do peso, o que a verificar-se significa uma relação de tipo geométrico entre o volume e o peso.

Para verificar esta hipótese, investigou-se, após centragem e redução das variáveis logaritmizadas, o ajustamento de um modelo do tipo  $Y=aX$  usando o procedimento MREG de Statgraphics (Anónimo 1989). Quando o modelo expresso pela equação  $Y=aX$  não podia ser aceite tentaram-se ajustamentos polinomiais até, no máximo, à décima potência, pelo método sequencial ascendente sempre com os dados centrados e reduzidos usando o procedimento STEP de Statgraphics (Anónimo 1989).



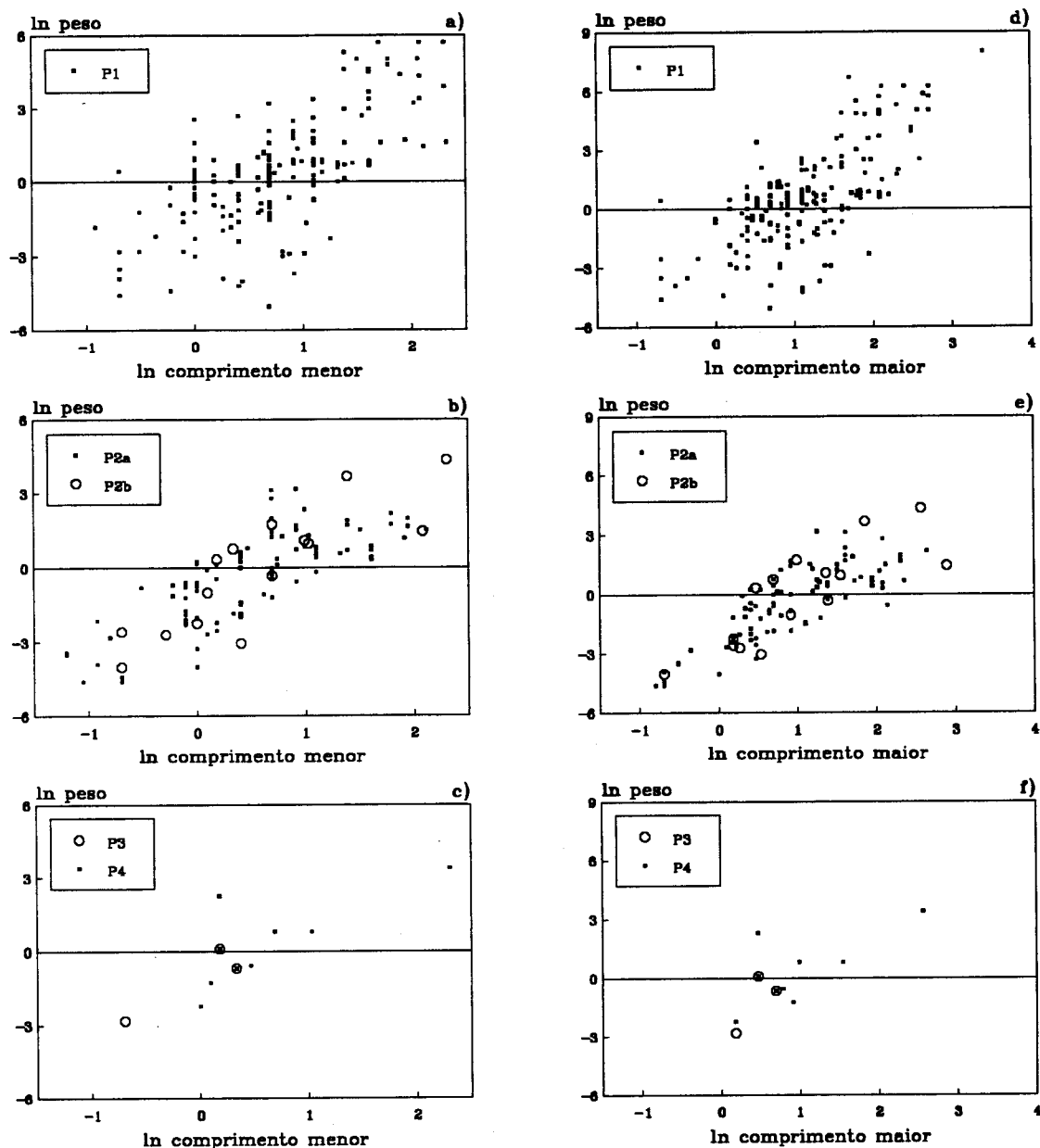
**Figura 5.12** Variação do ln do peso de sementes, em mg, em função do ln do volume menor e maior, em mm<sup>3</sup>. Para o significado de P1, P2a, P2b, P3 e P4 e para as fontes ver texto e Anexo.

De acordo com os resultados obtidos podia aceitar-se a hipótese de uma relação geométrica entre o volume e o peso em praticamente todas as situações, com o modelo  $Y=aX$  a ser aceite em P1, P2a e P2b para o volume menor e maior e em P3 para o volume menor, com coeficientes de determinação ajustados entre 0.698 e 0.963; em P4, volume menor e maior foram ajustados modelos com uma única variável independente, respectivamente quártica e cúbica e coeficientes de determinação ajustados de 0.873 e 0.884 e só em P3 volume maior não foi possível ajustar nenhum modelo.

Em geral, o volume maior permitia obter coeficientes de determinação ajustados ligeiramente superiores aos do volume menor. Ou seja, em todos os modelos ajustados (com uma única exceção que poderá ter a ver com o reduzido número de dados disponíveis) a variação do volume pode explicar a variação do peso, aumentando este geometricamente

com o aumento do volume, com a menor percentagem de explicação da variação do peso das sementes pelo tamanho em  $P1$ , isto é, no peso da semente não seca.

Dado o interesse em considerar o comprimento como medida do tamanho das sementes (para muitas espécies só há referências ao comprimento) apresentamos na figura 5.13 a variação do peso em função do comprimento menor e maior.



**Figura 5.13** Variação do  $\ln$  do peso de sementes, em mg, em função do  $\ln$  do comprimento menor e maior, em mm. Para o significado de  $P1$ ,  $P2a$ ,  $P2b$ ,  $P3$  e  $P4$  e para as fontes ver texto e Anexo.

O exame da figura (obtida de forma análoga à figura 5.12) sugere igualmente a existência de uma relação aproximadamente linear entre o  $\ln$  do comprimento menor ou maior e o  $\ln$  do peso, o que a verificar-se significa uma relação de tipo geométrico entre o comprimento e o peso.

O resultado das análises de regressão do  $\ln$  do peso ao  $\ln$  do comprimento menor ou maior, nas quais se seguiram os mesmos procedimentos que anteriormente para o volume,

permite aceitar a hipótese de uma relação de tipo geométrico entre as duas variáveis, com o modelo  $Y=aX$  a ser aceite para a situação  $P1$ ,  $P2a$  e  $P2b$ , comprimento menor e maior, com coeficientes de determinação ajustados entre 0.449 e 0.735, não tendo sido ajustado qualquer modelo para as situações  $P3$  e  $P4$ .

Tal como anteriormente, os ajustamentos conseguidos com a dimensão maior, neste caso comprimento, eram geralmente melhores e o peso total sem secagem era claramente pior. Como se poderia esperar a variação do peso é sistematicamente mais bem explicada pela variação do volume do que pela variação do comprimento, reforçando a idéia anteriormente expressa a propósito da dispersão de sementes por *Lumbricus terrestris* (ver figura 5.5) do comprimento ser menos adequado que o volume para exprimir o tamanho das sementes.

Apesar da elevada dependência entre o peso e o volume das sementes há diversas razões que nos levam a preferir a utilização do volume começando pela maior facilidade de obtenção de referências passíveis de fornecer estimativas coerentes de volume (ainda maior se o comprimento fosse adoptado). Em todo o caso, para muitas espécies para que dispúnhamos de peso não foi possível obter valores de volume ou mesmo de comprimento.

Em segundo lugar a variabilidade das estimativas de peso, sempre apresentado como peso médio, dentro do mesmo grupo. De facto, em  $P1$ , nas dez espécies com mais de um valor de volume, excluindo os obtidos de Crespo (1975) e Villax (1963), encontram-se razões entre o menor e maior volume entre 0.102 para *Taraxacum officinale* (Reader 1993, Sheldon 1974) eventualmente resultante de um erro tipográfico, e 0.889 (média de 0.621) nunca havendo duas médias de peso iguais ou aproximadamente iguais. Considerando só Crespo (1975) e Villax (1963), nas seis espécies com mais de uma estimativa de peso obtiveram-se razões entre 0.834 e 1 (média de 0.959) para o peso menor e entre 0.8 e 0.957 (média de 0.868) para o maior. Em  $P2a$  nas seis espécies com mais de uma estimativa de peso obtiveram-se razões entre 0.319 e 0.938 (média de 0.721) e em  $P4$  os valores foram 0.116 e 1.

Finalmente, a própria natureza dos valores de peso e de volume. Os primeiros correspondem sempre a valores médios que, como valores centrais que são, escamoteiam necessariamente a variabilidade dos pesos. Apesar do tamanho médio das sementes de uma espécie ser relativamente pouco plástico Michaels *et al.* (1988) apresentam coeficientes de variação entre 11.81% e 97.63% para o peso total de pelo menos 25 sementes secas ao ar ou em estufa de 45 populações de 39 espécies.

Em contrapartida, o volume evita esta questão na medida em que na maior parte dos casos é possível ser expresso como intervalo entre o menor e o maior volume conhecido para cada espécie e portanto, o tamanho das sementes de uma espécie não tem que ser caracterizado por um único valor, podendo sê-lo pelo intervalo de volume que pode ter.

No entanto, caso seja necessário exprimir o tamanho das sementes por um único valor de volume, a opção pelo menor volume em detrimento do maior poderá ser vantajosa não só pelo tipo de distribuição (Geritz 1995, 1998) mas também pela menor dependência do primeiro relativamente às condições ambientais (§ 5.1.1).

Quanto à segunda questão, quando é que uma semente é pequena e quando é grande, naturalmente que não há uma resposta definitiva, dada não só a natureza contínua deste descriptor como do facto da escala depender não de um objecto mas da sua relação com o que o rodeia (Thompson 1961). Apesar disso, Thompson e Grime (1979) consideram grandes as sementes com pesos superiores a 0.5 mg (sementes completas, secas ao ar), Hulme (1994) usa 1 mg como referência para distinguir entre sementes pequena e grandes (sementes completas, não secas); para Rees (1995) sementes pequenas são as menores que 1.5 mg (sementes completas, secas ao ar); Roberts e Heithaus (1986) chamam pequenas a sementes entre 1-2 mm, com a maior parte dos autores consultados a não se referirem a grandes ou pequenas mas sim a maiores ou menores.

## 6. TAMANHO E FORMA DAS SEMENTES. II MODELAÇÃO

*todos os modelos estão errados,  
mas alguns são úteis  
George Box*

Como vimos no capítulo anterior, a relação entre o tamanho das sementes e diferentes aspectos da sua biologia é necessariamente probabilística, isto é, será mais provável que sementes mais pequenas sejam fotoblasticamente positivas (§ 5.1.3), sejam persistentes (§ 5.1.5) ou tenham teores elevados de *orto*-dihidroxifenóis (§ 5.1.5) do que sementes maiores.

Admitindo a existência de pressões selectivas que favoreçam espécies com sementes de tamanhos determinados, a distribuição de abundâncias de sementes caracterizadas pelo seu tamanho deverá reflectir de alguma forma essas pressões selectivas independentemente da constituição específica do banco de sementes. Por exemplo, se em condições tendencialmente xéricas e/ou com perturbações frequentes, espécies com sementes pequenas são favorecidas, então a distribuição de tamanhos em locais com essas características deverá ser assimétrica com cauda à direita independentemente das espécies que constituam o banco de sementes e portanto, nessas condições, haverá maior probabilidade de encontrar uma semente pequena que uma grande.

Consequentemente, alterações importantes nas condições de um determinado local, como sejam alterações do tipo, frequência e profundidade de mobilizações deverão ter impacto na distribuição de frequências da dimensão de sementes do banco.

Trata-se pois, de estender a comunidades multi-específicas, a abordagem que é possível fazer espécie a espécie, caracterizando o banco de sementes do solo em termos da distribuição de frequências das dimensões de sementes, de forma independente da frequência absoluta das espécies constituintes do banco, o que implica o estabelecimento de modelos que descrevam e/ou caracterizem a distribuição da frequência de objectos (neste caso sementes) em função das suas dimensões (neste caso volumes) ou, no caso de haver mais que um modelo, de seleccionar o mais apropriado.

Trata-se de uma abordagem semelhante à adoptada, por exemplo, no âmbito da sedimentologia, geologia (Buchan *et al.* 1993) e ciências do solo em geral, quer para caracterização ou classificação (Day 1965, Gardner 1956, Perfect e Kay 1991), avaliação de efeitos de mobilizações (Perfect *et al.* 1993b) ou culturas (Baldock e Kay 1987) na agregação do solo, quer ainda para caracterizar as propriedades hídricas de solos em termos de porosidade e distribuição de partículas por tamanhos (Rieu e Sposito 1991a,b), mas que, tanto quanto sabemos, não foi tentada no âmbito do banco de sementes.

Para isso, começamos por examinar modelos passíveis de satisfazer o nosso objectivo, de modo a pré-seleccionar o(s) modelo(s) mais apropriado(s) para uma investigação mais detalhada, ajustá-lo(s) aos dados e compará-los para uma selecção final; finalmente definir, consoante o modelo escolhido, de que forma poderá ser usado para caracterizar e comparar



bancos de sementes no que diz respeito à distribuição de tamanhos.

## 6.1 EXAME DE MODELOS

Numa primeira aproximação, trata-se de descrever e caracterizar uma variável discreta (número de sementes) em função de uma variável contínua (tamanho das sementes). Naturalmente que o modelo mais simples para o fazer será a média aritmética da dimensão desses objectos embora, naturalmente também, não seja um modelo a considerar mais não seja por se tratar de uma medida de localização que não tem, nem pode ter, em conta a variabilidade da distribuição.

Outras formas de descrever e caracterizar situações deste tipo têm vindo a ser propostas no âmbito da germinação de sementes, em que estão igualmente em jogo distribuições de variáveis discretas em função de variáveis contínuas, justificando-se o seu exame para uma pré-selecção de modelos. De uma forma esquemática as propostas de descrição e caracterização podem ser divididas a) em índices (Czabator 1962, Kotowski 1926, Maguire 1962, Timson 1965) que embora adaptáveis à distribuição de dimensões de sementes não têm conta a forma da distribuição (Heydecker 1966) nem permitem avaliar a sua adequação aos dados (para uma crítica à consideração destes e doutros índices ver Brown e Mayer, 1988a) e b) modelos probabilísticos, envolvendo o ajustamento de modelos logísticos (Brown e Mayer 1988b, Hsu *et al.* 1984, Janssen 1973, Schimpf *et al.* 1977), de polinómios, ortogonais (Goodchild e Walker 1971) ou não (Brown e Mayer 1988b), do modelo de Weibull (Bonner e Dell 1976, Brown 1987, Brown e Mayer 1988b, Dumur *et al.* 1990), ou dos modelos de Gomperz, Mitscherlich, Morgan-Mercer-Flodin ou Richards (Brown e Mayer 1988b). Finalmente, interessante por permitir exprimir a distribuição de dimensões de sementes por um único valor, refira-se a proposta de Lyon e Coffelt (1966) de considerar o integral da curva da resposta probabilística de uma variável discreta em função de uma variável contínua.

No âmbito da distribuição de dimensões de partículas de solo diversos modelos têm sido adoptados ou estudados, incluindo o modelo de Weibull (Perfect e Kay 1994), normal (Gardner 1956), de Jaky, log-normal, unimodal com ou sem compensação de deslocamento, bimodal (Buchan 1989, Buchan *et al.* 1993, Gardner 1956), de Rosin-Rammler (Perfect *et al.* 1993b), de progressão geométrica (Baldock e Kay 1987, Bavel 1949), de geometria fractal (Burrough 1983a,b, Perfect e Kay 1991, Wu *et al.* 1993), além da determinação do integral da curva de frequência de dimensões de partículas de solo (Bavel 1949).

Não considerando os índices nem, por agora, a determinação de áreas, obtivemos quinze modelos passíveis de serem usados para a distribuição de dimensões de sementes. Num primeiro exame, poderemos eliminar todos os que têm pressupostos de distribuição de verificação no mínimo questionável, casos de todos os modelos baseados em distribuições normais ou log-normais. Parece-nos igualmente razoável eliminar os modelos de Gomperz,

Mitscherlich, Morgan-Mercer-Flodin e Richards tendo em conta os melhores ajustamentos conseguidos para o mesmo tipo de dados quando se utiliza o modelo de Weibull (Brown e Mayer 1988b).

Restam pois, os modelos de Rosin-Rammler, de Jaky, de Weibull, de geometria fractal, de progressão geométrica e polinomiais. No entanto, antes da sua utilização, justifica-se um exame mais profundo que permita fundamentar a decisão de os usar como candidatos à caracterização da distribuição de tamanhos do banco de sementes.

#### 6.1.1 Modelo de Rosin-Rammler

Apresentado no âmbito do estudo das características de carvão pulverizado (Rosin e Rammler 1933), este modelo foi expresso por

$$R = 100 e^{-(bx)^n} \quad (6.1)$$

em que  $R$  representa a percentagem de objectos maiores que a dimensão  $x$ ,  $1/b$  é uma constante que representa a dimensão correspondente ao percentil 36.78 da distribuição acumulada de probabilidade e  $n$  é outra constante, análoga ao desvio padrão de uma distribuição normal (Perfect *et al.* 1993b). Na medida em que a variável dependente é expressa como a percentagem de objectos maiores que a dimensão  $x$ , será uma distribuição de frequências retro-acumuladas, com  $P_{Y>x}$  máximo para a menor dimensão  $x$ , reduzindo-se progressivamente com o aumento de  $x$ . Ainda segundo Perfect *et al.* (1993b) o modelo de Rosin-Rammler é particularmente apropriado para estudos comparativos dos efeitos de diferentes mobilizações na distribuição de partículas do mesmo solo.

#### 6.1.2 Modelo de Jaky

Proposto por J. Jaky em 1944 para a distribuição de tamanhos de grãos em sedimentos, de acordo com Buchan *et al.* (1993) pode ser expresso por

$$S = \exp \left\{ - (1/p^2) [\ln(d/d_0)]^2 \right\} \quad (6.2)$$

em que  $S$  é o número de objectos de dimensão menor que  $d$ ,  $d_0$  é o valor da maior dimensão e  $p$  representa um índice de distribuição de objectos por dimensão que caracteriza o alongamento da curva. Na medida em que a variável dependente é expressa como o número de objectos menores que a dimensão  $d$ , será uma distribuição de frequências acumuladas, com  $S$  máximo para a maior dimensão  $d_0$ , reduzindo-se progressivamente com a diminuição de  $d$ . Ainda segundo Buchan *et al.* (1993) trata-se de um modelo que permite muito bons ajustamentos de distribuições de tamanhos de partículas do solo.

Um exame mais detalhado de (6.2) torna claro que para qualquer conjunto de valores  $d$ , quando  $d$  tem o valor máximo, isto é quando  $d=d_0$ ,  $S$  toma obrigatoriamente o valor  $S=1$

quaisquer que sejam os valores de  $d$ ,  $d_0$  e  $p$ . Daqui decorre que a)  $S$  não representa o número de objectos mas sim a proporção de objectos e b)  $S$  não representa a proporção de objectos de dimensão menor que  $d$  mas sim a proporção de objectos de dimensão igual ou menor que  $d$ , já que pode haver objectos de dimensão  $d_0$ .

### 6.1.3 Modelo de Weibull

Apresentada como uma distribuição empírica, sem base teórica mas de ampla aplicação, e defendida como tal por Weibull (1951), pode ser expresso por

$$F_x = 1 - \exp - \{ [(x - x_u) / x_0]^m \} \quad (6.3)$$

em que  $F_x$  será a proporção de objectos de dimensão menor ou igual a  $x$ , e  $x_u$ ,  $x_0$  e  $m$  são constantes, sendo  $x_u$  um parâmetro de localização representando a dimensão em que o número de objectos é estritamente não nulo ( $-\infty < x_u < +\infty$  e  $x_u \leq x$ ),  $x_0$  um parâmetro de escala com  $x_u + x_0$  a representar a dimensão correspondente a 0.63 da distribuição acumulada da frequência de objectos, o seu inverso  $1/x_0$  representando a taxa de aumento do número de objectos em função da dimensão ( $x_0 > 0$ ), e  $m$  um parâmetro de forma ( $m > 0$ ) com  $m < 3.25889$  para distribuições positivamente assimétricas,  $3.25889 \leq m \leq 3.60232$  para distribuições aproximadamente normais e  $m > 3.60232$  para distribuições negativamente assimétricas (Bonner e Dell 1976, Brown 1987, Dubey 1967, Hines e Montgomery 1980). Quando se pretende estimar a proporção máxima de objectos, (6.3) toma a forma

$$F_x = M \{ 1 - \exp - \{ [(x - x_u) / x_0]^m \} \} \quad (6.4)$$

em que  $M$  é uma estimativa dessa proporção máxima (Brown 1987). Na medida em que a variável dependente é expressa como a proporção de objectos menores que a dimensão  $x$ , será uma distribuição de frequências acumuladas, com  $F_x$  máximo para a maior dimensão  $x$ , reduzindo-se progressivamente com a diminuição de  $x$ .

O modelo de Weibull tem permitido excelentes ajustamentos em estudos de fadiga e resistência de materiais, distribuição de dimensões de cinzas, resistência de fibras de algodão, comprimento de *Cyrtoidae*, altura de machos humanos, largura de sementes de *Phaseolus vulgaris* (Weibull 1951), resistência à corrosão, devolução de produtos, falhas em cadeias de produção, derrames de baterias, resistência de motores, esperança de vida de medicamentos (Berrettoni 1964), capacidade tumorigénica (Dewanji *et al.* 1993), resistência tênsil de agregados de solo (Perfect e Kay 1994), germinação de sementes (Bonner e Dell 1976, Brown 1987, Brown e Mayer 1988b, Dias *et al.* 1996, Pereira *et al.* 1993), temperaturas cardinais em *Vicia faba* (Dumur *et al.* 1990), distribuição de diâmetros de árvores (Green *et al.* 1994), produção de pólen (Brandão 1996) e distribuição vertical de sementes no solo (Silva 1996).

Uma possível razão para esta variedade de aplicações poderá ser encontrada na elevada flexibilidade proporcionada pelos três parâmetros de (6.3) capaz de permitir excelentes aproximações a distribuições compostas (Dubey 1968), sobretudo pela presença do parâmetro  $m$ , que para determinados valores permite a aproximação da distribuição normal pela de Weibull (Dubey 1967), reduzindo-se a uma função exponencial para  $m=1$  (Dubey 1968). A título de confirmação refira-se que simulações de distribuições normais e log-normais uni e bimodais, num total de 12 distribuições, ajustadas pelo modelo de Weibull permitiram-nos obter coeficientes de determinação sempre superiores a 0.996 (para exemplos gráficos da flexibilidade da distribuição de Weibull, ver por exemplo Brown 1987).

O modelo de Weibull está igualmente relacionado com o de Rosin-Rammler referido acima. Seguindo o caminho inverso ao de Turcotte (1992), podemos exprimir  $F_x$  não como proporção mas sim como percentagem, pelo que (6.3) tomará a forma

$$F_x = 100 \{ 1 - \exp - \{ [(x - x_u) / x_0]^m \} \} \quad (6.5)$$

Sendo  $F_x$  igual à diferença entre 100% e a percentagem de objectos de dimensão maior que  $x$ ,  $P_{Y>x}$  em (6.1), então

$$F_x = 100 - P_{Y>x} \quad (6.6)$$

Substituindo  $F_x$  em (6.5) pelo seu valor de (6.6) e simplificando a equação resultante obtém-se

$$P_{Y>x} = 100 \{ \exp - \{ [(x - x_u) / x_0]^m \} \} \quad (6.7)$$

igual a (6.1) para  $x_u=0$  e fazendo  $x_0$  e  $m$  em (6.7) iguais a  $1/b$  e  $n$  em (6.1). Ou seja, a distribuição de Rosin-Rammler é um caso particular da distribuição de Weibull.

#### 6.1.4 Modelo de geometria fractal

Com os trabalhos de Burrough (1983a,b) os conceitos de geometria fractal e dimensão fractal foram introduzidos nas ciências do solo (Armstrong 1986) ao que se seguiu uma sucessão de trabalhos em que estes conceitos eram utilizados (Armstrong 1986, Perfect e Kay 1991, Perfect *et al.* 1992, 1993a,b, 1994, Rasiyah *et al.* 1992, 1993, Rieu e Sposito 1991a,b, Tyler e Wheatcraft 1989, 1992, Wu *et al.* 1993).

Atribuindo, talvez arbitrariamente, o reconhecimento dos fractais a Mandelbrot (1967), o conceito de fractal terá resultado da necessidade de investigar padrões tão irregulares e fragmentados que eram considerados amorfos, definindo-se inicialmente um fractal como um conjunto em que a dimensão de Hausdorff-Besicovitch  $D$  é estritamente superior à sua dimensão topológica  $D_T$  (Mandelbrot 1983). Posteriormente B. Mandelbrot propôs uma

definição menos restritiva, definindo um fractal como uma forma cujas partes são de alguma forma semelhantes ao todo (citado por Feder 1988). Uma maneira de exprimir a relação entre o número  $Nr_{(A>a)}$  de objectos de tamanho superior a  $a$  será a progressão geométrica

$$Nr_{(A>a)} = F' a^{-D} \quad (6.8)$$

em que  $F'$  e  $D$  são constantes, com  $D$  (dimensão de Hausdorff-Besicovitch) a representar a dimensão fractal dos objectos em consideração (Mandelbrot 1983). Distribuições descritas por (6.8), em que as partes são semelhantes ao todo, são ditas homotéticas ou auto-selhantes (adoptando a terminologia da tradução portuguesa de Mandelbrot 1991) e portanto a distribuição do número de objectos em função das dimensões é independente da escala.

No âmbito das ciências do solo P.A. Burrough reconheceu desde cedo que os solos podem ser considerados como fractais, mas não como fractais 'ideais' devido à falta de auto-selhança em todas as escalas, não permitindo interpolações tão precisas como as possíveis para a topografia, descargas fluviais, sedimentos geológicos ou dados climáticos (Burrough 1983a). Em contrapartida, sugeriu um modelo fractal não-browniano para descrever variações do solo multi-escalares (Burrough 1983b), o que não impediu a frequente aceitação de auto-selhança mesmo quando ela obviamente não se verifica (por exemplo, alguns casos em Armstrong 1986, Perfect *et al.* 1994).

O reconhecimento que objectos com geometria fractal podem não ser auto-selhantes, mas sim auto-afins, com diferentes dimensões fractais auto-selhantes consoante a escala levou ao conceito de multifractal e a um esforço de caracterizar esse tipo de distribuições (Burrough 1983b, Evertsz e Mandelbrot 1992, Feder 1988, Krummel *et al.* 1987, Perfect *et al.* 1993) incluindo o recurso ao conceito de entropia de Shannon (Loehle e Li 1996, Scheuring e Riedi 1994), segmentação da distribuição (Bradbury *et al.* 1984, Rieu e Sposito 1991b), ou ajustamento de polinómios (Stanley e Meakin 1988, Wu *et al.* 1993).

Tendo em conta que o modelo fractal é descrito, de uma forma ou de outra, por uma progressão geométrica surge a questão de, inversamente, saber quando é que uma progressão geométrica de frequência de objectos em função do tamanho pode ser considerada fractal. Quer a distribuição de tamanhos seja independente da escala quer não, parece evidente a necessidade de pelo menos a escala cobrir várias ordens de grandeza por forma a poder falar-se da geometria fractal de uma qualquer distribuição.

Nos dois conjuntos de dados que utilizaremos, a relação entre o menor e o maior tamanho é no máximo de 1:6.6 na amostragem final de MITRA1 (que passaremos a designar só por MITRA1) e de 1:16 em MITRA2, ou seja, muito inferior a 2 ordens de grandeza. O mesmo acontece em quase todos os trabalhos referidos em que geometria fractal foi aceite, com relações entre 1:10 e 1:64 (Perfect e Kay 1991, Perfect *et al.* 1992, 1993a,b, 1994, Rasiyah *et al.* 1992, 1993, Rieu e Sposito 1991b, Tyler e Wheatcraft 1989, 1992), aumentando em

Armstrong (1984), Bradbury *et al.* (1984), Rieu e Sposito (1991b) e Tyler e Wheatcraft (1989) para 2 ordens de grandeza, em Tyler e Wheatcraft (1992) para 3 ordens de grandeza, e em Wu *et al.* (1993) para 6 ordens de grandeza.

A maior parte dos trabalhos com menos de 2 ordens de grandeza envolviam partículas de solo que, mesmo não tendo sido determinadas, podem, pelo menos conceptualmente, cobrir várias ordens de grandeza como se conclui de Wu *et al.* (1993).

Em contrapartida, no caso do banco de sementes do solo de um local determinado a relação entre o menor e o maior tamanho será certamente pequena e não depende razoavelmente da vontade do investigador. Daqui resulta que conceptualmente o modelo fractal não faça sentido para a distribuição do tamanho dos constituintes do banco de sementes num determinado local, embora possa fazer se se considerarem todos ou grande parte dos locais possíveis.

### 6.1.5 Modelo de progressão geométrica

A utilização de modelos de progressão geométrica como forma de descrever e caracterizar a distribuição de agregados do solo exprimindo de forma acumulada a variável dependente foi proposta por Bavel (1949) e retomada por Day (1965). Mais tarde, Baldock e Kay (1987) recorreram ao mesmo tipo de modelos mas em vez das áreas definidas pelas funções utilizavam o valor de  $B$  em

$$P_{M < m} = A m^B \quad (6.9)$$

para caracterizar a relação entre a quantidade de agregados de solo e a sua dimensão, sendo  $A$  e  $B$  constantes e  $P_{M < m}$  a frequência relativa de objectos menores que  $m$ .

Dada a vantagem, para o estudo da distribuição de tamanhos de sementes, de considerar distribuições retro-acumuladas (discutida adiante no início do § 6.2) o modelo geométrico expresso em (6.9) poderá tomar a forma apresentada em (6.8).

Voltando temporariamente ao modelo de Weibull e fazendo, para facilidade de exposição,

$$z = - (x - x_u) / x_0 \quad (6.10)$$

(6.3) pode ser reescrita como

$$F_x = 1 - \{ 1 + z^m + [(z^{2m}) / 2!] + \dots + [(z^{nm}) / n!] + \dots \} \quad (6.11)$$

que para valores de  $z^m$  suficientemente pequenos que permitam negligenciar o terceiro termo e seguintes toma a forma

$$F_x \approx [(x - x_u) / x_0]^m \quad (6.12)$$

após substituição de  $z$  pelo seu valor de (6.10). Ou seja, para valores de  $z^m$  suficientemente pequenos, o modelo de Weibull é aproximadamente uma progressão geométrica, podendo portanto considerar-se aproximadamente auto-semelhante, tendo sido demonstrado (Turcotte 1986, 1992) que nesse caso a progressão geométrica expressa em (6.12) está relacionada com a progressão geométrica expressa em (6.8) fazendo

$$F' = x - x_u \quad (6.13)$$

e

$$D = -m \quad (6.14)$$

Se como vimos, conceptualmente não faz sentido considerar o modelo de geometria fractal, já o modelo geométrico não parece levantar objecções, podendo 'pedir-se emprestados' ao primeiro os conceitos de auto-semelhança e auto-afinidade. Assim, distribuições geométricas auto-semelhantes poderão ser expressas por (6.8) enquanto para auto-afins bastará fazer  $D$  igual a uma função polinomial do tamanho  $a$  das sementes.

## 6.2 MODELOS PRÉ-SELECCIONADOS E SUA REPARAMETRIZAÇÃO

Dos modelos apresentados anteriormente eliminámos, por diversas razões, todos menos o de Jaky, de Weibull e o de progressão geométrica. Trata-se agora da opção entre frequências retro-acumuladas ou acumuladas, das implicações que poderá ter na modelação e da sua dependência relativamente às características das variáveis tamanho e número de sementes.

Para exemplificar, sejam duas espécies,  $A$  com 12 sementes e  $B$  com 18 sementes, de tamanhos  $T_j$ ; tais que  $3 \leq T_A \leq 9$  e  $5 \leq T_B \leq 7$ ; seja  $\eta$  um valor infinitamente pequeno (no máximo inferior à exactidão com que o tamanho foi medido).

Usando o tamanho menor como critério, numa distribuição acumulada, o número de sementes de tamanho  $T < 3$  (ou  $T \leq 3 - \eta$ ) é  $N=0$ , o de sementes de tamanho  $T < 5$  (ou  $T \leq 5 - \eta$ ) é, pelo menos,  $N=12$ , e para se poder considerar a espécie  $B$  teríamos que mudar de critério e considerar o tamanho maior, que considerámos ser de rejeitar (§ 5.2).

Em contrapartida, para distribuições retro-acumuladas o número de sementes de tamanho  $T > 3 - \eta$  é  $N=30$  e o número de sementes de tamanho  $T > 5 - \eta$  é pelo menos  $N=18$ , o que torna possível utilizar toda a informação disponível sem mudar de critério.

Exprimindo todos os modelos de forma retro-acumulada e procedendo para o modelo de Jaky e de Weibull de forma análoga ao que foi feito em (6.6), o modelo de Jaky expresso em (6.2) toma a forma

$$S_{>} = 1 - \exp \left\{ - (1/p^2) [\ln(x/x_M)]^2 \right\} \quad (6.15)$$

em que  $S_{>}$  será a proporção de sementes de dimensão maior que  $x-\eta$ , representando  $x$  a dimensão das sementes,  $x_M$  a maior dimensão das sementes e  $\eta$  um valor de dimensão infinitamente pequeno. Na forma acumulada, expressa em (6.2),  $S=1$  quando  $d=d_0$ ; na forma retro-acumulada expressa em (6.15)  $S_{>}=0$  quando  $x=x_M$  o que implica que  $x_M$  seja a maior dimensão maior do conjunto de espécies consideradas, e portanto que no modelo de Jaky não só tenha que haver mudança de critérios (também teria que se considerar  $x_M+\eta$ ) como tenha que se utilizar um critério (maior dimensão) que já vimos ser de rejeitar.

Independentemente dos seus méritos noutras situações, parece-nos que a utilização do modelo de Jaky no âmbito da distribuição de tamanhos de sementes só será de considerar quando sejam conhecidas as dimensões de todas as sementes, situação que nos parece no mínimo extremamente improvável e que não se verifica neste trabalho.

Analogamente, o modelo de Weibull expresso em (6.3) toma a forma

$$P_{Y>x} = \exp - \{ [(x - x_u) / x_0]^m \} \quad (6.16)$$

sendo  $P_{Y>x}$  a proporção de sementes de volume maior que  $x-\eta$ . No modelo de Weibull  $x_u$  representa a dimensão  $x$  em que o número de objectos é estritamente não nulo. No âmbito de distribuições de dimensões de sementes, tais como as estamos a encarar, o valor  $x_u$  é necessariamente igual ao menor volume possível consideradas todas as espécies e portanto é uma constante cujo valor é antecipadamente conhecido e não precisa ser estimado. Sendo assim, (6.16) poderá ser reescrito como

$$P_{Y>x} = \exp - \{ [(x - x_{\min}) / x_0]^m \} \quad (6.17)$$

em que  $x_{\min}$  é o menor valor de volume possível. Naturalmente que para esse valor  $P_{Y>x}=1$ . Tendo em conta que nas amostras de MITRA1 e MITRA2 há frequentemente poucas espécies, e portanto poucos graus de liberdade para a modelação por regressão, a reparametrização do modelo de Weibull tem a vantagem de reduzir o número de coeficientes

O modelo de progressão geométrica retro-acumulado toma a forma

$$P_{Y>x} = F' x^{-D} \quad (6.18)$$

se o número de sementes  $Nr$  for expresso em proporção do total de sementes maiores que a dimensão  $x-\eta$ . Naturalmente que para o menor valor de  $x$   $P_{Y>x}=1$ . Ao contrário do que acontece com o modelo de Weibull, este é linearizável como

$$\ln P_{Y>x} = \ln F' - D \ln x \quad (6.19)$$

Se exprimirmos as dimensões em proporção da menor dimensão  $x_{\min}$ , (6.19) fica



$$\ln P_{Y>x} = -D \ln (x / x_{\min}) \quad (6.20)$$

já que para  $x=x_{\min}$  o valor da variável independente  $\ln(x/x_{\min})=0$ , e o valor correspondente da variável dependente será  $\ln P_{Y>x}=0$ ; trata-se pois da equação de uma recta que conceptualmente passa pela origem, o que permite aumentar numa unidade os graus de liberdade associados ao quadrado médio do erro.

Em (6.20) está descrito um modelo geométrico auto-semelhante. Fazendo, por facilidade de apresentação,

$$x' = \ln (x / x_{\min}) \quad (6.21)$$

e

$$P'_{Y>x} = \ln P_{Y>x} \quad (6.22)$$

e o ajustamento de um modelo geométrico auto-afim poderá ser investigado através de

$$P'_{Y>x} = -D x' + a x'^2 + b x'^3 + \dots + z x'^n + \dots \quad (6.23)$$

obtendo-se um modelo geométrico auto-semelhante sempre que  $a, b, \dots, z, \dots$  sejam nulos.

### 6.3 AJUSTAMENTO, ACEITAÇÃO E COMPARAÇÃO DE MODELOS

Para a comparação e selecção de modelos iremos usar os dados obtidos em MITRA1 e MITRA2, não só para comparar os dois modelos quanto à descrição da distribuição de tamanhos de sementes mas também para avaliar se o método de determinação desses tamanhos altera a selecção do modelo.

De facto, em MITRA1 os tamanhos das sementes determinados em grande parte por pesquisa bibliográfica assenta na identificação das espécies presentes, enquanto em MITRA2 a identificação das espécies presentes não é relevante, sendo o tamanho das sementes definido em termos da sua retenção por crivos de malha conhecida. De referir que neste último caso e desde que haja sementes retidas no crivo de maior malha é completamente impossível a consideração de distribuições acumuladas.

Devido ao elevado número de amostras existente a selecção e comparação dos dois modelos foi feita para 51 amostras de MITRA1 e 54 amostras de MITRA2, aleatoriamente seleccionadas após estratificação. Este número de amostras compara-se muito favoravelmente com o utilizado em estudos análogos ao que estamos a efectuar, por exemplo por Brown e Mayer (1988b) com 46 amostras, Buchan *et al.* (1993) com 79 amostras ou Perfect *et al.* (1993b) com 60 amostras.

Em MITRA1 escolhemos de forma aleatória e independente 17 amostras 0-5 cm, 17 amostras 5-10 cm e 17 amostras 0-10 cm. Em MITRA2 metade serão pré-mobilização e outra metade pós-mobilização; quer sejam pré quer pós-mobilização escolhemos de forma aleatória e independente 1 amostra de sementes isodiamétricas, 1 de anisodiamétricas e 1 de todas as sementes considerando o somatório de todos os intervalos de profundidade, o mesmo sendo feito para cada intervalo de profundidade definido.

### 6.3.1 Ajustamento e aceitação de modelos

Nas amostras de MITRA1 o tamanho das sementes foi considerado como o diâmetro de uma esfera de volume igual ao definido para essa espécie (ver em Anexo), enquanto nas amostras de MITRA2 o tamanho de referência das sementes é o da malha do crivo que a reteve.

Tendo em conta que nalguns casos em MITRA1 a identificação da espécie não foi possível, utilizámos as dimensões medidas em fotografias de sementes dessas espécies obtidas pelo autor ou por R.A. Carneiro, concretamente 0.5×0.3 mm em *Amaranthus* sp., 0.4×0.4 mm em *Brassica* sp., 1.1×0.4 mm em *Centaurea* sp., 0.7×0.6 mm em *Trifolium* sp. e 2.02×0.92 mm para a semente que nem o género foi possível identificar (tabela 3.2). As sementes de *Vicia sativa* foram consideradas a partir de fotografias como tendo 0.64×0.62 mm.

O ajustamento do modelo de Weibull expresso em (6.17) foi tentado pelo método dos quadrados mínimos para regressão não-linear sem repetições usando o algoritmo de Marquardt (Marquardt 1963) tal como implementado no procedimento NONLIN de Statgraphics (Anónimo 1989). Para cada amostra a estimativa inicial do parâmetro  $x_0$  foi o valor de tamanho cuja frequência relativa diferia menos de 0.37 e a do parâmetro  $m$  foi  $m=3.43$ , valores modificados sempre que necessário. Não foi estabelecido nenhum limite de iterações, atingindo-se a convergência quando a variação relativa da soma dos quadrados do erro era menor ou igual a  $10^{-5}$  ou quando a variação relativa das estimativas dos parâmetros era menor ou igual a  $10^{-4}$ ; o parâmetro inicial de Marquardt foi definido como  $10^{-2}$ , o factor de escala como 20 e o valor máximo do parâmetro de Marquardt como 120 (ver por exemplo Sen e Srivastava 1990).

Tendo em conta a dificuldade de analisar as estimativas obtidas (Hocking 1983) e apesar de não ser apropriado usar testes de  $F$  ou de  $t$  em modelos não-lineares, a aceitação dos ajustamentos foi feita tomando como referência as distribuições de  $F$  e de  $t$  para uma probabilidade de erro tipo I  $\alpha=0.05$  como sugerido em Draper e Smith (1981). A aceitação dos modelos dependeu ainda dos valores estimados de  $x_0$  serem compatíveis com os valores observados para a distribuição de tamanhos das sementes. Sempre que o modelo não era aceite devido às estimativas de  $x_0$ , pares de valores adicionais da variável independente e dependente foram 'gerados' por interpolação polinomial aberta usando o método dos *splines* quase-cúbicos de nós variáveis (Friedman e Silverman 1989, Hazony 1979) disponível no procedimento SPLINE de Statgraphics (Anónimo 1989), após o que se repetiu o ajustamento usando um número superior de itens.

O ajustamento do modelo polinomial expresso em (6.23) foi tentado até ao quarto grau por selecção sequencial ascendente pelo método dos quadrados mínimos para regressão curvilínea sem repetições, embora por vezes em situações semelhantes ajustamentos não-lineares possam parecer preferíveis (Smith *et al.* 1980).

Da opção pela regressão linear resulta um maior número de valores independentes com coeficientes de influência elevados (*leverage coefficients*) de acordo com o critério proposto por Hoaglin e Welsh (1978). No entanto, para modelos de grau um, todos ou quase todos os coeficientes de influência elevados estavam associados ao menor valor da variável independente (para a qual os residuais eram nulos), só podendo haver problemas para graus superiores onde geralmente estavam associados aos maiores valores da variável independente.

De acordo com Berk (1978) a selecção sequencial pode ser preferível ao exame de todos os sub-grupos e, quando o número de variáveis é pequeno, a selecção ascendente pode ser igualmente preferível à descendente. Por estas razões e pelo facto da selecção descendente ter tendência a reter um maior número de variáveis com o conseqüente risco de sobre-parametrização, as quinze combinações possíveis foram investigadas usando a técnica da regressão sequencial ascendente com o procedimento STEP de Statgraphics (Anónimo 1989) que testa, em cada passo, a permanência de todos os termos já presentes no modelo. As únicas excepções foram as amostras com menos de cinco itens, em que se testaram os incrementos de  $R^2$  de todas as combinações possíveis.

Apesar da importância que lhe é atribuída, especialmente em modelos polinomiais (Snee 1983), não se realizou qualquer centragem e redução nas variáveis independentes. Em primeiro lugar porque ao fazê-lo nunca seria possível, após retransformação, obter o modelo expresso em (6.23) e em segundo lugar porque nos termos lineares e quadráticos quer as amostras de MITRA1 quer (com uma única excepção) as de MITRA2 tinham menores amplitudes quando não eram centradas e reduzidas.

Dada a natureza polinomial do modelo expresso em (6.23), a multicolinearidade foi aceite como inerente ao modelo, não se fazendo qualquer tentativa para a reduzir ou eliminar, tanto mais que os objectivos da modelação eram interpolativos e não extrapolativos (Willan e Watts 1978).

Adicionalmente, nenhum teste foi feito para a autocorrelação dos residuais, incluindo a correlação serial, basicamente pelo pequeno número de itens não permitir usar as tabelas de Durbin e Watson (1951).

Os modelos polinomiais foram aceites sempre que o modelo ou as estimativas dos parâmetros eram significativas para uma probabilidade de erro tipo I  $\alpha=0.05$  e que a) qualquer que fosse o tamanho  $x'$  o valor estimado de  $P'_{Y>x} \leq 0$ , b) para valores crescentes de  $x'$  os valores estimados de  $P'_{Y>x}$  eram sempre decrescentes. Sempre que o modelo não era aceite pelas duas últimas razões, repetiu-se o ajustamento retirando o termo cujo coeficiente era menos significativo ou testando o incremento de  $R^2$  de todos os modelos possíveis.

### 6.3.2 Comparação de modelos

Dada a existência de dois modelos candidatos a descrever a distribuição de tamanhos de sementes e assumindo que qualquer deles se ajustava às 105 amostras de MITRA1 e MITRA2 o passo seguinte é escolher um deles, tendo em conta que à partida não há razões teóricas para decidir e que, qualquer que seja o modelo seleccionado, não poderemos afirmar que a distribuição de tamanhos de sementes segue uma qualquer distribuição (de Weibull ou progressão geométrica) mas sim que o modelo seleccionado é o que melhor descreve, tendo em conta os critérios adoptados, a distribuição de tamanhos das sementes.

Infelizmente não há regras definidas para a selecção de modelos. Pelo contrário, há diversos critérios que podem ser seguidos, embora muitos deles conduzam, pela sua própria estrutura, às mesmas conclusões.

Para começar, o coeficiente de determinação  $R^2$  (ou de determinação múltipla quando há mais de um parâmetro) que mede a proporção do somatório dos desvios quadrados da variável dependente que é explicada pelo modelo, ou seja, pela variação da(s) variáveis independentes. Na medida em que  $R^2$  aumenta necessariamente com o número de parâmetros será preferível considerar o chamado coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) para os graus de liberdade do modelo e do erro residual. Entre vários modelos, naturalmente que deverá ser seleccionado aquele cujo valor de  $R^2_{aj}$  seja maior.

Apesar da crítica de Draper e Smith (1981) à utilização do valor de  $R^2_{aj}$  para comparação de modelos, métodos habituais como o teste de incremento de  $R^2$  descrito, por exemplo, em Sokal e Rohlf (1995), o exame do quadrado médio do erro descrito, por exemplo, em Hines e Montgomery (1980), o exame de  $C_p$  (Mallows 1973) ou ainda o método *PRESS* descrito em Draper e Smith (1981) ou Snee (1977), além de serem basicamente equivalentes (Bunke e Droge 1984), revelam-se, por diversas razões, inadequados.

O teste de incremento de  $R^2$  pela impossibilidade de utilização quando o número de parâmetros dos modelos é igual; adicionalmente e quando o número de parâmetros é diferente, pelo facto de não parecer fazer sentido a não ser que o somatório dos desvios quadrados total seja igual para os dois ou mais modelos, situação que não se verifica no caso presente. O exame do valor do quadrado médio do erro, apesar de equivalente ao teste de incremento de  $R^2$ , tem sobre o anterior a vantagem de não estar limitado a modelos com diferente número de variáveis independentes (e a eventual desvantagem de não ser probabilístico); em contrapartida, partilha com o teste de incremento a necessidade do somatório dos desvios quadrados total ser igual nos modelos em comparação. O mesmo acontece com o exame do valor de  $C_p$  e com o método *PRESS*, com o primeiro a exigir a definição de um modelo de referência, o que na situação presente não é possível.

Se todos estes critérios exigem que o somatório dos desvios quadrados total seja igual em todos os modelos, bastaria, com excepção de  $C_p$ , satisfazer essa condição. A forma mais imediata de o conseguir consistiria na logaritmização dos dois termos do modelo de Weibull expresso em (6.17), do que resultaria

$$\ln P_{Y>x} = - [ (x - x_{\min}) / x_0 ]^m \quad (6.24)$$

e portanto a variável dependente em (6.24) seria igual à variável dependente em (6.23). O ajustamento do modelo de Weibull expresso em (6.24) e em (6.17) foi tentado nas amostras seleccionadas de MITRA1 0-5 cm, resultando quase sem excepção em valores de  $R^2$  para (6.24) menores ou muito menores que os obtidos usando (6.17). Consequentemente manteve-se a forma expressa em (6.17).

Alternativamente, poder-se-ia considerar a centragem e redução ou a simples estandardização da variável dependente no modelo de Weibull, quer na forma (6.17) quer na (6.24), desde que o mesmo fosse feito em (6.23). No entanto, nenhuma destas alternativas foi adoptada já que a sua aplicação era geralmente impossível ou, quando possível, conduzia a valores de  $R^2$  menores.

Consequentemente, adoptou-se como principal critério o valor de  $R^2_{aj}$  quer para o modelo polinomial (como passaremos a referir o geométrico) quer para o de Weibull, mesmo tendo em conta a provável inflação do coeficiente de determinação que resulta da selecção sequencial (Rencher e Pun 1980).

Adicionalmente, e para avaliar a qualidade dos modelos ajustados a) examinou-se visualmente o gráfico da distribuição normalizada dos residuais, b) alterou-se a probabilidade de erro tipo I dos coeficientes de forma a que a probabilidade de erro tipo I da experiência fosse  $\alpha_E=0.05$  (Jones 1984) e c) quer para os coeficientes quer para o modelo consideraram-se razões  $\gamma_m=2$  e  $\gamma_m=3$  (Box e Wetz 1973, Draper e Smith 1981) para probabilidades de erro tipo I  $\alpha_C=0.05$ , processo mais simples e menos polémico para avaliar a qualidade dos modelos que a utilização da distribuição não-central de  $F$  (ver Ellerton 1978, Hill *et al.* 1978, 1980, Suich e Derringer 1977, 1980).

#### 6.4 SELECÇÃO DE MODELOS

Considerando conjuntamente as 105 amostras de MITRA1 e MITRA2 foi sempre possível ajustar o modelo de Weibull e o polinomial expressos em (6.17) e (6.23). No de Weibull os valores do coeficiente de determinação ajustado estavam compreendidos entre  $R^2_{aj}=0.734$  (segundo mínimo de  $R^2_{aj}=0.849$ ) e  $R^2_{aj}=1.000$  com um valor médio de  $R^2_{aj}=0.975$ , enquanto no polinomial estavam compreendidos entre  $R^2_{aj}=0.811$  (segundo mínimo de  $R^2_{aj}=0.891$ ) e  $R^2_{aj}=1.000$  com um valor médio de  $R^2_{aj}=0.967$ .

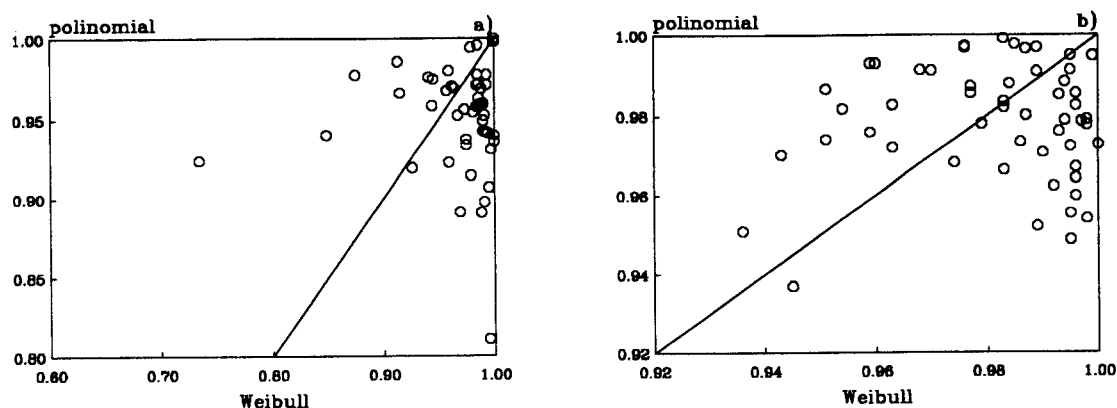
Apesar da quase igualdade da média dos valores de  $R^2_{aj}$ , em cerca de 60% das amostras o modelo de Weibull apresentava valores superiores, contra apenas cerca de 39% das amostras em que o polinomial tinha valores superiores (e 1% em que eram iguais).

Considerando três níveis de qualidade crescente dos modelos, nível  $M1$  modelos significativos para  $\alpha=0.05$ ,  $M2$  para  $\gamma_m=2$  ( $\alpha=0.05$ ) e  $M3$  para  $\gamma_m=3$  ( $\alpha=0.05$ ), todas as amostras no modelo de Weibull e cerca de 97% no polinomial pertenciam ao nível  $M3$ .

Passando para os coeficientes e definindo cinco níveis de qualidade crescente, nível C0 coeficientes não significativos para  $\alpha_C=0.05$  (só no modelo de Weibull), C1 significativos para  $\alpha_C=0.05$ , C2 para  $\alpha_E=0.05$ , C3 para  $\gamma_m=2$  ( $\alpha=0.05$ ) e C4 para  $\gamma_m=3$  ( $\alpha=0.05$ ), dos 210 coeficientes calculados para o modelo de Weibull (entre parêntesis para os 122 coeficientes do polinomial), 2% (0%) pertenciam ao nível C0, 3% (2%) ao C1, 11% (5%) ao C2, 12% (7%) ao C3 e 72% (87%) ao C4.

No conjunto das 105 amostras de MITRA1 e MITRA2, cerca de 77% dos modelos ajustados só incluíam os termos lineares e quadráticos ou ambos e só cerca de 12% não incluíam nenhum destes termos, podendo perfeitamente dispensar-se a centragem e redução das variáveis independentes nos ajustamentos do modelo polinomial, já que, como vimos § 6.3.1) esta transformação só reduzia a amplitude dos valores da variável independente para termos cúbicos e quárticos (e no termo quadrático numa única amostra de MITRA2).

Como primeiro resumo diremos que os dois modelos permitem excelentes ajustamentos (talvez melhores no de Weibull), de elevada qualidade (talvez melhor no polinomial).



**Figura 6.1** Valores de coeficiente de determinação ajustado para as mesmas amostras pelo modelo de Weibull e polinomial de a) MITRA1 e b) MITRA2. Traço contínuo para igualdade dos coeficientes.

Detalhando um pouco mais, apresentam-se na figura 6.1 os valores de  $R^2_{aj}$  dos modelos de Weibull e polinomial para as mesmas amostras de MITRA1 e MITRA2. O exame da figura revela de imediato alguma diferença entre os dois tipos de amostras ou, talvez o mesmo seja dizer, entre as duas formas de determinar a distribuição de dimensões, com todas amostras de MITRA2 tendo coeficientes de determinação superiores a 0.930, só se encontrando valores inferiores nas amostras de MITRA1.

Além disso, em MITRA1 há uma clara melhoria de ajustamento pelo modelo de Weibull, que apresenta valores de  $R^2_{aj}$  superiores aos obtidos pelo polinomial em 67% das amostras. Em contrapartida, em MITRA2 o modelo polinomial surge ligeiramente melhor, com valores de  $R^2_{aj}$  superiores aos obtidos pelo modelo de Weibull em 53% das amostras.

Em MITRA1 ou MITRA2 o modelo de Weibull apresenta tendência para valores de  $R^2_{aj}$  superiores ao polinomial quando se considera o lado direito dos gráficos (valores de  $R^2_{aj}$  elevados) e o inverso quando se considera o lado esquerdo.

Se o critério do  $R^2_{aj}$  parece favorecer o modelo não-linear de Weibull, outros aspectos

deverão ser considerados, não só pela selecção de modelos e correspondentes variáveis independentes ser um processo mais complexo que a mera comparação formal por um critério (Bunke e Droge 1984) mas também pela dificuldade de analisar estimativas de coeficientes por quadrados mínimos não-lineares (Hocking 1983).

Desde logo o número de coeficientes do modelo. Se esse número (dois) é fixo no de Weibull, já o mesmo não acontece com o polinomial. Neste, e considerando conjuntamente as amostras de MITRA1 e MITRA2 dadas a reduzida diferença entre ambas, 86% das amostras foram ajustadas com um único coeficiente, 10% com dois e só 4% com três. Consequentemente, e de acordo com Baskerville e Toogood (1982) só em relativamente poucos casos será de esperar dificuldades na interpretação dos coeficientes devidas à colinearidade ou multicolinearidade.

Mais importante ainda são as estimativas dos coeficientes nos dois modelos. Em MITRA1 os valores de  $x_0$  no modelo de Weibull não permitiam considerá-lo válido em 31% das amostras o mesmo acontecendo em 74% das amostras em MITRA2 mesmo após regressão nos *splines*. Em contrapartida, 96% dos modelos polinomiais foram aceites no primeiro ajustamento e 100% no segundo.

Tendo em conta que só aproximadamente 35% das amostras ajustadas pelo modelo polinomial poderiam ser consideradas progressões geométricas auto-semelhantes, e portanto de fácil interpretação, o modelo de Weibull surgia como particularmente interessante dado que a distribuição de tamanhos poderia ser facilmente caracterizada pelo parâmetro  $m$ .

No entanto e como acabámos de ver,  $x_0$  impede a aceitação do modelo de Weibull na maior parte dos ajustamentos (cerca de 53% das amostras considerando MITRA1 e MITRA2). Além disso e com uma única excepção, as estimativas de  $x_0$  têm uma precisão maior ou muito maior que as de  $m$ , pelo que dificilmente estaríamos confortáveis na utilização dos valores estimados para o parâmetro  $m$ .

Globalmente, diremos que a favor do modelo não-linear de Weibull está o valor médio e o número de amostras em que o coeficiente de determinação ajustado tem um valor superior em MITRA1 e a qualidade média do modelo ajustado. Igualdade aproximada entre ambos pode encontrar-se no valor médio do coeficiente de determinação em MITRA2.

Todos os restantes critérios são mais ou menos favoráveis ao modelo polinomial, nomeadamente o mínimo do coeficiente de determinação ajustado, o número de amostras em que este tem um valor superior em MITRA2, a qualidade mínima e média dos coeficientes, o número de parâmetros necessários e as estimativas dos coeficientes.

Assim, a opção será pelo modelo polinomial, tanto para MITRA1 como para MITRA2.

## 6.5 EXPRESSÃO DOS MODELOS

Tendo em conta a variedade de equações obtidas (considerando só MITRA1 obtiveram-se onze tipos de equações diferentes, 4 com um, 4 com dois, 2 com três e 1 com quatro

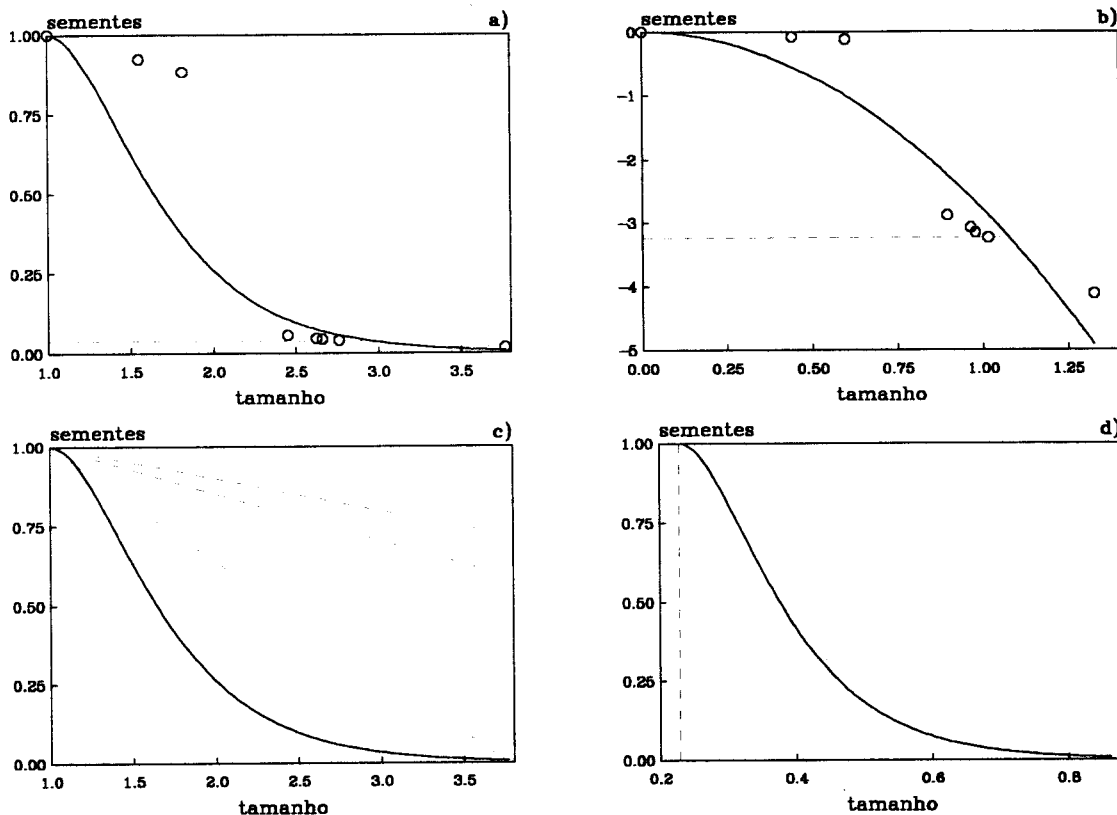
coeficientes) a comparação dos resultados obtidos em termos de caracterização da distribuição de tamanhos terá, pelo menos em parte, que ser independente dos coeficientes e dos seus valores estimados. A questão será definir qual a forma de caracterizar essa distribuição de tamanhos.

Nesse sentido, e no seguimento das propostas de Bavel (1949) e Lyon e Coffelt (1966), pareceu-nos ser o cálculo do integral das funções obtidas a melhor solução. Ainda assim algumas opções deverão ser tomadas relativamente a esse cálculo e para facilitar a apresentação dessas questões escolhemos a amostra cujo  $R^2_{aj}$  diferia menos do valor médio de  $R^2_{aj}$ . A primeira questão tem a ver com a forma da função a integrar, concretamente se na forma expressa em (6.23) ou como

$$P_{Y>X} = \exp(-Dx' + ax'^2 + bx'^3 + \dots + zx'^n + \dots) \quad (6.25)$$

tendo  $P_{Y>X}$  e  $x'$  o mesmo significado que em (6.21) e (6.22).

Na figura 6.2a apresenta-se graficamente o resultado do ajustamento usando a forma não logaritmizada dada em (6.25) e na 6.2b a forma logaritmizada dada em (6.23).



**Figura 6.2** Proporção retro-acumulada de sementes em função do seu tamanho de uma amostra de MITRAL. Em a) tamanho em proporção do menor tamanho da amostra, b)  $\ln$  da proporção de sementes e  $\ln$  do tamanho em proporção do menor tamanho da amostra, c) tamanho em proporção do menor tamanho da amostra, d) tamanho não transformado.  $\circ$  valores observados Para o significado dos tracejados ver texto.

O exame da figura 6.2 torna claro que a forma logaritmizada é, em termos de valor do



integral (ou de 'área' como passaremos a referi-lo), muito mais sensível à existência de sementes de grande tamanho mesmo que em muito pequena proporção (neste caso o maior tamanho só representa 1.6% das sementes da amostra). De facto, se as sementes de maior tamanho não existissem e as proporções das restantes se mantivessem a 'área' pouco alteraria na forma não logaritmizada mas reduzir-se-ia fortemente na logaritmizada, como se pode ver pela posição do tracejado na figura 6.2a e 6.2b. Será pois, claramente, de optar pela forma não logaritmizada.

A segunda questão tem a ver com a expressão da 'área'. Concretamente, se a 'área' é calculada em termos absolutos ou em relação a um valor de referência, o mais imediato sendo o da 'área' da correspondente distribuição equitativa retro-acumulada, ou seja aquela em que em todos os tamanhos houvesse o mesmo número de sementes.

A dificuldade desta aproximação reside na definição dessa 'área' de referência que exige o conhecimento do maior tamanho das sementes presentes em cada amostra. No caso que estamos a considerar, *Kochia scoparia* é a espécie de maior tamanho menor e *Spergula arvensis* a de maior tamanho maior (ver Anexo). Se usássemos o maior tamanho de *S. arvensis* como critério obteríamos para a distribuição equitativa a recta a tracejado de menor declive absoluto da figura 6.2c; se usássemos o maior tamanho de *K. scoparia* como critério obteríamos para a distribuição equitativa a recta a tracejado de declive intermédio da figura 6.2c; se usássemos o menor tamanho de *K. scoparia* como critério obteríamos para a distribuição equitativa a recta a tracejado de maior declive absoluto da figura 6.2c.

Qualquer destes critérios seria no mínimo discutível e sujeito a um erro não avaliável, pelo que, em MITRA1, a 'área' absoluta é francamente preferível. Adicionalmente, em MITRA2, a 'área' absoluta é, em muitos casos, a única que é possível calcular. De facto, tendo em conta o sistema de separação por crivos, em muitos casos não é possível definir o maior tamanho.

Finalmente a terceira questão. O cálculo da 'área' deverá ser feito de forma dependente ou independente da menor dimensão das sementes, isto é, deverá ou não adicionar-se a 'área' até à linha vertical a tracejado da figura 6.2d. Naturalmente que se todas as amostras em comparação tiverem o mesmo mínimo de tamanho esta questão perde relevância. No entanto, quando isso não acontece em todas as amostras, caso de MITRA1 e MITRA2, será claramente preferível considerar a forma dependente.

Assim, a função a integrar é do tipo

$$P_{Y>X} = x^n [ a + b \ln x^n + c (\ln x^n)^2 + d (\ln x^n)^3 ] \quad (6.26)$$

com

$$x^n = x / x_{\min} \quad (6.27)$$

podendo  $a$ ,  $b$ ,  $c$  ou  $d$  em (6.26) ser nulos.

Após integração, resultará uma 'área' não logaritmizada que após multiplicação pela menor dimensão das sementes será adicionada à 'área' à esquerda do tracejado na figura 6.2d de forma a ficar dependente do menor tamanho de sementes da amostra.

Naturalmente que quanto maior a proporção de sementes pequenas menor tenderá a ser a 'área', expressa em proporção retro-acumulada por mm.

Uma vez definida a forma, o passo seguinte é calcular a 'área'. Quando  $b=c=d=0$ , ou seja

$$P_{Y>x} = x^{-a} \quad (6.28)$$

com obrigatoriamente  $a < 0$ , a integração é fácil e sem problemas previsíveis. Em contrapartida, quando dois ou mais coeficientes em (6.26) são não nulos poderá ser preferível proceder a uma integração numérica.

O programa para o cálculo das 'áreas', corrido com dupla precisão, foi escrito em GW-BASIC (Anónimo 1986), tendo-se testado 40, 200, 1000, 5000 e 25000 intervalos iguais entre o menor e o maior valor de tamanho e optado por 5000 após comparação de erros (erro máximo absoluto de  $8.2 \times 10^{-7}$  proporção por mm) em relação à 'área' calculada com dupla precisão em GW-BASIC (Anónimo 1986) usando as 48 amostras cuja equação, expressa em (6.28), permite uma solução exacta.

Se a variedade de expoentes em (6.26) de alguma forma exige a consideração da 'área'  $A$  para sintetizar e comparar a distribuição de tamanhos do banco de sementes, a mesma variedade sugere a vantagem do estudo do comportamento desses expoentes. Quando  $b$ ,  $c$  e  $d$  em (6.26) tomam o valor zero aquela equação reduz-se à forma expressa em (6.28) e portanto, como vimos anteriormente (§ 6.2), estaremos em presença de um modelo geométrico auto-semelhante. Caso contrário estaremos em presença de um modelo geométrico auto-afim.

Pedindo emprestada a interpretação da auto-semelhança e auto-afinidade à geometria fractal (Stanley e Meakin 1988) e adaptando-a à distribuição não fractal do tamanho do banco de sementes, a auto-semelhança ocorrerá quando a distribuição de abundância de sementes for independente do tamanho das sementes, sendo de esperar em bancos de sementes com estrutura aleatória. Havendo muito processos interagindo na distribuição de tamanhos das sementes não será de esperar auto-semelhança mas sim auto-afinidade (Burrough 1983a) e portanto a distribuição de abundância de sementes também dependerá do tamanho das próprias sementes.

Adicionalmente, interessará examinar o valor ou o intervalo de valores do expoente em (6.26). Ainda de acordo com interpretações elaboradas no âmbito da geometria fractal aplicada às ciências do solo, valores elevados de  $D$  poderão ser vistos como resultando de efeitos ocorrendo a escalas menores enquanto valores baixos de  $D$  poderão resultar de efeitos ocorrendo a escalas maiores, (Burrough 1983a), com escalas de variação menores podendo significar microtopografia do solo ou variações pontuais de condições

metereológicas, enquanto escalas de variação maiores podem ser vistos como englobando macrotopografia ou condições climáticas.

Fazendo, a partir de (6.26) e por analogia com o modelo fractal em (6.8),

$$D = - ( a + b \ln x'' + c \ln x''^2 + d \ln x''^3 ) \quad (6.29)$$

é possível estudar a natureza, valor e variação de  $D$  para cada amostra e portanto verificar não só a existência de auto-semelhança ou auto-afinidade como a escala dos efeitos e, no caso de auto-semelhança, como é que  $D$  varia com a variação do tamanho das sementes.

## 7. TAMANHO E FORMA DAS SEMENTES. III CARACTERIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL

trata-me a equação provável:  
sou o teu gás de sonho - quantifica-me,  
Vitorino Nemésio

Como vimos no capítulo 5, é de esperar o predomínio de sementes menores mais superficialmente por, entre outras razões, a) ser um ambiente mais imprevisível (Brown e Venable 1986, Primack 1987, Salisbury 1974, Templeton e Levin 1979), b) pela necessidade de luz para germinarem (Cook 1980, Górski *et al.* 1977, 1978, Thompson e Grime 1979) e c) menor predação que sementes maiores (Hulme 1994, Reader 1993).

Em contrapartida e apesar de profundidades maiores serem menos favoráveis para sementes menores há um conjunto de factores que poderão conduzir à redução do tamanho das sementes do banco de sementes a maiores profundidades, nomeadamente a) uma maior facilidade de arrastamento vertical por arrastamento através de fendas (Grime 1979, Thompson e Grime 1979, Thompson *et al.* 1993), b) maior facilidade de enterramento por animais (McRill e Sagar 1973, Thompson e Grime 1979), c) a improbabilidade de movimentações ascendentes sem mobilizações do solo (Harper 1977), d) necessidade de luz para germinarem (Cook 1980, Górski *et al.* 1977, 1978, Thompson e Grime 1979) e e) muito menor predação, se enterradas, que a de sementes maiores (Thompson 1987).

Conjugando as duas perspectivas e tendo em conta que a duração e profundidade de enterramento podem afectar não só a germinação como a sobrevivência de sementes (Thill *et al.* 1985), poder-se-á esperar que, a pequenas profundidades, a distribuição de tamanhos de sementes possa ser fortemente dependente das condições ambientais, com acumulação de sementes maiores em anos pouco favoráveis enquanto que, a maiores profundidades, será de esperar uma acumulação progressiva de sementes menores independente das condições ambientais.

Em geral, a emergência de sementes é maior a profundidades menores (Archibold 1989, Roundy *et al.* 1993), eventualmente devido a melhor arejamento superficial embora a maiores profundidades possa haver maior e mais longa disponibilidade de água (Roundy *et al.* 1993). Esta relação é particularmente evidente em sementes pequenas (Leck 1989) de menores limites de alongação subterrânea do hipocótilo (Harper 1977), com o enterramento a poder alterar dormências (Karssen 1980/81), características fotoblásticas (Taylorson 1970) ou ser crucial para aumentar a capacidade de germinação de infestantes (Taylorson 1972).

Dada a importância da capacidade de germinação, emergência e sobrevivência na composição do banco de sementes do solo, bem como a sua possível dependência do tamanho das sementes (Garwood 1989) começaremos por examinar a importância do enterramento sem qualquer mobilização naqueles aspectos, testando, sempre que possível, a relevância do tamanho das sementes. Todas as dimensões que apresentaremos correspondem

ao menor (ou ao único) volume ou comprimento (ver Anexo). Finalmente, calcularemos as 'áreas' *A* de MITRA1 e MITRA2 investigando, simultaneamente com a caracterização da distribuição de tamanhos do banco de sementes, a operacionalidade da abordagem adotada.

### 7.1 ENTERRAMENTO, GERMINAÇÃO, EMERGÊNCIA E TAMANHO DAS SEMENTES

Chepil (1946) estudou durante 5 anos o efeito da colocação de sementes à superfície, mistura nos 6.35 cm superficiais (2.5 polegadas) e nos 15.24 cm superficiais (6 polegadas) na emergência e manutenção de viabilidade de, por ordem crescente de tamanho, *Sisymbrium altissimum* (0.105 mm<sup>3</sup>), *Amaranthus retroflexus* (0.188 mm<sup>3</sup>), *Sinapis arvensis* (0.524 mm<sup>3</sup>), *Thlaspi arvense* (0.628 mm<sup>3</sup>) e *Salsola pestifer* (1.642 mm<sup>3</sup>), tendo observado para todas as espécies uma relação inversa entre a emergência e a profundidade máxima a que as sementes podiam estar; adicionalmente, só a espécie de sementes maiores não parecia ser capaz de dar origem a bancos de sementes persistentes, já que praticamente nenhuma das não emergidas se mantinha viável.

Chancellor (1964) investigou, em Inglaterra, a profundidade de que 19 espécies infestantes anuais e comuns emergiam em dois anos e três tipos de solos diferentes, tendo observado diferenças importantes na profundidade máxima de emergência entre os anos e, dentro dos anos, um aumento generalizado das emergências entre Janeiro e Março.

Considerando 18 das 19 espécies para que dispomos de valores de menor volume (entre 41.888×10<sup>-3</sup> e 6.627 mm<sup>3</sup>) e que são comparáveis no delineamento amostral, verificámos que a profundidade óptima de emergência varia pouco com o tamanho das sementes, nunca sendo superior a 2 cm para sementes até 1.309 mm<sup>3</sup> (*Chrysanthemum segetum*), a 3 cm para sementes até 3.026 mm<sup>3</sup> (*Polygonum persicaria*) só atingindo os 4 cm ou mais em sementes de tamanhos maiores (*Polygonum convolvulus*, 6.283 mm<sup>3</sup>, *Veronica hederifolia*, 6.627 mm<sup>3</sup>). Em contrapartida, observa-se uma muito maior variabilidade na profundidade máxima de que as plântulas podem emergir, com um mínimo de 2 cm (*Senecio vulgaris*, 0.193 mm<sup>3</sup>; *Urtica urens*, 0.785 mm<sup>3</sup>; *Veronica persica*, 1.432 mm<sup>3</sup> e *Matricaria recutita*) e um máximo de 12 cm em *P. convolvulus* e 13 cm em *V. hederifolia*. Não só o ano ou o mês são importantes como o tipo de solo parece alterar a profundidade máxima de que emergem plântulas; em média e não considerando *V. hederifolia*, com uma profundidade máxima de emergência de 6.4 cm (entre 2 e 9 cm) em solo franco-argiloso, 5.1 cm (entre 2 e 12 cm) em franco-arenoso e 4.1 cm (entre 2 e 7 cm) em solo de turfa.

Wiese e Davis (1967) analisaram o efeito da profundidade de enterramento entre 0 e 10.16 cm (4 polegadas), temperatura e disponibilidade de água na germinação e emergência de *Amaranthus retroflexus* (0.188 mm<sup>3</sup>), *Echinochloa crus-galli* (0.513 mm<sup>3</sup>) e *Schedonnardus paniculatus*, tendo verificado a ocorrência de interacção entre os três factores, com maiores emergências a profundidades menores, temperaturas mais elevadas e maiores disponibilidades de água. *E. crus-galli* era a espécie de mais lenta emergência mas a

única que conseguia germinar a 10.16 cm e, em solos não secos, emergir.

Robocker *et al.* (1969) estudaram o efeito do enterramento e sua duração (até 10 anos) de sementes de *Halogeton glomeratus* ( $3.329 \text{ mm}^3$ ) concluindo que a forma 'preta' da semente (só o aquénio) germinava totalmente em todas as profundidades ao fim de um ano, enquanto a forma 'castanha' (aquénio aderindo ao cálice) tendia não só a apresentar maior longevidade como esta aumentava com o aumento da profundidade.

Feast e Roberts (1973) verificaram, em estufa, o efeito do enterramento a 1, 2 e 3 cm na velocidade de germinação de sementes do solo; no conjunto das 20 espécies identificadas havia emergências crescentes com o aumento da profundidade, embora na maior parte delas não houvesse alterações consistentes da emergência com a profundidade. Em contrapartida, e por ordem crescente de tamanho, em *Papaver rhoeas* ( $41.989 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ), *Capsella bursa-pastoris* ( $7.540 \times 10^{-2} \text{ mm}^3$ ), *Matricaria matricarioides* ( $0.177 \text{ mm}^3$ ), *Stellaria media* ( $0.268 \text{ mm}^3$ ) e *Tripleurospermum maritimum* ( $0.942 \text{ mm}^3$ ) havia um estímulo das emergências com a redução da profundidade e o inverso nas sementes maiores de *Fumaria officinalis* ( $1.268 \text{ mm}^3$ ) e *Veronica hederifolia* ( $6.627 \text{ mm}^3$ ).

Solano *et al.* (1974) estudaram o efeito do enterramento entre 0 e 15 cm durante 52 dias na germinação (em estufa) e emergência (estufa e campo) de sementes de *Anoda cristata* ( $19.357 \text{ mm}^3$ ) escarificadas. As emergências em estufa e no campo diferiam pouco, não havendo praticamente diferenças na germinação entre 0 e 15 cm de profundidade (entre 84.1% e 95.0%), o mesmo não acontecendo com o 'rendimento' da germinação (emergidas em proporção das germinadas) com valores superiores a 0.94 até aos 5 cm de profundidade, descendo para 0.50 a 7.5 cm e sendo praticamente nulo a partir dos 10 cm.

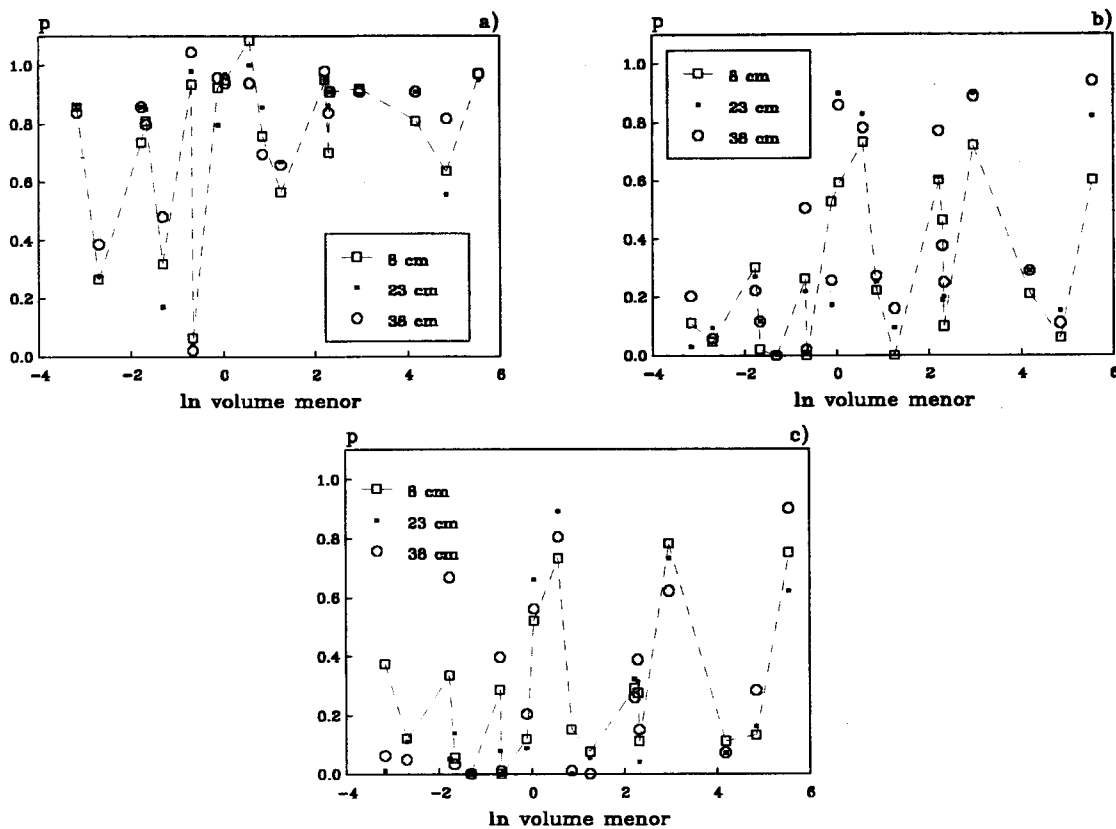
Piggin (1976) investigou o efeito do enterramento entre 0 e 7.6 cm durante quase dois anos na emergência de *Echium plantagineum* ( $5.482 \text{ mm}^3$ ) concluindo ser a profundidade de 1.3 cm, com 29% de emergências, a mais favorável, seguida da superfície com cerca de 15% e uma quase total ausência a 7.6 cm de profundidade.

Gomes *et al.* (1978) estudaram o efeito da idade das sementes e do enterramento entre 1.3 e 10.2 cm na emergência de *Ipomoea lacunosa* ( $65.450 \text{ mm}^3$ ) e de duas variedades de *I. hederacea* ( $4.072 \text{ mm}^3$ ). De uma maneira geral sementes com dois anos apresentavam maiores emergências que com um ou três anos, com o máximo de emergência a ser alcançado nos três taxa entre 1.3 e 2.5 cm. Uma das variedades de *I. hederacea* tinha emergências claramente menores e *I. lacunosa* distinguia-se das duas restantes pela sua maior emergência a profundidades superiores a 7.6 cm.

Egley e Chandler (1978) investigaram o efeito do enterramento entre 8 e 38 cm durante 2.5 anos na viabilidade de sementes de 20 espécies de infestantes.

Na figura 7.1 apresentamos a relação entre os volumes menores de 19 das 20 espécies estudadas por Egley e Chandler (1978) e a percentagem de sementes viáveis ao fim de 6, 18 e 30 meses em proporção da percentagem de sementes viáveis. Do seu exame ressalta a reduzida influência da profundidade na manutenção da viabilidade das sementes (sobretudo

nas sementes mais pequenas) bem como a quase total independência desta em relação ao tamanho das sementes. De referir ainda, não só as profundidades elevadas em que o estudo foi conduzido, como nas sementes não viáveis não ser possível distinguir entre as que eventualmente germinaram (com ou sem sucesso posterior) e as que morreram.



**Figura 7.1** Percentagem de sementes viáveis em proporção ( $p$ ) da percentagem de sementes viáveis inicial ao fim de a) 6 meses, b) 18 meses e c) 30 meses de enterramento em função do  $\ln$  do volume menor em  $\text{mm}^3$ . Para as fontes ver Egley e Chandler (1978) e Anexo.

Weaver e Cavers (1979) analisaram os efeitos da cobertura do solo e do enterramento entre 0 e 5 cm na germinação de *Rumex crispus* ( $0.254 \text{ mm}^3$ ) e *R. obtusifolius* ( $0.465 \text{ mm}^3$ ) observando reduções significativas da germinação a 1 cm de profundidade, quase total a 5 cm em *R. crispus*, parcial em *R. obtusifolius* embora nesta a maior parte das plântulas não emergissem. Observaram também uma movimentação vertical descendente das sementes, mais rápida nas menores sementes de *R. crispus*. A elevada germinação à superfície é consistente com a classificação destas espécies como positivamente fotoblásticas (Górski *et al.* 1977) e não é afectada pela maior ou menor área de solo nu em que ocorre; em contrapartida a sobrevivência das plântulas aumenta com a área a descoberto.

Burnside *et al.* (1981) observaram durante 9 anos o efeito do enterramento a 23 cm na capacidade de germinação de sementes de 12 espécies (entre  $0.188$  e  $52.169 \text{ mm}^3$ ).

Usando os resultados daqueles autores, não encontramos qualquer relação entre o tamanho e a manutenção da capacidade de germinação, embora o estranho comportamento dos modelos apresentados pelos autores dificulte uma apreciação segura.

Eastin (1983) investigaram os efeitos do enterramento entre 0 e 10 cm durante 12 dias na

emergência de sementes escarificadas de *Jacquemontia tamnifolia* ( $6.283 \text{ mm}^3$ ). A profundidade ótima de emergência será entre 0.5 cm e 1 cm (mais de 90%), decrescendo de forma aproximadamente constante até aos 3 cm (mais de 70%) e depois bruscamente a 4 cm (menos de 10%), não se observando emergências a ou abaixo dos 6 cm.

Bebawi *et al.* (1984) estudaram o efeito do tamanho e peso (avaliado pela gravidade específica) de sementes de *Striga asiatica* localizadas nos 3 cm superficiais do solo na emergência e parasitação de milho. Sementes grandes, pesadas ou não, germinavam melhor em bioensaios enquanto sementes pequenas e leves não germinavam de todo. No solo, sementes pequenas continuavam a não germinar e só sementes grandes e pesadas apresentavam valores apreciáveis de emergência, embora com elevada mortalidade.

Roberts e Boddrell (1984) analisaram os efeitos do enterramento nos 7.5 cm superficiais até 5 anos na sobrevivência e emergência de *Papaver dubium* ( $6.545 \times 10^{-5} \text{ mm}^3$ ), *P. lecoqii* ( $6.545 \times 10^{-5} \text{ mm}^3$ ), *P. rhoeas* ( $41.989 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ) e *P. argemone* tendo observado que praticamente todas as plântulas de *P. rhoeas* e *P. argemone* emergiam no primeiro ano, com *P. dubium* e *P. lecoqii* a apresentarem tendência para maior número de sementes a permanecerem dormentes e viáveis.

Zorner *et al.* (1984) consideraram os efeitos do enterramento entre 1 e 30 cm durante 36 meses na germinação e viabilidade de sementes dormentes e não-dormentes de *Avena fatua* ( $8.826 \text{ mm}^3$ ). As sementes não-dormentes desapareciam muito mais rapidamente a partir dos 10 cm, observando-se nos dois tipos de sementes o desaparecimento das superficiais basicamente por perda de viabilidade e o das mais profundas por germinação *in situ*.

Caixinhas (1984, 1988) acompanhou durante 60 meses o efeito do enterramento até 15 ou 20 cm no desaparecimento e perda da capacidade germinativa de, por ordem crescente de tamanho, *Rumex crispus* ( $0.254 \text{ mm}^3$ ), *Sinapis arvensis* ( $0.524 \text{ mm}^3$ ), *Amaranthus blitoides* ( $0.905 \text{ mm}^3$ ), *Chrysanthemum segetum* ( $1.309 \text{ mm}^3$ ), *Phalaris brachystachys* ( $1.964 \text{ mm}^3$ ) e *Datura stramonium* ( $6.283 \text{ mm}^3$ ). Em geral a resposta das sementes era independente da profundidade podendo definir-se quatro tipos de comportamento. Sementes cujo desaparecimento por germinação era elevado com (*R. crispus*, *C. segetum*, *P. brachystachys*) ou sem (*S. arvensis*) perda da capacidade germinativa, desaparecimento reduzido com (*A. blitoides*) ou sem (*D. stramonium*) perda da capacidade germinativa. De referir que nas espécies em que havia perda da capacidade germinativa ela era mantida na presença de luz com excepção de *R. crispus*.

Campbell (1985) estudou os efeitos do enterramento entre 0 e 32 mm durante 90 dias na germinação, emergência e crescimento inicial de *Hypericum perforatum* ( $22.907 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ), tendo observado quase 60% de emergência nas sementes plantadas à superfície, 8% a 2 mm, 1% a 4 mm e nenhuma emergência a partir dos 8 mm.

Roberts e Boddrell (1985) avaliaram os efeitos do enterramento a 5 cm durante cerca de um ano na germinação de sementes de *Aethusa cynapium* ( $5.027 \text{ mm}^3$ ), tendo concluído que aumenta a capacidade de germinação e a amplitude de temperaturas a que ocorre, com a

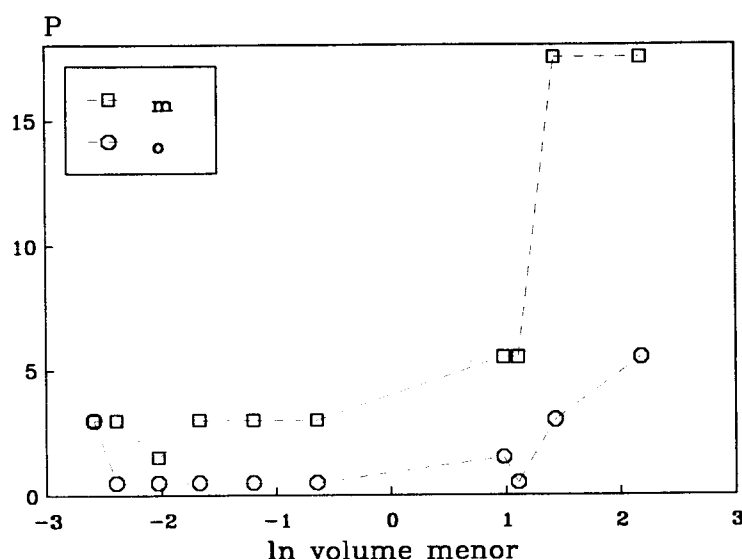


ausência de tegumento a aumentar sistematicamente a germinação.

Peters (1986) investigou os efeitos na emergência de plântulas e sobrevivência de sementes do enterramento a 20 e 100 mm de sementes basais (primárias) e segundas mais distais (secundárias) de dois tipos de *Avena fatua* ( $8.826 \text{ mm}^3$ ) colhidas em locais diferentes durante quase 5 anos. Em geral houve diferenças associadas aos locais de colheita mas não ao tipo de *A. fatua*. Em contrapartida, embora inicialmente houvesse poucas diferenças associadas às profundidades, a emergência total foi significativamente menor a 100 mm e com maiores reduções nas sementes secundárias. O número de sementes perdidas foi também maior a 100 mm e em sementes secundárias. No conjunto só 1% das sementes iniciais se mantinham viáveis no fim da experiência.

Barralis *et al.* (1998) estudaram o efeito do enterramento até 17.5 cm na emergência de 13 espécies de infestantes.

Na figura 7.2 apresentamos a variação da profundidade óptima e máxima, registada pelos autores, de 10 das 13 espécies para as quais dispúnhamos de valores de tamanho, em função do volume menor (ver Anexo).



**Figura 7.2** Profundidade máxima (*m*) e óptima (*o*) de emergência de sementes em função do  $\ln$  do volume menor em  $\text{mm}^3$ . Para as fontes ver Barralis *et al.* (1988) e Anexo.

Da figura 7.2 ressaltamos a relativa uniformidade e independência do tamanho da profundidade óptima, que só ultrapassa 3 cm na espécie de sementes maiores, *Avena fatua* ( $8.826 \text{ mm}^3$ ); em contrapartida, na profundidade máxima notamos uma maior dependência do tamanho, com tendência para o seu aumento com o aumento das sementes, particularmente nítida para sementes com volume menor superior a  $3.026 \text{ mm}^3$  (*Galium aparine* e *A. fatua*).

Graham e Hutchings (1988a) analisaram os efeitos da localização de sementes entre 0 e 12 cm na capacidade de germinação durante um máximo de 11 semanas.

Os menores volumes de 21 das 24 espécies mais frequentes estão compreendidos entre  $22.907 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$  e  $6.283 \text{ mm}^3$ . Em geral, a percentagem de germinação diminuía com o

aumento da profundidade, não nos parecendo haver qualquer relação entre a percentagem de germinação nas várias profundidades e o tamanho das sementes. No entanto, estes resultados não são totalmente conclusivos no que diz respeito a uma eventual relação entre o tamanho e a germinação de sementes localizadas a diferentes profundidades tendo em conta que, embora não quantificadas, havia a) diferenças na distribuição das sementes de cada espécie pelas diferentes profundidades (Graham e Hutchings 1988a) e b) diferenças do número de sementes total de cada espécie (Graham e Hutchings 1988b).

Miller e Nalewaja (1990) seguiram durante 168 meses os efeitos do enterramento entre 0 e 34 cm na manutenção da viabilidade de *Avena fatua* ( $8.826 \text{ mm}^3$ ) tendo observado desaparecimento (germinadas ou mortas) de sementes até aos 34 cm, com um máximo de sementes desaparecidas em 0-4 cm e 6-10 cm (neste último intervalo houve aplicação de nitrato de amónia) e em geral uma redução da proporção de sementes desaparecidas com o aumento da profundidade.

Bridgemohan *et al.* (1991) avaliaram os efeitos do enterramento entre 0 e 45 cm durante 360 dias na germinação de sementes de *Rottboellia cochinchinensis* ( $20.944 \text{ mm}^3$ ). Observaram uma interacção significativa entre a profundidade e o tempo de enterramento, com o número de sementes germinadas a aumentar de forma consistente com o tempo de enterramento para profundidades até aproximadamente 15 cm, com padrões mais complexos a profundidades maiores. No entanto, a maior parte das sementes desapareciam não por germinação mas sim por perda de viabilidade pré-germinação. Adicionalmente, os autores observaram uma relação de tipo sigmoidal, mas independente da profundidade, entre a dormência exógena e o tempo de enterramento.

Hidalgo *et al.* (1991) estudaram o efeito do enterramento em intervalos descontínuos até 12 cm durante 8 meses em dois anos consecutivos na emergência de sementes de *Phalaris minor* ( $1.361 \text{ mm}^3$ ), *P. brachystachys* ( $1.964 \text{ mm}^3$ ) e *P. paradoxa* ( $3.888 \text{ mm}^3$ ) não observando grandes diferenças na resposta das três espécies, com 10-12% de emergências a 0-1 cm, 1-4% a 2-3 cm, 1-2% a 5-7 cm e 0-1% a 10-12 cm.

Townsend (1992) verificou os efeitos do enterramento entre 1.5 e 3.8 cm de sementes de duas sub-espécies de *Medicago sativa* ( $1.508 \text{ mm}^3$ ) agrupadas em seis classes de peso, tendo observado uma relação directa entre o peso e a emergência de sementes, relação que se mantinha basicamente constante com a variação da profundidade de enterramento.

Qiu e Mosjidis (1993) investigaram os efeitos da profundidade de sementeira (2 e 6 cm) e tamanho das sementes (três classes) de três genótipos na germinação, emergência e desenvolvimento de *Vicia sativa* ( $4.189$  a  $268.083 \text{ mm}^3$ ). Não foram encontradas diferenças importantes associadas ao tamanho das sementes, nem interacções entre os factores. As sementes plantadas mais profundamente levavam, naturalmente, mais tempo a emergir mas faziam-no a uma velocidade superior (6.5 dias a 2 cm) às mais superficiais (9 dias a 6 cm).

Bonis e Lepart (1994) estudaram o efeito da profundidade até 14 cm e do enterramento dos 3 cm superficiais de solos de salgados durante um máximo de 2 meses na emergência de

sementes, não tendo observado praticamente emergências a profundidades superiores a 2 cm. Adicionalmente verificaram que, quando colocadas à superfície, só as sementes localizadas originariamente até 4 cm mantinham a capacidade de germinarem. Ou seja, as sementes abaixo dos 4 cm parecem ter perdido a capacidade de germinar ao contrário das sementes localizadas entre 2 e 4 cm. Além disso, as sementes superficiais (0-3 cm) em geral só emergem a pequenas profundidades não o parecendo fazer quando deslocadas para profundidades superiores a 2 cm, com exceção de *Chara* sp. que parece ter um limite um pouco maior. Segundo os autores as sementes presentes no solo são todas pequenas.

Cousens *et al.* (1994) consideraram os efeitos do enterramento a diversas profundidades até 4 cm durante pelo menos 8 semanas, na emergência de cinco lotes de sementes distais e proximais de *Rapistrum rugosum* (0.143 mm<sup>3</sup>) tendo observado, em geral, maiores emergências em sementes proximais (com tegumentos menos espessos), com o ótimo de emergência associado a enterramento a 0.2 cm com duas exceções, uma das quais correspondendo a sementes distais mais velhas que em contrapartida, nas não emergidas, revelavam reduzidas ou nulas sobrevivências.

Hezewijk *et al.* (1994) estudaram o efeito do enterramento a 5, 15 e 45 cm até 22 meses de sementes de *Orobanche crenata* de origens diferentes, não tendo observado diferenças na capacidade de germinação associada às profundidades.

Arco *et al.* (1995) estudaram o efeito do enterramento entre 5 e 25 cm durante 9 meses na dinâmica de sementes de *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana* (9.031 mm<sup>3</sup>). Embora a redução do número de sementes presentes no solo pouco se alterasse com a profundidade, a forma como essa redução ocorria era claramente dependente da profundidade de enterramento, com uma relação linear inversa entre a profundidade e o número de sementes que produziam plântulas (33-49% a 5 cm, 6% a 25 cm) e directa entre a profundidade e o número de sementes que não produziam plântulas (5-16% a 5 cm, 29-44% a 25 cm). Ou seja, o sucesso reprodutivo, no sentido dado por Brown e Venable (1986), diminui de forma substancial a profundidades maiores.

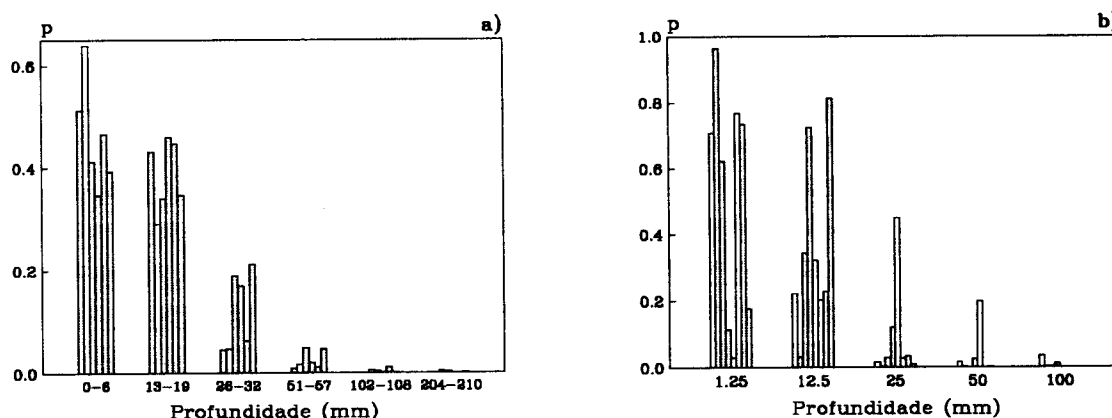
Baskin *et al.* (1996) avaliaram a resposta à permanência a 7 cm de profundidade durante dois e três anos de sementes de *Setaria glauca* (2.668 mm<sup>3</sup>) recém-colhidas, tendo observado entre nenhuma e 20% de germinação, com 65% a 88% das sementes a continuarem viáveis, interpretando a ausência de germinações pela perda de capacidade de germinar no escuro numa vasta gama de termo-períodos.

Cussans *et al.* (1996) investigaram os efeitos do enterramento de sementes entre 2 e 11 cm na emergência de plântulas em *Alopecurus myosuroides*, *Stellaria media*, *Galium aparine* e *Triticum aestivum* para diferentes tamanhos de agregados de solo. As duas primeiras são espécies com menores sementes em peso, de forma não tão clara em volume quando se compara *A. myosuroides* com *G. aparine* (ver Anexo) o que poderá, na nossa opinião, explicar o comportamento menos constante de *A. myosuroides*, que germinava mais rapidamente na presença de luz, era mais susceptível à profundidade e ao tamanho dos

agregados, com maiores emergências associadas a maiores agregados sobretudo a menores profundidades. As espécies de menores sementes (*A. myosuroides* e *S. media*) apresentavam simultaneamente maiores potenciais de emergência a profundidades menores e muito reduzidos potenciais de emergência a maiores profundidades que as de maiores sementes (*Galium aparine* e *T. aestivum*). Da nossa análise resulta que a redução dos potenciais de emergência com o aumento da profundidade era menos nítida nas espécies de menores sementes logo a partir da superfície mas, nas espécies com maiores sementes, esse efeito, só começava a notar-se a partir dos 7-8 cm mas variando com o tamanho dos agregados..

Gundry *et al.* (1996) seguiram durante 22 meses os efeitos do enterramento entre 0 e 210 mm na emergência de seis espécies e Gundry e Mead (1998), durante um ano entre 0 e 100 mm, na emergência de nove espécies. Nos dois estudos a distribuição das sementes foi feita em faixas estreitas (6 cm no primeiro, 1.25 mm no segundo) ou em camadas largas, com *Veronica arvensis* (0.170 mm<sup>3</sup>), *Stellaria media* (0.268 mm<sup>3</sup>), *Chenopodium album* (0.302 mm<sup>3</sup>), *Polygonum aviculare* (1.063 mm<sup>3</sup>) e *Veronica persica* (1.432 mm<sup>3</sup>) presentes nos dois estudos; *Matricaria* spp. (basicamente *M. inodora*, 0.170 mm<sup>3</sup>) só no primeiro e *Capsella bursa-pastoris* (7.540×10<sup>-2</sup> mm<sup>3</sup>), *Solanum nigrum* (0.424 mm<sup>3</sup>) e *Thlaspi arvense* (0.628 mm<sup>3</sup>) só no segundo, além de *Tripleurospermum inodorum* para a qual não encontramos valores de dimensões.

Na figura 7.3 apresentamos os resultados de emergência em proporção do total de sementes que emergiram em cada espécie (por ordem crescente de tamanho) para cada profundidade de faixa estreita.



**Figura 7.3** Plântulas emergidas em função da profundidade de enterramento (mm) em proporção (*p*) do total de plântulas. Em cada profundidade (faixas estreitas) as espécies estão por ordem crescente de tamanho das sementes; a) *Veronica arvensis*, *Matricaria* spp., *Stellaria media*, *Chenopodium album*, *Polygonum aviculare* e *V. persica* (Gundry *et al.* 1996), b) *Capsella bursa-pastoris*, *V. arvensis*, *S. media*, *C. album*, *Solanum nigrum*, *Thlaspi arvense*, *P. aviculare* e *V. persica* (Gundry e Mead 1998). A sombreado, espécies comuns nos dois estudos. Para as fontes ver Grundy e Mead (1998), Grundy *et al.* (1996) e Anexo.

De acordo com a nossa análise, é nítida a diminuição de emergências com o aumento da profundidade. No primeiro estudo (figura 7.3a), em que não havia conhecimento do número de sementes enterradas, houve não só muito mais emergências (entre 1.8 e 387.4 plântulas

para as espécies comuns contra entre 1.9 e 49.0 plântulas no segundo estudo) como uma tendência nítida para sementes muito pequenas praticamente não emergirem abaixo da banda 26-32 mm, sem grandes diferenças para maiores profundidades.

Em contrapartida, no segundo (figura 7.3b), sementes colocadas à superfície (profundidade 1.25 mm) emergiam de forma independente do tamanho, reduzindo-se a sua emergência com a profundidade de forma também independente do tamanho. No entanto, três espécies apresentam um comportamento diferente; *C. album* (positivamente fotoblástica segundo Górski *et al.* 1977) e *V. persica* emergindo quase exclusivamente a 12.5 mm (só a primeira com um comportamento semelhante nos dois estudos) e *S. nigrum* emergindo basicamente entre 12.5 e 50 mm. Curiosamente, são as espécies com menores sementes (*M. inodora* no primeiro e *C. bursa-pastoris* no segundo estudo) que apresentam maiores proporções de emergência nas maiores profundidades.

Navarrete e Quintanilla (1996) estudaram durante 3 anos a emergência de *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana* (9.031 mm<sup>3</sup>) em diferentes sistemas agronômicos verificando que emergências a profundidades superiores a 15 cm eram praticamente nulas.

Campbell e Nicol (1997) consideraram os efeitos do enterramento a 5 e 40 mm durante 2.7 anos de sementes de *Cassinia arcuata* com diferentes idades, concluindo que quanto mais velhas, mais tempo ou mais profundamente as sementes eram enterradas, menor era a sua capacidade de germinação em laboratório após terem sido retiradas do solo, com a perda de capacidade de germinar claramente agravada pelo enterramento. Adicionalmente, quanto mais velhas, mais tempo ou mais profundamente, menos sementes eram recuperadas do solo devido quer germinação no solo quer a destruição por micróbios.

Vleeshouwers (1997) analisou os efeitos da profundidade de enterramento, temperatura (5, 10, 15, 20 e 25 °C), resistência à penetração do solo (0.4, 0.7 e 1.0 MPa) e peso das sementes no crescimento pré-emergência de sementes de *Spergula arvensis* (0.113 mm<sup>3</sup>) enterradas a 0.5, 1, 1.5, 2 e 3 cm, *Chenopodium album* (0.302 mm<sup>3</sup>) enterradas a 0.5, 1, 2, 3 e 4 cm) e de *Polygonum persicaria* (3.026 mm<sup>3</sup>) enterradas a 0.5, 1, 2, 4 e 8 cm não tendo observado praticamente emergências abaixo dos 2 cm. Relativamente à percentagem de emergência, havia para todas as espécies efeitos significativos associados à profundidade, temperatura e resistência do solo, bem como à interação entre resistência e profundidade e, exclusivamente em *S. arvensis*, entre temperatura e profundidade; em geral a emergência era reduzida pela temperatura de 5 °C, pelo aumento da profundidade e da resistência do solo à penetração.

Na velocidade média de emergência foram observadas em todas as espécies efeitos significativos associados à profundidade, temperatura e resistência do solo, bem como a todas as interações em *S. arvensis*, nenhuma das interações em *C. album* e às interações entre resistência e profundidade e entre resistência, profundidade e temperatura em *P. persicaria*; em geral a velocidade de emergência aumentava com o aumento da temperatura e redução da profundidade e resistência à penetração.

De acordo com a modelação efectuada, será de esperar que a profundidade máxima de emergência (percentagem de emergência de 1%) para temperaturas entre 10-25 °C e uma resistência à penetração de 0.4 MPa seja de 2.7 cm em *S. arvensis* e *C. album* e de 4.9 cm em *P. persicaria* reduzindo-se para respectivamente 1.8, 1.4 e 2.4 cm quando a resistência à penetração aumenta para 1.0 MPa.

Navie *et al.* (1998) investigaram os efeitos do enterramento a 0 e a 5 cm durante 24 meses, de sementes de *Parthenium hysterophorus* ( $61.261 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ) tendo observado a manutenção da viabilidade ao fim de 24 meses de enterradas em cerca de 74% das sementes e o desaparecimento por germinação e/ou morte de cerca de 17% das sementes, com a proporção de sementes não germináveis aproximadamente constante ao longo da experiência; em contrapartida, nas sementes depositadas à superfície só foram observadas emergências nos primeiros 5 meses totalizando cerca de 51%.

Dada a enorme variedade de objectivos (germinação, sobrevivência, viabilidade, emergência), profundidades consideradas e duração do enterramento, não é fácil, nem talvez útil, tentarmos tirar conclusões que não sejam gerais.

Assim, sementes menores parecem germinar e/ou emergir facilmente à superfície ou perto dela, ao contrário da afirmação de Peart (1984) de sementes pequenas necessitarem algum enterramento, e mais dificilmente a profundidades maiores enquanto sementes maiores conseguem germinar com sucesso a profundidades maiores, com a de 5 cm a parecer constituir um barreira na maior parte dos casos, embora a emergência, mesmo a de sementes relativamente grandes (entre 1.5 e 4 mm), seja razoavelmente afectada pela compactação ou formação de crostas no solo (Hegarty e Royle 1978).

Adicionalmente, o tipo de solo (Chancellor 1964), variações da temperatura do solo (Wagenvoort e Bierhuizen 1977) ou de teores de oxigénio (Benvenuti e Macchia 1995, 1998) poderão alterar a profundidade máxima ou óptima de emergência.

Conclusões semelhantes podem ser tiradas em ecossistemas bastante diferentes dos que temos vindo a examinar, caso de pântanos e salgados e envolvendo não só sementes como também esporos (além de Bonis e Lepart 1994, Leck e Graveline 1979, Leck e Simpson 1987a,b) ou de tundra (McGraw 1980).

Consequentemente, será de esperar que, em condições favoráveis, bancos de sementes a menores profundidades reproduzam a distribuição de tamanhos das sementes produzidas na estação anterior, com redução das dimensões caso as condições ambientais se tornem desfavoráveis e bancos de sementes mais profundos tendam a reflectir a história das movimentações verticais, com pouca ou nenhuma emergência das sementes aí presentes.

## 7.2 TAMANHO DO BANCO DE SEMENTES EM MITRA1

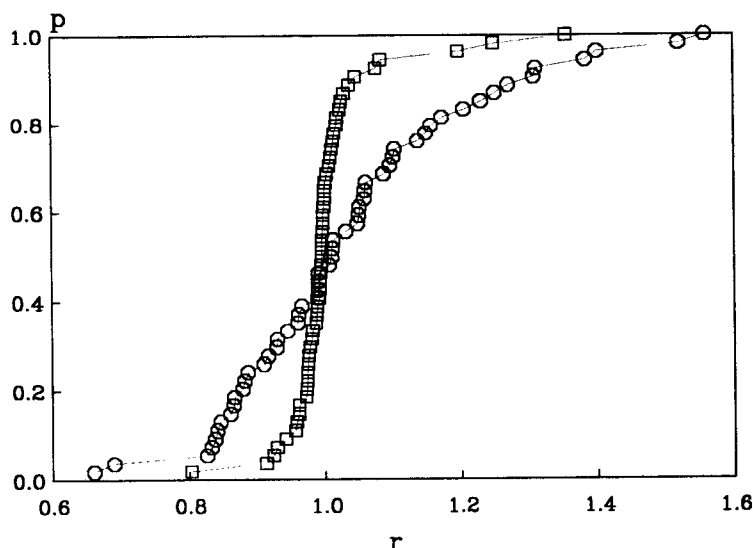
Usando a abordagem polinomial, tentou-se o ajustamento da distribuição de tamanhos das amostras de MITRA1 que não tínhamos seleccionado inicialmente (§ 6.3.3). As diferenças

entre este segundo grupo de 111 amostras e o anterior de 51 amostras são praticamente nulas, quer nos valores de coeficiente de determinação ajustado, quer na qualidade dos modelos ou das estimativas dos coeficientes, número de ajustamentos só com os termos lineares e/ou quadráticos ou número de coeficientes por ajustamento.

Em resumo, e para as 162 amostras, os valores do coeficiente de determinação ajustado estão compreendidos entre  $R^2_{aj}=0.811$  (segundo mínimo  $R^2_{aj}=0.823$ ) e  $R^2_{aj}=1.000$  (segundo mínimo igual) com um valor médio de  $R^2_{aj}=0.952$ , 91% das amostras pertenciam ao nível  $M3$  tal como definido anteriormente (§ 6.3.3) e 96% dos coeficientes aos níveis  $C3$  ou  $C4$ . Termos lineares e/ou quadráticos chegaram para obter ajustamentos em 79% das amostras não estando nenhum deles presente só em 13%; 89% das amostras foram ajustadas com um único coeficiente, 7% com dois, 3% com três e menos de 1% com quatro, resultando em média em 1.14 coeficientes por amostra/ajustamento.

No conjunto das 54 amostras do intervalo de profundidade 0-10 cm obtiveram-se valores de 'área'  $A$  em proporção por mm, tal como descrito anteriormente (§ 6.3.5), entre  $A=0.334$  e  $A=0.606$  (segundo máximo  $A=0.518$ ), com um valor médio de 0.420.

Considerando separadamente as profundidades, em 0-5 cm obtiveram-se valores entre  $A=0.295$  (segundo mínimo  $A=0.319$ ) e  $A=0.563$  (segundo máximo  $A=0.560$ ) com um valor médio de 0.421, e em 5-10 cm valores entre  $A=0.324$  (segundo mínimo  $A=0.334$ ) e  $A=0.621$  (segundo máximo  $A=0.570$ ) com um valor médio de 0.432.



**Figura 7.4** Frequência relativa acumulada em proporção ( $p$ ) em função da razão ( $r$ )  $A_{0-5}/A_{0-10}$  (□) e  $A_{5-10}/A_{0-10}$  (○) em MITRAL.

Os coeficientes de variação corrigidos da 'área'  $A$  eram  $CV^*=13\%$  em 0-10 cm,  $CV^*=14\%$  em 0-5 cm e  $17\%$  em 5-10 cm. A comparação com os coeficientes de variação corrigidos da abundância total de sementes (96% em 0-10 cm, 108% em 0-5 cm e 72% em 5-10 cm) sugere que a distribuição de tamanhos do banco de sementes é fortemente invariante, pelo menos quando comparada com a de abundâncias.

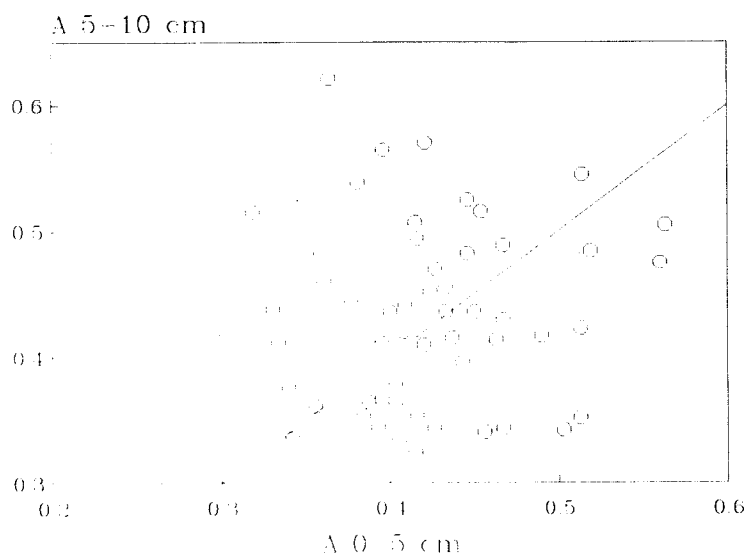
De uma maneira geral, e considerando a mesma amostra, a 'área'  $A$  em 0-10 cm reflecte

quase fielmente a 'área' de 0-5 cm, como se pode ver na figura 7.4 em que apresentamos a frequência relativa acumulada de  $A_{0-5}/A_{0-10}$  e  $A_{5-10}/A_{0-10}$ .

Assim, na figura 7.4 pode observar-se que praticamente todas as razões  $A_{0-5}/A_{0-10}$  têm um valor próximo de um enquanto as razões  $A_{5-10}/A_{0-10}$  se encontram muito mais dispersas.

Razões para isso podem ser parcialmente encontradas no facto de quase 90% das sementes se localizarem em 0-5 cm observando-se uma tendência, natural, para no conjunto dos 54 locais de amostragem o intervalo de profundidade com mais sementes ter a 'área' mais parecida com o total de amostra (0-10 cm).

Em geral, parece haver tendência para maiores 'áreas' e portanto sementes maiores em 5-10 cm (média de 0.432), embora com maior variabilidade, e para sementes menores em 0-5 cm (média de 0.421). Essa tendência é não só muito ténue como pouco consistente, já que o número de amostras com  $A_{0-5} < A_{5-10}$  é praticamente igual ao de amostras com  $A_{0-5} > A_{5-10}$  tal como pode ser visto na figura 7.5.



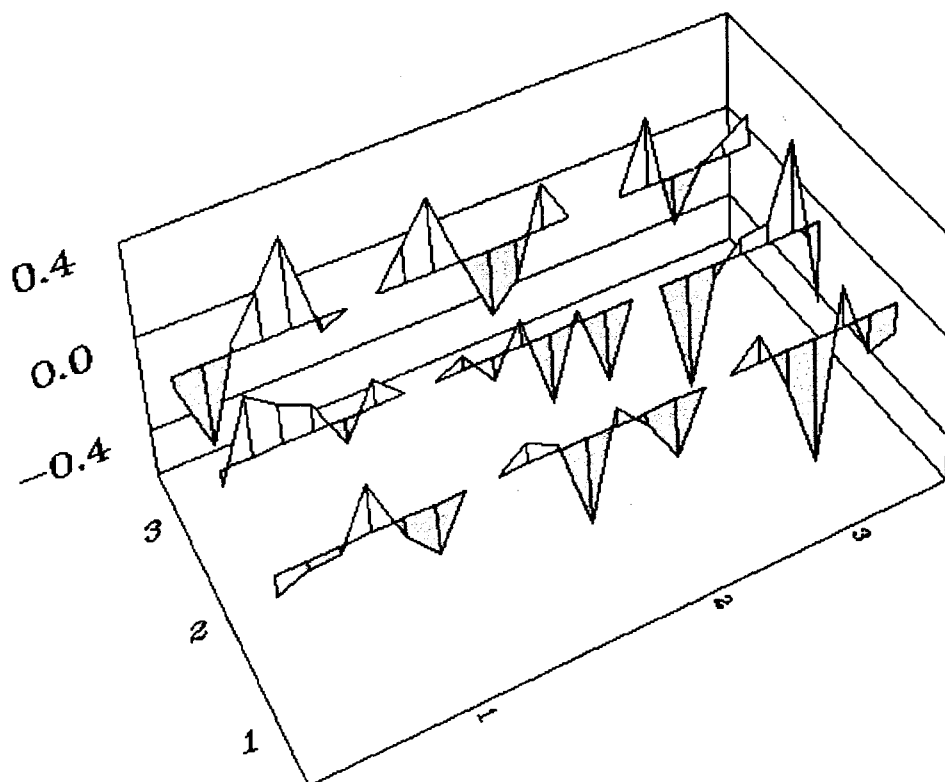
**Figura 7.5** Valores de 'área' ( $A$ ) em proporção por mm das amostras 0-5 cm e 5-10 cm. Traço contínuo para igualdade das 'áreas' nos dois intervalos de profundidade em MITRA1.

No entanto, nas amostras em que a 'área' em 5-10 cm é menor que a 'área' em 0-5 cm (sementes menores em 5-10 cm) a razão  $A_{5-10}/A_{0-5}$  está compreendida entre 0.680 e 0.981 com um valor médio de 0.867. Nas amostras em que a 'área' em 0-5 cm é menor que a 'área' em 5-10 cm (sementes menores em 0-5 cm) a razão  $A_{0-5}/A_{5-10}$  está compreendida entre 0.586 e 0.994 com um valor médio de 0.846.

Na figura 7.6 apresentam-se as razões  $A_{0-5}/A_{5-10}$  da totalidade das amostras em função dos talhões da repetição amostrada em MITRA1 logaritmizadas para melhor comparação (as amostras de 11 correspondem ao talhão 1 da figura 2.2, as amostras de 33 ao talhão 9).

O exame dos  $\ln$  das razões  $A_{0-5}/A_{5-10}$  também não se evidencia qualquer padrão especial, apesar da 'linha' constituída pelos talhões 11, 12 e 13 parecer sobre-representada em valores negativos de  $\ln A_{0-5}/A_{5-10}$ , ou seja, sobre-representada em amostras com sementes menores em 0-5 cm.





**Figura 7.6** Distribuição do  $\ln$  da razão entre a 'área' em 0-5 cm e a 'área' em 5-10 cm em MITRA1. Valores negativos ( $A_{0.5} < A_{5-10}$ ) a sombreado.

Até agora temos considerado todas as sementes presentes nas amostras de MITRA1. No entanto, quando as amostras de MITRA1 foram obtidas já tinha havido, após 11 anos de pastagem permanente, uma sementeira de trevo subterrâneo (Carvalho *et al.* 1990). Por esse motivo, por sementes de trevo subterrâneo só terem sido encontradas a 0-5 cm e por serem as sementes com o segundo maior volume, recalculámos as 'áreas' das 14 amostras em que trevo subterrâneo foi detectado sem as sementes desta espécie, passando a haver um valor médio de 'área' em 0-5 cm de 0.417 e um coeficiente de variação corrigido de 13%, sem alteração do número de amostras em 0-5 cm com 'áreas' menores que em 5-10 cm.

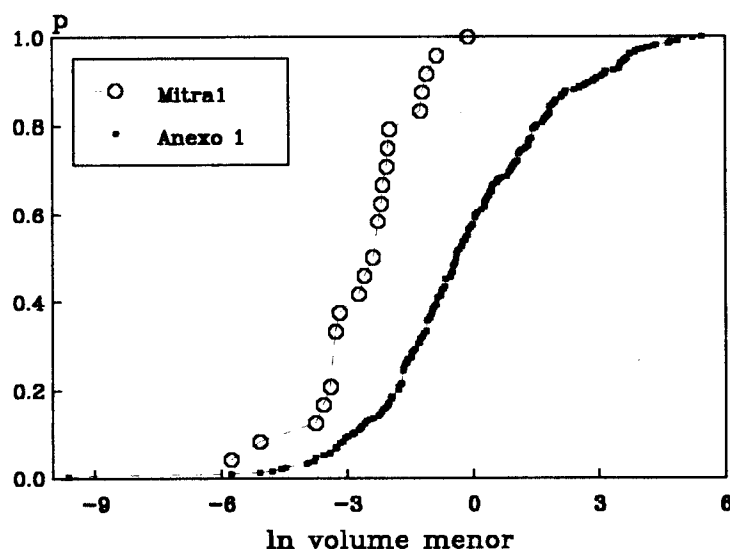
Ou seja, a não consideração de trevo subterrâneo, embora não altere substancialmente os resultados anteriores (na amostra 0-5 cm em que é relativamente mais abundante só representa 4.1% das sementes dessa amostra), reforça a idéia anterior de haver uma tendência ligeira para sementes menores em 0-5 cm.

Em resumo, e no que diz respeito à distribuição de tamanhos de sementes em MITRA1 expressa pela 'área', os resultados tendem a suportar a idéia de, em 0-5 cm, o banco de sementes ser constituído por sementes menores que em 5-10 cm, embora quando se consideram globalmente as amostras não haja diferenças significativas entre as 'áreas' de 0-5 cm e 5-10 cm de acordo com testes bilaterais  $t$  de Student. Considerando todas as espécies  $P=0.394$  ( $P=0.205$  sem trevo subterrâneo) usando o método descrito em Sokal e Rohlf (1981) para comparações emparelhadas, resultados que exigem uma discussão adicional.

De facto, sentimos no mínimo como estranho que a distribuição de tamanhos de sementes apareça como praticamente independente da profundidade ou, no máximo, apareça como tendo tamanhos tendencialmente menores, muito ligeiramente menores, a menores profundidades. Se de facto não for independente ou for mais dependente do que os resultados de MITRA1 sugerem, possíveis razões poderão ser encontradas no mascaramento de diferenças por intervalos de profundidade demasiado amplos ou pela não consideração da forma ou revestimentos das sementes, aspecto passível de influenciar a distribuição vertical das sementes no solo (Chambers *et al.* 1991, Parker *et al.* 1989, Thompson *et al.* 1993).

Um segundo tipo de hipótese envolve as condições meteorológicas do ano anterior às amostragens. Esta hipótese pressupõe uma rápida resposta do banco de sementes a variações da precipitação e temperatura, pressuposto já verificado noutros estudos (Belo e Dias 1998, Roberts 1963, Roberts e Stokes 1965). De facto, 1987-88 foi um ano caracterizado por diversos períodos de elevada precipitação intercalando com períodos de nula precipitação e elevadas temperaturas, do qual resultaram no local amostrado várias vagas de emergência de trevo subterrâneo seguidas pela morte das plântulas. Eventualmente, poderia ter acontecido algo semelhante às restantes espécies do banco de sementes, embora de que forma e afectando que tamanho de sementes não seja possível especificar.

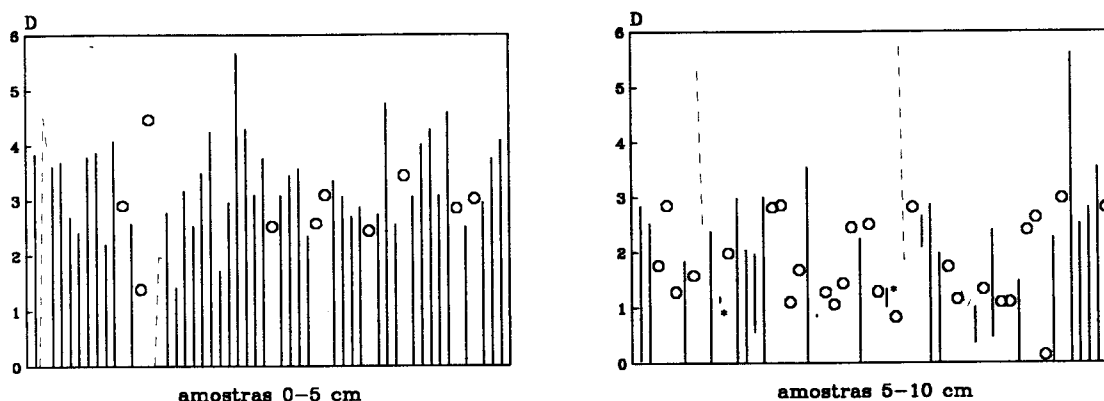
Alternativamente, poderemos admitir que em ambientes tendencialmente xéricos e de elevada imprevisibilidade como os existentes em MITRA1 a maior parte das espécies e plantas produzam sementes pequenas, apresentando-se na figura 7.7 a distribuição de frequências acumuladas do número de espécies em função do menor volume para as espécies encontradas em MITRA1 e para as espécies listadas no Anexo. A comparação das duas distribuições revela uma deslocação para sementes menores em MITRA1 e uma menor gama de tamanhos. Assim, poderá não haver muita 'margem de manobra' para diferenças na distribuição vertical de tamanhos porque as sementes são basicamente todas pequenas.



**Figura 7.7** Frequência relativa acumulada em proporção ( $p$ ) das espécies de MITRA1 e das espécies listadas no Anexo em função do  $\ln$  do volume menor. Para as fontes ver Anexo.

Finalmente, a reduzida diferença entre a distribuição de tamanho do banco de sementes nas duas profundidades poderá resultar da contagem só ter incluído as sementes retidas em crivos de malha igual ou superior a 0.250 mm (§ 2.1.3), eliminando as sementes menores.

Na figura 7.8 apresenta-se a ocorrência de auto-semelhança (um valor) e auto-afinidade (intervalo de valores) de todas as amostras de 0-5 cm e 5-10 cm bem como, no caso de auto-afinidade, se o valor de  $D$  aumenta ou diminui com o tamanho das sementes.



**Figura 7.8** Valores (o) e intervalos de valores de  $D$  das amostras de MITRA1. Traços contínuos,  $D$  aumenta com o aumento do tamanho; traços contínuos com \*,  $D$  diminui com o aumento do tamanho; tracejado,  $D$  aumenta e depois diminui (ou vice-versa) com o aumento do tamanho das sementes.

Do exame da figura 7.8 ressalta em primeiro lugar o muito menor número de amostras revelando auto-semelhança em 0-5 cm (18% das amostras) em comparação com 5-10 cm (50% das amostras). Ou seja, há uma maior tendência a 5-10 cm do banco de sementes apresentar uma estrutura aleatória, em que a distribuição de frequências de tamanhos é independente do tamanho. Da figura ressalta também que as amostras auto-semelhantes têm em 0-5 cm valores de  $D$  quase sempre superiores a 2, enquanto em 5-10 cm têm maioritariamente valores inferiores a 2. De facto, em 0-5 cm a média (entre parêntesis, o mínimo e o máximo) nas amostras com auto-semelhança é  $\bar{D}_{aa,0-5}=2.870$  (1.383 a 4.463) e em 5-10  $\bar{D}_{aa,5-10}=1.808$  (0.138 a 2.977). Ou seja, em 0-5 cm há menor tendência para auto-semelhança, mas quando ocorre, reflecte processos de escala tendencialmente curta; em contrapartida, em 5-10 cm há maior tendência para auto-semelhança reflectindo essencialmente processos de escala longa.

Pela sua própria natureza, a análise das amostras com auto-afinidade é um pouco mais complexa, já que implica a consideração de intervalos de valores de  $D$ . Em 0-5 cm, 78% das amostras são auto-afins com  $D$  crescendo sempre com o aumento do tamanho das sementes contra 41% sempre crescentes e 4% sempre decrescentes em 5-10 cm.

Em 0-5 cm o intervalo de valores de  $D$  está compreendido entre  $D=0$  e  $D=5.671$ , com a média do valor mínimo do intervalo  $\bar{D}_{as,0-5}=0$  e a do máximo  $\bar{D}_{as,0-5}=3.302$ . Em contrapartida, em 5-10 cm (considerando conjuntamente as amostras em que  $D$  cresce ou decresce) o intervalo de valores de  $D$  está compreendido entre  $D=0$  e  $D=5.601$ , com a média do valor mínimo do intervalo das amostras auto-semelhantes  $\bar{D}_{as,5-10}=0.269$  e a do máximo

$\bar{D}_{as,5-10}=2.410$ . Ou seja, em 0-5 há uma tendência muito maior para a distribuição de tamanhos resultar de muitos processos interactuando do que em 5-10 cm.

O facto da variação de  $D$  com o aumento do tamanho das sementes ser sempre crescente poderá significar que a distribuição de tamanhos das sementes menores resulta de processos de escala longa passando nas sementes maiores a ser dominado essencialmente por processos de escala curta, com duas excepções em 5-10 cm ( $D$  sempre decrescente, assinaladas com \* na figura 7.8), em que o raciocínio é inverso mas em que os valores de  $D$  são relativamente baixos (escala longa). Embora o maior valor de  $D$  pouco difira nas duas profundidades, a sua média é claramente superior em 0-5 cm sugerindo uma maior importância de processos de escala longa.

Em 0-5 cm, 4% das amostras são de tipo misto (essencialmente crescentes, só decrescendo para maiores valores de tamanho) e em 5-10 cm 6% das amostras são de tipo misto (essencialmente decrescentes, só crescendo para maiores valores de tamanho).

Finalmente, considerando a amplitude máxima dos valores de  $D$  nos modelos auto-afins (crescentes, decrescentes e mistos), em 0-5 cm a média é  $\bar{D}_{amp,0-5}=3.300$  (1.408 a 5.671) e em 5-10 cm a média é  $\bar{D}_{amp,5-10}=2.164$  (0.031 a 5.601), ou seja, há uma maior tendência para diferenças de escala em 0-5 cm.

Resumindo, em 0-5 cm a distribuição de tamanhos no banco de sementes de MITRA1 depende essencialmente de um conjunto de processos interactuantes, com a distribuição de sementes menores a depender de processos de escala longa (eventualmente condições climáticas a favorecerem a produção de sementes menores e a germinação de sementes maiores, situação descrita por Marañón e Bartolome 1989), processos que irão perdendo importância até que, em sementes maiores, dominam processos de escala curta ou muito curta (talvez predação, talvez condições meteorológicas favoráveis à germinação mas não à sobrevivência no ano anterior). Alternativamente, e de forma minoritária, só processos essencialmente de escala curta estarão envolvidos.

Em contrapartida, em 5-10 cm a distribuição de tamanhos no banco de sementes de MITRA1 depende sobretudo de processos de escala longa, eventualmente resultantes da acumulação no tempo de variações micro-topográficas que permitam o arrastamento, com manifestação aleatória, associada à não germinação ou emergência a estas profundidades. Alternativamente, estarão envolvidos processos de escala longa em sementes menores e de escala curta em sementes maiores.

### 7.3 TAMANHO DO BANCO DE SEMENTES EM MITRA1 E MITRA2

Além doutras diferenças em relação a MITRA1, em MITRA2 as sementes foram contadas tendo em conta a forma, os intervalos de profundidade foram menores e a malha do menor crivo foi igualmente menor.

Apesar das diferenças amostrais e metodológicas, parece-nos importante comparar os

resultados obtidos nas duas séries de amostragem tentando, tanto quanto possível, uniformizar as suas características.

Assim, sempre pré-mobilização, em primeiro lugar (§ 7.3.1) consideraremos a distribuição de tamanhos de MITRA2 em 0-5 cm e 5-10 cm para todos os crivos e formas e em segundo lugar (§ 7.3.2) os mesmos intervalos de profundidade e as duas formas das sementes conjuntamente mas só até ao crivo 0.250 mm.

Antes disso, iremos rapidamente examinar os 549 ajustamentos polinomiais de MITRA2. Os valores do coeficiente de determinação ajustado estavam compreendidos entre  $R^2_{aj}=0.839$  (segundo mínimo de  $R^2_{aj}=0.903$ ) e  $R^2_{aj}=1.000$  com um valor médio de  $R^2_{aj}=0.978$ , ligeiramente melhor que MITRA1. Mais de 99% das amostras pertenciam ao nível M3, melhor que MITRA1, e 84% aos níveis C3 ou C4, pior que MITRA1. Termos lineares e/ou quadráticos chegaram para obter ajustamentos em 70% das amostras, pior que MITRA1, não estando nenhum deles presente só em 8% dos ajustamentos, melhor que MITRA1, com 78% das amostras ajustadas com um único coeficiente, 19% com dois e 3% com três, resultando em média 1.262 coeficientes por amostra/ajustamento, ligeiramente pior que MITRA1.

Ou seja, em geral as diferenças na qualidade da modelação entre MITRA1 e MITRA2 são pouco importantes (para os valores correspondentes de MITRA1 ver § 7.2, para o significado dos níveis ver § 6.3.3).

### 7.3.1 Sementes retidas até ao crivo de malha 0.149 mm

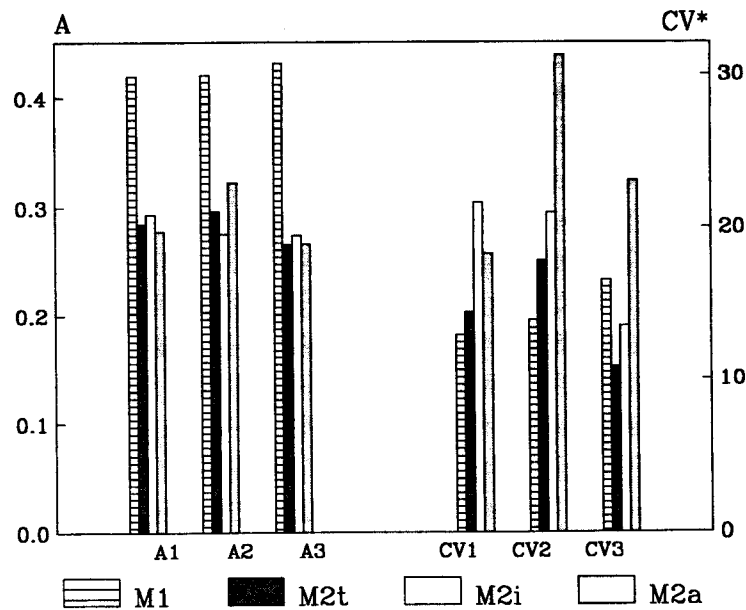
No conjunto das 9 amostras 0-10 cm de MITRA2 obtiveram-se valores de 'área'  $A$ , em proporção por mm, entre  $A=0.222$  (segundo mínimo  $A=0.253$ ) e  $A=0.362$  (segundo máximo  $A=0.311$ ), com um valor médio de 0.285.

Por profundidades, em 0-5 cm obtiveram-se valores entre  $A=0.225$  (segundo mínimo  $A=0.242$ ) e  $A=0.368$  (segundo máximo  $A=0.364$ ), com um valor médio de 0.297. Em 5-10 cm obtiveram-se valores entre  $A=0.219$  (segundo mínimo  $A=0.223$ ) e  $A=0.294$  (segundo máximo  $A=0.289$ ), com um valor médio de 0.265.

Ou seja, tendência para menores sementes em MITRA2 que em MITRA1 (ver figura 7.9) como seria de esperar devido à data de amostragem de MITRA2, mais tardia, poder conduzir a bancos de sementes menores e talvez principalmente, à menor malha dos crivos utilizados em MITRA2.

Quer em 0-10 cm quer em 0-5 cm observa-se uma maior variabilidade das 'áreas'  $A$  de sementes totais em MITRA2 (figura 7.9), mantendo-se a idéia das 'áreas' serem razoavelmente invariantes quando comparadas com as abundâncias de sementes, embora em MITRA2 essa diferença seja menos forte.

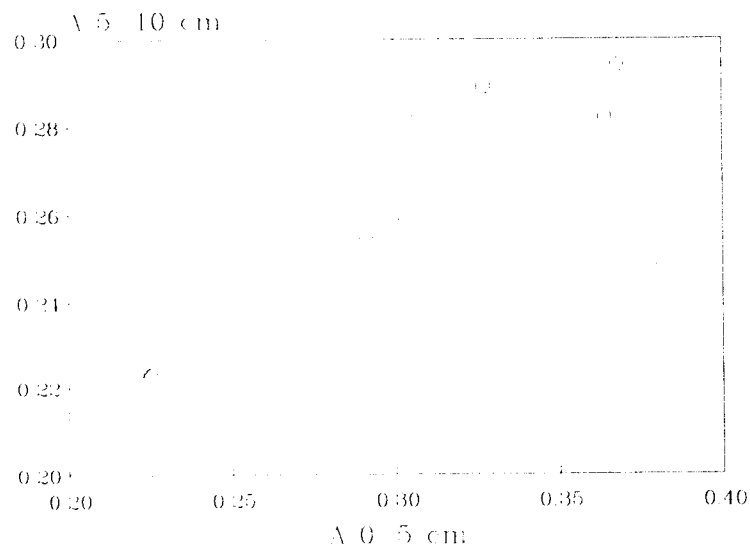
De facto, em 0-10 cm, 0-5 cm e 5-10 cm o coeficiente de variação corrigido da 'área' de todas as sementes é, respectivamente, 14%, 18% e 11%, enquanto que o das abundâncias é 47%, 54% e 43%.



**Figura 7.9** Valor médio de 'área' ( $A$ ) em proporção por mm e coeficiente de variação corrigido ( $CV^*$ ) das amostras de MITRA1 ( $M1$ ), MITRA2 sementes totais ( $M2t$ ), isodiamétricas ( $M2i$ ) e anisodiamétricas ( $M2a$ ) em 0-10 cm ( $A1$  e  $CV1$ ), 0-5 cm ( $A2$  e  $CV2$ ) e 5-10 cm ( $A3$  e  $CV3$ ).

Em MITRA2 a distribuição de 'áreas' em 0-10 cm é ligeiramente melhor reflectida na profundidade 0-5 cm que na 5-10 cm mas, ao contrário de MITRA1, a abundância de sementes é quase idêntica nos dois intervalos de profundidade.

O valor médio de 'área'  $A$  em MITRA2 em 0-5 cm é, como vimos, superior ao de 5-10 cm, indicando uma ligeira tendência para sementes maiores em 0-5 cm, embora com maior variabilidade, e para sementes menores em 5-10 cm. Adicionalmente, com uma única excepção, as amostras de 0-5 cm têm uma 'área' maior que em 5-10 cm (figura 7.10).



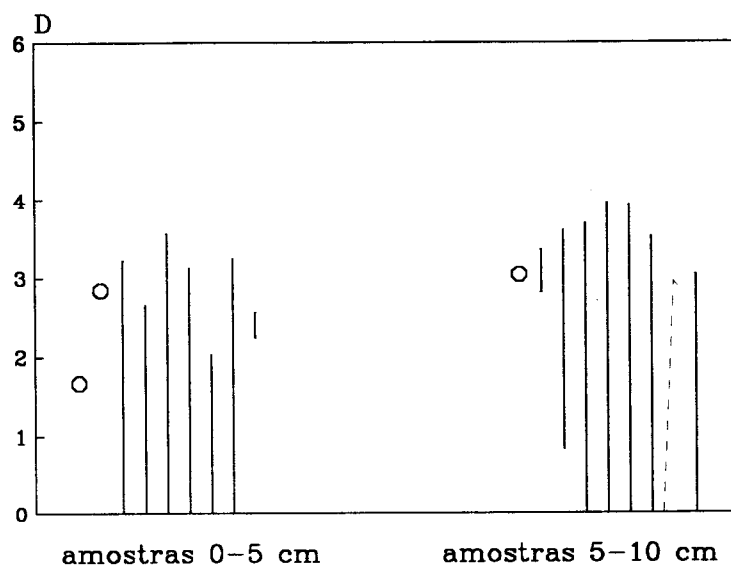
**Figura 7.10** Valores de 'área' ( $A$ ) em proporção por mm das amostras 0-5 e 5-10 em MITRA2. Traço contínuo para igualdade das 'áreas' nos dois intervalos de profundidade.

Em resumo, no que diz respeito à distribuição de tamanhos de sementes em MITRA2 expressa pela 'área', os resultados tendem a suportar a idéia de em 0-5 cm o banco de sementes ser constituído por sementes maiores que em 5-10 cm, tanto mais que há

diferenças significativas entre as 'áreas' de 0-5 cm e 5-10 cm de acordo com o teste bilateral  $t$  de Student para comparações emparelhadas ( $P=0.026$ ).

Estamos portanto numa situação completamente diferente da encontrada em MITRA1. Não só há diferenças significativas entre a distribuição de tamanhos nas duas classes de profundidade como em 0-5 cm o banco de sementes é constituído por sementes maiores.

Quando se considera a distribuição dos valores do expoente  $D$  o aspecto mais saliente consiste na clara dominância de auto-afinidade nos dois intervalos de profundidade (figura 7.11), ao contrário do que sucedia em MITRA1 (figura 7.8), mais em resultado do seu aumento em 5-10 cm (com a conseqüente redução de auto-semelhança) que de variações importantes em 0-5 cm e portanto, nas duas classes de profundidade predominam bancos de sementes com distribuições resultantes essencialmente da interacção de diversos factores.



**Figura 7.11** Valores (o) e intervalos de valores de  $D$  das amostras de MITRA2. Traços contínuos,  $D$  aumenta com o aumento do tamanho; tracejado,  $D$  aumenta e depois diminui com o aumento do tamanho das sementes.

O segundo aspecto que ressalta consiste na muito menor variabilidade dos valores de  $D$ , quando comparada com MITRA1, essencialmente resultante da redução dos valores máximos de  $D$ , isto é, da redução da importância de processos actuando a escalas menores.

Em geral, em MITRA2 a distribuição de tamanhos em 0-5 cm parece revelar processos de escala mais longa que em 5-10 cm resultando, nas duas classes de profundidade, de diversos processos interactuantes. Razões para este facto poderão ser parcialmente atribuídas à amostragem em MITRA2 ter sido realizada em Janeiro (§ 2.2), podendo admitir-se que a fracção temporária do banco de sementes se tivesse reduzido (com maior incidência a 0-5 cm) e portanto a que foi quantificada, de natureza mais persistente, reflecta ou resulte de processos de escala temporal mais longa.

### 7.3.2 Sementes retidas até ao crivo de malha 0.250 mm

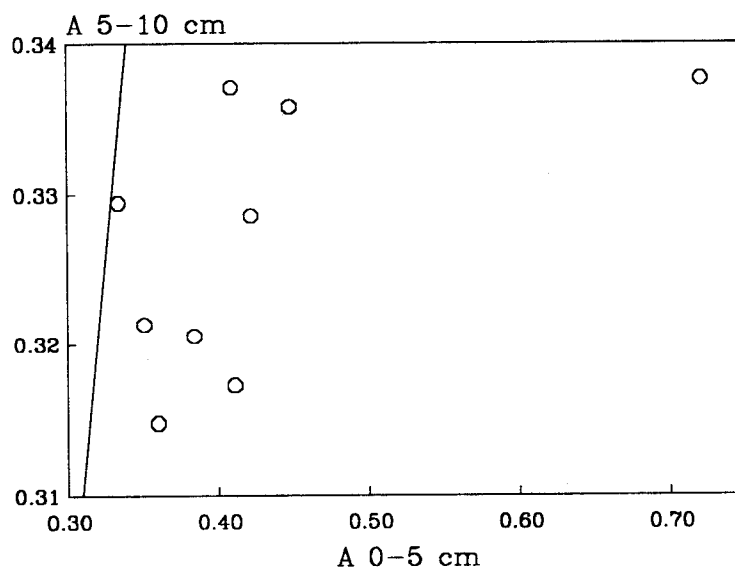
Nas amostras de MITRA2 que temos vindo a analisar, sem separação pela forma das sementes, em 0-10 cm 52.2% das sementes foram recolhidas nos crivos de malha menor que

0.250 mm, 54.1% em 0-5 cm e 50.0% em 5-10 cm. Ou seja, metade, ou mais, das sementes não teriam sido detectadas se a crivagem tivesse sido realizada como em MITRA1.

Nas amostras de MITRA2<sub>g</sub> (como passaremos a referir as amostras de MITRA2 sem as sementes recolhidas nos crivos 0.149 mm e 0.212 mm), em 0-5 cm obtiveram-se valores de 'área'  $A$ , em proporção por mm, entre  $A=0.334$  (segundo mínimo  $A=0.361$ ) e  $A=0.721$  (segundo máximo  $A=0.448$ ), com um valor médio de 0.427 e um coeficiente de variação corrigido de 28%. Em 5-10 cm obtiveram-se valores entre  $A=0.315$  (segundo mínimo  $A=0.317$ ) e  $A=0.338$  (segundo máximo  $A=0.337$ ), com um valor médio de 0.327 e um coeficiente de variação corrigido de 3%.

O valor médio da 'área'  $A$  em MITRA2<sub>g</sub> a 0-5 cm é sempre superior ao de 5-10 cm (figura 7.12) indicando uma ligeira tendência para sementes maiores em 0-5 cm, embora com maior variabilidade, e para sementes menores em 5-10 cm, situação exactamente inversa à verificada em MITRA1 e idêntica à verificada em MITRA2.

Em resumo, no que diz respeito à distribuição de tamanhos de sementes em MITRA2<sub>g</sub> expressa pela 'área' os resultados tendem a suportar a ideia de em 0-5 cm o banco de sementes ser constituído por sementes maiores que em 5-10 cm, tanto mais que há diferenças significativas entre as 'áreas' de 0-5 cm e 5-10 cm de acordo com o teste bilateral  $t$  de Student para comparações emparelhadas ( $P=0.028$ ).



**Figura 7.12** Valores de 'área' ( $A$ ) em proporção por mm das amostras 0-5 e 5-10 em MITRA2<sub>g</sub>. Traço contínuo para igualdade das 'áreas' nos dois intervalos de profundidade.

Ou seja, a não consideração das sementes menores de MITRA2 não altera substancialmente as conclusões já apresentadas.

A título de hipótese iremos assumir que relativamente às 'áreas' a) as amostras MITRA1 e MITRA2 diferem entre si pela amplitude de tamanhos quantificados (respectivamente  $\geq 0.149$  mm em MITRA1,  $\geq 0.250$  mm em MITRA2) e pela fracção do banco de sementes amostrado (respectivamente sementes persistentes e temporárias em MITRA1, sementes persistentes em MITRA2), b) as amostras MITRA1 e MITRA2<sub>g</sub> só diferem pela fracção do banco de sementes



amostrado (respectivamente sementes persistentes e temporárias em MITRA1, sementes persistentes em MITRA2<sub>g</sub>) e c) as amostras MITRA2 e MITRA2<sub>g</sub> só diferem pela amplitude de tamanhos quantificados ( $\geq 0.149$  mm em MITRA1,  $\geq 0.250$  mm em MITRA2<sub>g</sub>). Estas hipóteses serão investigadas por testes bilaterais de *t* de Student, usando o procedimento TWOSAM de Statgraphics (Anónimo 1989) com transformações de Box-Cox (Box e Cox 1964, 1982, Sokal e Rohlf 1981) usando o procedimento HOMOV de Biom (Rohlf 1992) ou de Mann-Whitney usando o procedimento WILCOX de Statgraphics (Anónimo 1989).

Quer em 0-5 cm quer em 5-10 cm, as 'áreas' das amostras de MITRA1 e MITRA2 diferem significativamente entre si (respectivamente  $P=2.341 \times 10^{-7}$  e  $P=1.908 \times 10^{-6}$ ) com as amostras de MITRA1 tendo uma 'área' superior às de MITRA2, o que não é de admirar, mais não seja pela diferença de malha dos crivos usados. Analogamente, em 0-5 cm e 5-10 cm as 'áreas' das amostras de MITRA2 e MITRA2<sub>g</sub> diferem significativamente entre si (respectivamente  $P=1.400 \times 10^{-3}$  e  $P=1.064 \times 10^{-7}$ ) com as amostras de MITRA2 tendo uma 'área' inferior às de MITRA2<sub>g</sub>, o que, pela mesma razão, não é de admirar dada a diferença de amplitudes do tamanho de sementes quantificado.

Em contrapartida, em 0-5 cm, as 'áreas' das amostras de MITRA1 não diferem de MITRA2<sub>g</sub> ( $P=0.747$ ), ao contrário de 5-10 cm ( $P=5.445 \times 10^{-6}$ ) em que as amostras de MITRA1 têm uma 'área' superior às de MITRA2<sub>g</sub>.

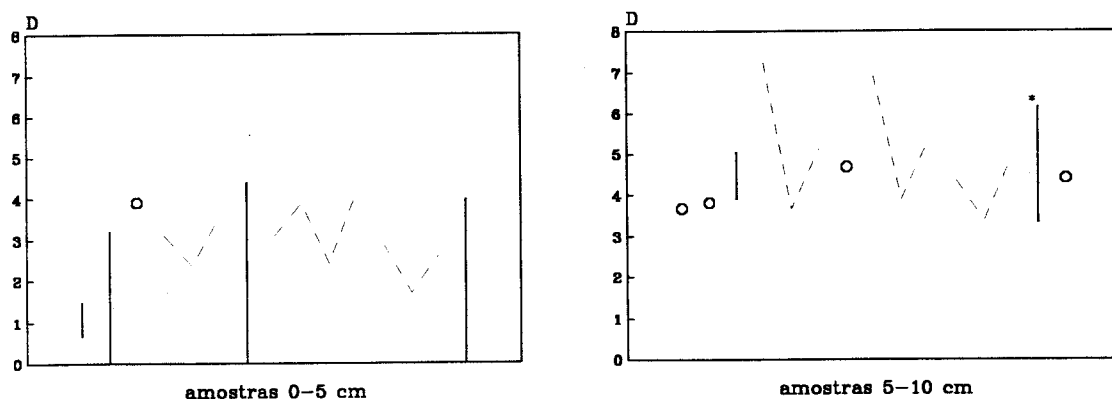
Assim, para sementes maiores ( $\geq 0.250$  mm) os bancos de sementes temporárias e permanentes (MITRA1) não diferem dos bancos de sementes permanentes (MITRA2<sub>g</sub>) em profundidades mais superficiais, sugerindo que as germinações e emergências que tinham ocorrido em MITRA2<sub>g</sub> envolviam essencialmente sementes relativamente pequenas. Em contrapartida, os bancos de sementes temporárias e permanentes diferem dos bancos de sementes permanentes em profundidades maiores (5-10 cm), sugerindo que as germinações e emergências que tinham ocorrido em MITRA2<sub>g</sub> envolviam essencialmente sementes maiores, situação compreensível admitindo que nesse intervalo de profundidade e em condições favoráveis só essas conseguem germinar.

Considerando agora a distribuição em MITRA2<sub>g</sub> dos valores do expoente *D* (figura 7.13) ressalta desde logo o domínio claro de auto-afinidade em 0-5 cm\* (como em MITRA1 e MITRA2, figuras 7.8 e 7.11) e um equilíbrio entre a auto-afinidade e a auto-semelhança em 5-10 cm (tal como em MITRA1 e ao contrário de MITRA2).

Ou seja, independentemente da fracção do banco de sementes ou dos tamanhos das sementes quantificadas, é uma constante a distribuição de tamanhos das sementes resultar essencialmente da interacção de vários factores em 0-5 cm e depender do próprio tamanho das sementes.

Pelo contrário, em 5-10 cm a distribuição de tamanhos apresenta uma estrutura mais aleatória e menos dependente do tamanho das sementes quando as sementes menores não são consideradas (MITRA1 e MITRA2<sub>g</sub>) quer se considere só a fracção persistente quer se considere igualmente a fracção temporária do banco de sementes.

Curiosamente, em MITRA2<sub>g</sub>, a 0-5 cm a distribuição de tamanhos parece resultar de processos de escala mais longa que a 5-10 cm (valores de  $D$  menores em 0-5 cm). Se não há diferenças muito notáveis entre MITRA1, MITRA2 e MITRA2<sub>g</sub> no que diz respeito aos valores de  $D$ , já o mesmo não se pode dizer em relação a 5-10 cm, em que há um claro aumento dos valores de  $D$  de MITRA1 para MITRA2 e desta para MITRA2<sub>g</sub>.



**Figura 7.13** Valores ( $\circ$ ) e intervalos de valores de  $D$  das amostras de MITRA2<sub>g</sub>. A contínuo  $D$  aumenta com o aumento do tamanho; contínuo e \*,  $D$  diminui com o aumento de tamanho; tracejado,  $D$  diminui e aumenta (ou vice-versa com novo aumento) com o aumento do tamanho das sementes.

Ou seja, na profundidade maior a escala dos processos responsáveis pela distribuição de tamanhos é máxima quando se consideram só sementes relativamente grandes ( $\geq 0.250$  mm) persistentes e temporárias, reduz-se para níveis semelhantes aos da profundidade 0-5 cm quando se consideram sementes pequenas e grandes ( $\geq 0.149$  mm) mas persistentes, tornando-se mínima quando se consideram só sementes grandes ( $\geq 0.250$  mm) persistentes.

#### 7.4 TAMANHO DO BANCO DE SEMENTES EM MITRA2

Como acabámos de ver, a distribuição de tamanhos de sementes avaliada pela 'área' parece diferir com a profundidade quando se considera fracção persistente do banco de sementes, com sementes maiores mais superficialmente. Em contrapartida, quando se examina a estrutura e a escala dos processos que determinam aquela distribuição, a profundidades menores, mas não a maiores, o banco de sementes parece ter características essencialmente semelhantes quer se considere só a fracção persistente quer ambas, persistente e temporária. No entanto, estas conclusões estão baseadas em intervalos de profundidades relativamente amplos e sem levar em consideração a forma das sementes, pelo que iremos examinar a distribuição de tamanhos do que assumimos ser a fracção persistente do banco para intervalos de profundidade menores (2.5 cm), em MITRA2 pré-mobilização.

##### 7.4.1 Sementes totais

Apesar da caracterização do banco de sementes pela 'área' revelar menor variabilidade que a caracterização pela abundância de sementes, ainda assim não é garantido que os nove pontos de amostragem de MITRA2 pré-mobilização (figura 2.3) possam ser considerados como uma

amostra. Por esse motivo, e para testar se a distribuição vertical das 'áreas' diferia entre os pontos de amostragem, considerou-se individualmente cada ponto de amostragem, investigando de que forma é que a variação da 'área' podia ser explicada pela variação da profundidade, dos pontos de amostragem e da sua interacção.

Na medida em que os pontos de amostragem constituem variáveis de atributo, consideraram-se nove variáveis mudas (*dummy variables*), tomando para cada ponto de amostragem o valor 1 para as 'áreas' desse ponto e o valor 0 para as 'áreas' das restantes. Seguidamente procedeu-se ao ajustamento de modelos de regressão pelo método dos mínimos quadrados por regressão sequencial ascendente usando o procedimento STEP de Statgraphics (Anónimo 1989). Investigou-se separadamente a variação das 'áreas'  $A$  e do seu logaritmo em função dos intervalos de profundidades  $IP$  (definidos numericamente pelo maior valor do intervalo), e das nove variáveis mudas necessárias para a total separação dos pontos de amostragem, bem como de  $IP^2$  e  $IP^3$ , e interacções entre  $IP$ ,  $IP^2$  e  $IP^3$  e todas as variáveis mudas consideradas, num total de 39 variáveis candidatas (ver a propósito de regressão com variáveis mudas Draper e Smith 1981 ou Kleinbaum *et al.* 1988).

Dos dois modelos obtidos, seleccionou-se, dado o maior valor de coeficiente de determinação ajustado, aquele em que as 'áreas' não eram logaritmizadas ( $R^2_{aj}=0.371$ ,  $n=72$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.028$  para os coeficientes), resultando a equação

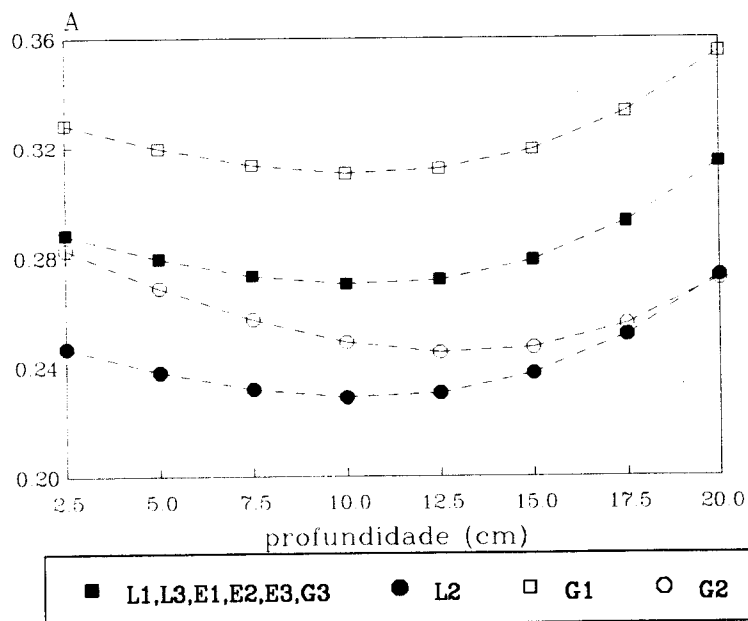
$$A = 0.298 - 3.939 \times 10^{-3} IP + 1.198 \times 10^{-5} IP^3 - 4.142 \times 10^{-2} L2 + 4.043 \times 10^{-2} G1 - 2.139 \times 10^{-3} IP G2 \quad (7.1)$$

sendo  $A$  a 'área',  $IP$  o intervalo de profundidade,  $L2$ ,  $G1$  e  $G2$  referindo-se respectivamente aos blocos lavoura e gradagem (figura 2.3) com os números referindo-se aos pontos de amostragem de cada bloco com contagem da esquerda para a direita na figura 2.3. No modelo obtido as variáveis  $G1$  e  $L2$  explicam a maior parte da variação da 'área'  $A$  (respectivamente 30.3% e 30.2%) enquanto  $IP$  é a variável que explica menos (6.0%).

Do exame de (7.1) ressalta em primeiro lugar a existência de uma relação linear inversa entre a profundidade e a 'área' qualquer que seja o ponto de amostragem (mais forte em  $G2$  que nos restantes); no entanto, essa relação linear revelada pelo termo em  $IP$  e portanto a diminuição do tamanho das sementes com o aumento da profundidade, tende a ser fortemente reduzida (dado o termo em  $IP^3$ ) com o próprio aumento da profundidade.

Em segundo lugar ressalta a existência de um grupo de pontos de amostragem ( $L1$ ,  $L3$ ,  $E1$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G3$ ,  $E$  para bloco escarificação) com um comportamento comum, um segundo grupo que só difere deste por ter em geral 'áreas' significativamente maiores ( $G1$ ) ou menores ( $L2$ ) e finalmente o ponto de amostragem  $G2$  em que a componente linear é mais negativa que em qualquer dos restantes e portanto em que a redução do tamanho das sementes com o aumento da profundidade é maior e menos afectada pela própria profundidade, tal como pode ser visto na figura 7.14 obtida após substituição em (7.1) de  $IP$ ,  $L2$ ,  $G1$  e  $G2$  pelos seus valores.

Do exame da figura 7.14 ressalta uma tendência geral para a diminuição do tamanho das sementes até ao intervalo de profundidade 5.0-7.5 cm, uma relativamente pequena ou nula variação do tamanho entre 5.0-7.5 cm e 10.0-12.5 cm, seguida de um aumento ligeiramente mais rápido que a diminuição inicial, a única excepção sendo o ponto de amostragem G2.



**Figura 7.14** 'Área' em proporção por mm ( $A$ ) em função dos intervalos de profundidade de sementes totais pré-mobilização de MITRA2 de acordo com o modelo apresentado em (7.1).  $L$ ,  $E$ ,  $G$ , blocos lavoura, escarificação e gradagem; 1, 2, 3, pontos de amostragem em cada bloco.

Do exame da figura 7.14 ressalta uma tendência geral para a diminuição do tamanho das sementes até ao intervalo de profundidade 5.0-7.5 cm, uma relativamente pequena ou nula variação do tamanho entre 5.0-7.5 cm e 10.0-12.5 cm, seguida de um aumento ligeiramente mais rápido que a diminuição inicial, a única excepção sendo o ponto de amostragem G2.

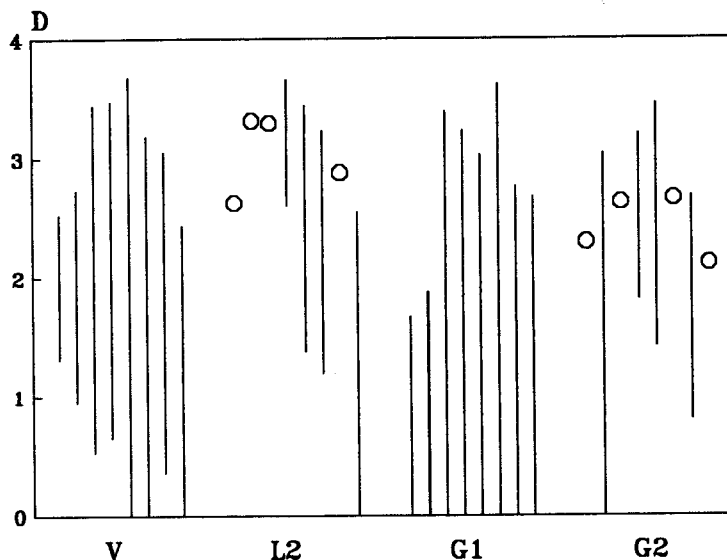
Examinando a natureza e variação de  $D$  e considerando em primeiro lugar todos os pontos de amostragem, verifica-se que 79% dos 72 intervalos (8 profundidades  $\times$  9 pontos de amostragem) apresentavam auto-afinidade com os valores de  $D$  aumentando sempre com o tamanho, excepto em três casos em que aumentava e depois diminuía mas só para valores de tamanho muito perto do máximo.

Das 15 amostras com auto-semelhança mais de metade (53%) pertencem aos pontos  $L2$  e  $G2$ , pontos de sobre-representação em auto-semelhança, e às profundidades mais superficiais, com 67% das situações de auto-semelhança até ao intervalo 5.0-7.5 cm.

Na figura 7.15 apresentam-se os valores e intervalos de valores de  $D$  de cada profundidade separadamente para os quatro grupos de pontos de amostragem definidos a partir da modelação dos tamanhos das sementes; para o grupo constituído por  $L1$ ,  $L3$ ,  $E1$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G3$  apresenta-se a média dos menores e maiores valores de  $D$ , para os pontos  $L2$ ,  $G1$  e  $G2$  os valores observados.

Em geral pode observar-se uma tendência para aumento dos valores ou dos valores máximos de  $D$  com o aumento da profundidade até entre 5.0-7.5 cm ( $G1$ ) e 10.0-12.5 cm

(L1, L3, E1, E2, E3, G2 e G3) seguido de uma diminuição em profundidades maiores, ou seja, tendência para em pequenas e em grandes profundidades predominarem processos de escala maior, e em profundidades intermédias predominarem processos de escala menor.



**Figura 7.15** Valores (o) e intervalos de valores de  $D$  de sementes totais pré-mobilização de MITRA2. Em  $V$  apresenta-se a média do menor e maior valor dos pontos  $L1$ ,  $L3$ ,  $E1$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G3$ . Para cada grupo, os valores referem-se às classes de profundidade, aumentando no sentido da leitura.

Adicionalmente, e não considerando os pontos  $L2$  e  $G2$  dada a sua sobre-representação em estruturas aleatórias, observa-se em geral um aumento da amplitude dos intervalos de  $D$  com a profundidade até 5.0-7.5 cm em  $G1$  e 10.0-12.5 cm em  $L1$ ,  $L3$ ,  $E1$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G2$  e  $G3$ , tendendo a diminuir para profundidades maiores.

Tomando como referência a média mensal das precipitações de Évora no período 1941-70 (Reis e Gonçalves 1987) iremos dividir o ano dividido em dois períodos distintos, o primeiro, de Setembro a Janeiro, essencialmente relevante para o processo de germinação e o segundo, de Fevereiro a Agosto, para o processo de formação de novas sementes.

De Setembro de 1992 a Janeiro de 1993 a precipitação acumulada foi cerca de 55% da do período de referência e de Fevereiro a Agosto de 1993 foi cerca de 67%, o que sugere que nesse ano a germinação e produção de novas sementes terá envolvido sobretudo sementes maiores, tendo em conta a maior independência destas em relação às condições ambientais.

No ano seguinte, de Setembro de 1993 a Janeiro de 1994 a precipitação acumulada foi cerca de 102% da do período de referência mas de Fevereiro a Agosto de 1994 não ultrapassou os 67%, podendo admitir-se que tenha havido uma proporção muito superior de sementes pequenas a germinar embora com sucesso reprodutor mais reduzido que o de sementes maiores, aumentando portanto o tamanho das sementes do banco a profundidades mais superficiais.

Finalmente, de Setembro de 1994 a Janeiro de 1995 (data das amostragens de MITRA2) a precipitação acumulada foi cerca de 53% da do período de referência, sugerindo mais uma vez uma reduzida germinação das sementes mais pequenas.

Sendo assim, e admitindo como fizemos anteriormente (§ 7.1) a profundidade de 5 cm como limite aproximado para uma apreciável germinação e emergência de sementes maiores, a diminuição de tamanho até 5.0-7.5 cm poderá ser entendida como resultando de a) forte redução de sementes menores no intervalo mais superficial (em que é mais provável que germinem) em 1993-94 e b) germinação quase exclusiva de sementes maiores em 1994-95.

O aumento posterior do tamanho das sementes do banco é compreensível se aceitarmos que em condições de elevada imprevisibilidade a constituição da fracção persistente do banco de sementes possa resultar de duas estratégias diferenciadas: a) mais superficialmente tende a ser constituída por sementes menores, com maior dependência de condições ambientais favoráveis, b) a maior profundidade tende a ser constituída por sementes maiores que se mantêm sem germinar não pelas condições ambientais serem pouco favoráveis mas pela profundidade ser excessiva.

Neste âmbito, não será de estranhar a prevalência de processos de escala longa a influenciarem a distribuição de tamanhos a pequenas e a maiores profundidades nem, de alguma maneira, a predominância de processos aleatórios a profundidades menores.

O mesmo não se poderá dizer do facto de em profundidades intermédias parecer haver uma redução da escala dos processos que influenciam a distribuição de tamanhos, a não ser que se admita que nessas profundidades a distribuição de tamanhos reflecta simultaneamente a possibilidade de germinação das sementes aí presentes e, dada a profundidade a que essa germinação se verifica, o trânsito para profundidades maiores.

#### 7.4.2 Sementes isodiamétricas

Seguindo o mesmo procedimento que para as sementes totais, seleccionou-se o modelo em que as 'áreas' eram logaritimizadas ( $R^2_{aj}=0.642$ ,  $n=72$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.021$  para os coeficientes), resultando a equação

$$A = 0.273 \exp ( 7.706 \times 10^{-4} IP^2 - 0.300L1 - 0.180L2 + 0.197G1 - 0.110G3 + 1.079 \times 10^{-3} IP^2 L1 ) \quad (7.2)$$

sendo  $A$  a 'área' das sementes isodiamétricas,  $IP$ ,  $L1$ ,  $L2$ ,  $G1$ ,  $G3$  com o significado anterior.

No modelo obtido, e consideradas isoladamente, a variável  $IP^2$  explica a maior parte da variação da 'área'  $A$  (52.6%) enquanto  $G3$  é a variável que explica menos (4.2%). Ou seja, e ao contrário do que acontecia nas sementes totais, será a profundidade e não as diferenças entre pontos de amostragem que explicam a maior parte da variação de  $A$ .

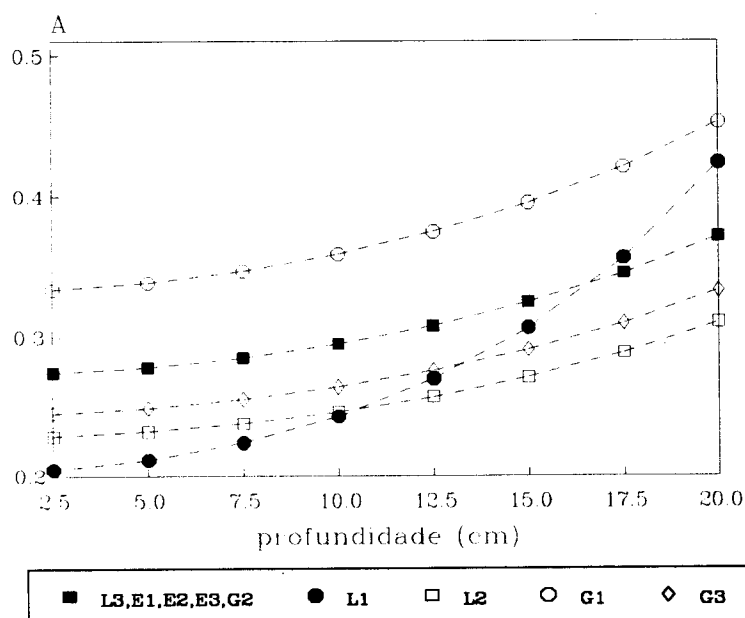
Do exame de (7.2) ressalta a existência de uma relação não-linear directa entre a profundidade e a 'área' com um aumento sistemático da 'área', e portanto do tamanho das sementes, com o aumento da profundidade, aumento progressivamente maior com o aumento da própria profundidade.

Em segundo lugar, uma maior variabilidade entre os pontos de amostragem, com um grupo ( $L3$ ,  $E1$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G2$ ) com um comportamento comum, um segundo grupo que só

difere deste por ter em geral 'áreas' significativamente maiores ( $G1$  tal como nas sementes totais) ou menores ( $L2$  como nas sementes totais e  $G3$ ); finalmente o ponto de amostragem  $L1$  em que o aumento do tamanho das sementes com o aumento da profundidade é maior e mais afectado pela própria profundidade, tal como pode ser visto na figura 7.16 obtida após substituição em (7.7) de  $IP$ ,  $L1$ ,  $L2$ ,  $G1$  e  $G3$  pelos seus valores.

Na figura 7.16 observa-se, como já foi dito, um aumento exponencial da 'área' com o aumento da profundidade, mais rápido no ponto de amostragem  $L1$ .

Ou seja, um aumento exponencial do tamanho do banco de sementes com o aumento de profundidade, ao contrário do que seria de esperar tendo em conta a convicção generalizada de sementes pequenas terem mais facilidade em deslocar-se para maiores profundidades (Grime 1979, Thompson e Grime 1979, Thompson *et al.* 1993), não sendo razoável pensar num aumento da germinação de sementes pequenas com o aumento da profundidade.



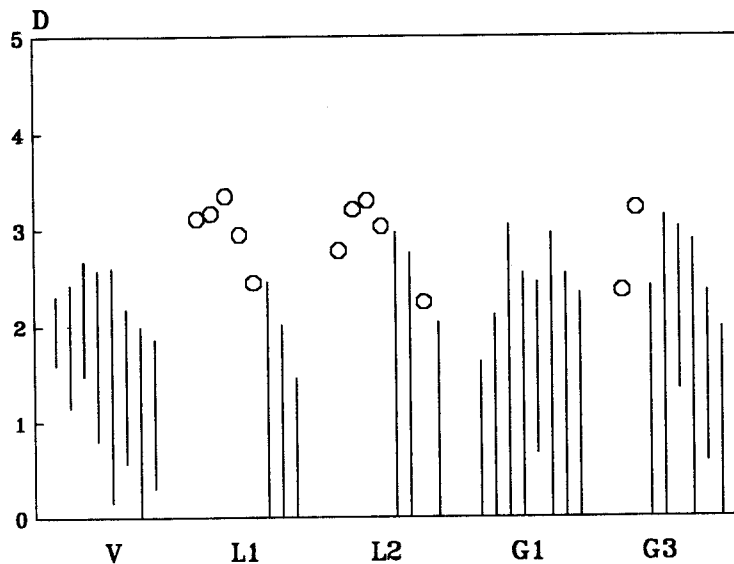
**Figura 7.16** 'Área' em proporção por mm ( $A$ ) em função dos intervalos de profundidade de sementes isodiamétricas pré-mobilização de MITRA2 de acordo com o modelo apresentado em (7.2).  $L$ ,  $E$ ,  $G$ , blocos lavoura, escarificação e gradagem; 1, 2, 3, pontos de amostragem em cada bloco.

Considerando em primeiro lugar todos os pontos de amostragem, 72% dos 72 intervalos apresentava auto-afinidade com os valores de  $D$  aumentando sempre com o tamanho, excepto em três casos em que aumentava, diminuía e voltava a aumentar e num em que diminuía e depois aumentava.

Das 20 amostras com auto-semelhança metade pertencem aos pontos de sobre-representação  $L1$  e  $L2$  (como nas sementes totais). Sobre-representadas em auto-semelhança são também as profundidades mais superficiais, com cerca de 55% das situações de auto-semelhança até ao intervalo 2.5-5.0 cm e 70% até ao intervalo 5.0-7.5 cm.

Na figura 7.17 apresentam-se os valores e intervalos de valores de  $D$  de cada profundidade separadamente para os grupos definidos a partir da modelação dos tamanhos das sementes; para o grupo constituído por  $L3$ ,  $E1$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G2$  apresenta-se a média dos

menores e maiores valores de  $D$ , para os pontos  $L1$ ,  $L2$ ,  $G1$  e  $G3$  os valores observados.



**Figura 7.17** Valores (o) e intervalos de valores de  $D$  de sementes isodiamétricas pré-mobilização de MITRA2. Em  $V$  apresenta-se a média do menor e maior valor dos pontos  $L3$ ,  $E1$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G2$ . Para cada grupo, os valores referem-se às classes de profundidade, aumentando no sentido da leitura.

Embora com tendência para menores valores, para menores diferenças entre os valores máximos e para mais amostras com estrutura aleatória, a tendência geral da distribuição de  $D$  das sementes isodiamétricas não difere muito da descrita para todas as sementes, isto é, tendência para aumento dos valores ou dos valores máximos de  $D$  com o aumento da profundidade até 2.5-5.0 cm ( $G3$ ) ou 5.0-7.5 cm (nas restantes) seguido de uma diminuição relativamente constante com o aumento da profundidade, com exceção de  $G1$ , ou seja uma tendência para em pequenas e em grandes profundidades predominarem processos de escala maior, enquanto em profundidades intermédias predominam processos de escala menor.

No entanto, e ao contrário do que acontecia com todas as sementes não se observa uma tendência nítida de aumento da amplitude de  $D$  com o aumento da profundidade.

De acordo com Thompson *et al.* (1993) sementes isodiamétricas tendem a ser persistentes de longa duração (permanência no solo pelo menos durante cinco anos) desde que pequenas, reduzindo-se a sua persistência para entre um e cinco anos com o aumento de tamanho.

De acordo com o que temos vindo a assumir e de acordo com Thompson *et al.* (1993), o banco de sementes isodiamétricas amostrado em MITRA2 será constituído total ou maioritariamente por sementes persistentes, sendo de esperar uma forte redução de sementes menores no intervalo de profundidade mais superficial e uma germinação quase exclusiva de sementes maiores no período imediatamente anterior à amostragem em MITRA2.

O aumento constante de tamanho do banco de sementes com a profundidade poderá ser interpretado de acordo com existência de duas estratégias diferenciadas, com sementes isodiamétricas menores a localizarem-se superficialmente e sementes isodiamétricas maiores (de menor *persistência intrínseca*) a localizarem-se mais profundamente.

De novo, não é de estranhar nem a prevalência de processos de escala longa a



influenciarem a distribuição de tamanhos a pequenas e a maiores profundidades nem, de alguma maneira a predominância de processos aleatórios, quando ocorrem, em profundidades menores, o mesmo não se podendo dizer do facto de em profundidades intermédias parecer haver uma redução da escala dos processos que influenciam a distribuição de tamanhos, a não ser que, tal como para as sementes totais se admita que nessas profundidades a distribuição de tamanhos reflecta simultaneamente a possibilidade de germinação das sementes aí presentes e, dada a profundidade a que essa germinação se verifica, o trânsito para profundidades maiores.

#### 7.4.3 Sementes anisodiamétricas

Seguindo o mesmo procedimento que para as sementes totais e isodiamétricas, seleccionou-se o modelo em que as 'áreas' eram logaritmizadas ( $R^2_{aj}=0.348$ ,  $n=72$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.034$  para os coeficientes), resultando a equação

$$A = 0.275 \exp ( - 9.505 \times 10^{-3} IP + 0.722 L1 + 0.156 E1 - 3.680 \times 10^{-2} IP L1 ) \quad (7.3)$$

sendo  $A$  a 'área' das sementes anisodiamétricas,  $IP$ ,  $L1$ ,  $E1$  com o significado anterior.

No modelo obtido, as variáveis  $L1$  e  $IP$  explicam a maior parte da variação da 'área'  $A$  (respectivamente 39.1% e 28.8%) enquanto  $E1$  é a variável que explica menos (11.2%). Ou seja, as sementes anisodiamétricas surgem de forma algo intermédia entre as totais e as isodiamétricas, com a profundidade e as diferenças entre pontos de amostragem a explicarem a maior parte da variação de  $A$ .

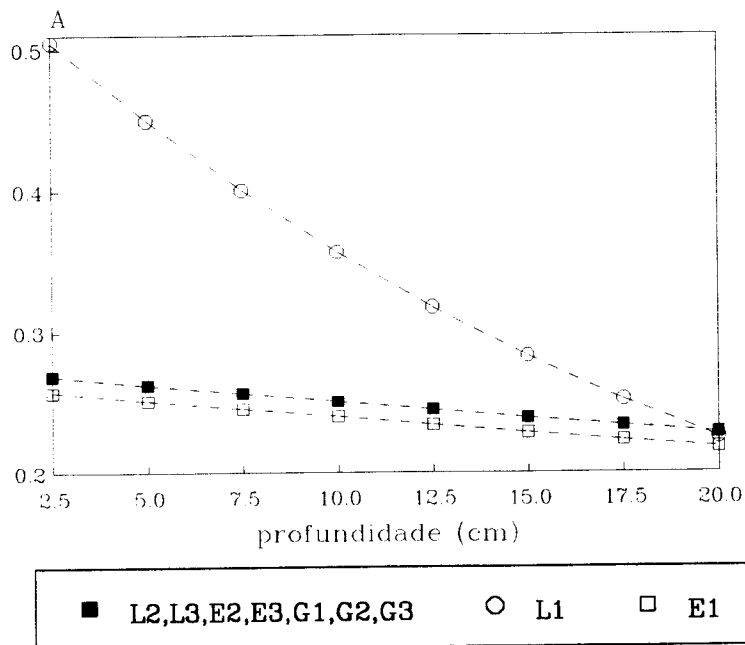
Em contrapartida, e tal como nas sementes isodiamétricas, do exame de (7.3) ressalta a existência de uma relação não-linear entre a profundidade e a 'área', com uma diminuição sistemática desta, e portanto do tamanho das sementes, com o aumento da profundidade. Em segundo lugar ressalta uma menor variabilidade entre os pontos de amostragem, com um grupo ( $L2$ ,  $L3$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G1$ ,  $G2$ ,  $G3$ ) com um comportamento comum, um segundo grupo que só difere deste por ter em geral 'áreas' significativamente menores ( $E1$ ) e o ponto de amostragem  $L1$  (como nas isodiamétricas) com maior diminuição do tamanho das sementes com o aumento da profundidade, tal como pode ser visto na figura 7.18 obtida após substituição em (7.3) de  $IP$ ,  $L1$  e  $E1$  pelos seus valores.

Do exame da figura 7.18 ressalta, como já foi dito, uma redução exponencial da 'área' com o aumento da profundidade, particularmente rápida para o ponto  $L1$ , bem como e de novo com excepção do ponto  $L1$ , uma pequena variação da 'área'  $A$  com a profundidade.

Examinando a natureza e variação de  $D$ , verifica-se que 76% dos 72 intervalos apresentava auto-afinidade com os valores de  $D$  aumentando sempre com o tamanho, excepto em cinco casos em que aumentava e depois diminuía mas só para valores muito perto do máximo e num em que diminuía e depois aumentava.

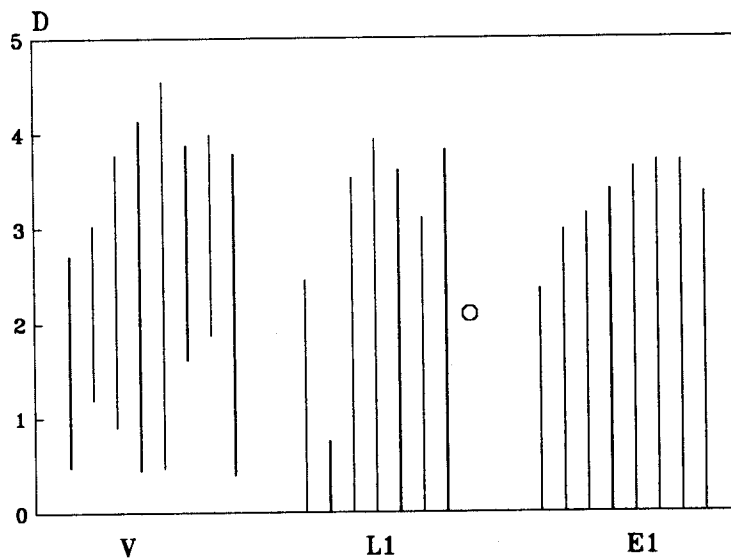
Das 17 amostras com auto-semelhança só uma não pertence ao grupo  $L2$ ,  $L3$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G1$ ,  $G2$ ,  $G3$ , grupo sobre-representado em auto-semelhança. Igualmente sobre-representadas em

auto-semelhança são as profundidades maiores, com 25% das situações de auto-semelhança até ao intervalo 2.5-5.0 cm, 35% até ao intervalo 5.0-7.5 cm, mas 53% no ou abaixo do intervalo 12.5-15.0 cm.



**Figura 7.18** 'Área' em proporção por mm ( $A$ ) em função dos intervalos de profundidade de sementes anisodiamétricas pré-mobilização de MITRA2 de acordo com o modelo apresentado em (7.3).  $L$ ,  $E$ ,  $G$ , blocos lavoura, escarificação e gradagem; 1, 2, 3, pontos de amostragem em cada bloco.

Na figura 7.19 apresentam-se os valores e intervalos de valores de  $D$  de cada profundidade, separadamente para os grupos definidos a partir da modelação dos tamanhos das sementes; no grupo constituído por  $L2$ ,  $L3$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G1$ ,  $G2$ ,  $G3$  apresenta-se a média dos menores e maiores valores de  $D$ , nos pontos  $L1$  e  $E1$  os valores exactos.



**Figura 7.19** Valores ( $\circ$ ) e intervalos de valores de  $D$  de sementes anisodiamétricas pré-mobilização de MITRA2. Em  $V$  apresenta-se a média do menor e maior valor dos pontos  $L2$ ,  $L3$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G1$ ,  $G2$ ,  $G3$ . Para cada grupo, os valores referem-se às classes de profundidade, aumentando no sentido da leitura.

Além de uma tendência para maiores valores e maiores diferenças entre os valores máximos e menos amostras com estrutura aleatória que nas sementes isodiamétricas, a distribuição de  $D$  das sementes anisodiamétricas difere da descrita para todas as sementes ou para as sementes isodiamétricas, apresentando tendência para aumento dos valores ou dos valores máximos de  $D$  com o aumento da profundidade até 10.0-12.5 cm ( $L2$ ,  $L3$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G1$ ,  $G2$ ,  $G3$ ) ou 15.0-17.5 cm ( $E1$ ) seguido de uma diminuição com patamar no primeiro grupo, ou seja tendência para redução da escala com o aumento da profundidade e, em maiores profundidades, predomínio de processos de escala maior basicamente independentes do aumento da profundidade.

A redução constante, embora em geral de pequena amplitude, do tamanho do banco de sementes com a profundidade poderá ser interpretada não tanto pela existência de duas estratégias diferenciadas, mas mais com o facto de sementes anisodiamétricas poderem ter menor facilidade de movimentação vertical que sementes isodiamétricas do mesmo volume, atenuando-se essa diferença de facilidade com a diminuição do tamanho; daí ser razoável esperar que a maior parte das sementes anisodiamétricas de maiores dimensões fiquem retidas a profundidades menores o que, conjuntamente com o seu maior tamanho e portanto maior independência das condições ambientais terá levado à sua diminuição no banco de sementes no período de germinação anterior à amostragem. Daí não ser de estranhar a tendência para redução constante da escala com o aumento da profundidade nem a predominância de processos aleatórios, quando ocorrem, a profundidades maiores.

Pelo contrário, é de estranhar, apesar da germinação anterior, que a redução do tamanho com o aumento da profundidade não seja mais pronunciada, com a maior parte dos pontos de amostragem com uma resposta mais semelhante à evidenciada pelo  $E1$ , tendo em conta a convicção generalizada de sementes pequenas terem mais facilidade em deslocar-se para maiores profundidades (Grime 1979, Thompson e Grime 1979, Thompson *et al.* 1993).

## 7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral, a modelação da distribuição de frequências de tamanhos do banco de sementes é interpretável, e mais do que isso, é sensível à qualidade dos dados de MITRA1 resultante da malha dos crivos utilizados (§ 3.1.1).

Globalmente, a distribuição de tamanhos do banco de sementes revela possuir uma estruturação vertical, reflexo de uma variedade de processos interactuantes, em geral de escala longa quer em profundidades mais superficiais quer em maiores, com as intermédias a dependerem de processos de escala mais curta.

Claramente minoritários e localizados, bancos de sementes com estruturas aleatórias estão associados essencialmente a menores profundidades e a processos de escala longa. Além disso, e continuando a considerar a totalidade do banco de sementes persistente em ambiente de elevada imprevisibilidade, observa-se um decréscimo geométrico do tamanho das

sementes com o aumento da profundidade até ao limite aproximado de germinação e emergência, seguido de um ligeiro patamar coincidente com o mínimo da escala dos processos responsáveis pela distribuição de tamanhos para, a maiores profundidades se verificar um aumento geométrico do tamanho das sementes do banco.

Considerando separadamente os bancos de sementes isodiamétricas (basicamente persistentes, a não ser para sementes maiores) e os de sementes anisodiamétricas (basicamente temporários), verifica-se nos primeiros o mesmo tipo de comportamento geral que no banco de sementes totais, no que diz respeito à natureza e duração dos processos, o mesmo não acontecendo na variação do tamanho. Nas sementes isodiamétricas observa-se um aumento constante e de tipo exponencial do tamanho das sementes do banco com o aumento da profundidade.

Em contrapartida, na fracção anisodiamétrica dos banco de sementes há uma diminuição constante da escala dos diversos processos interactuantes até profundidades relativamente grandes, com alguma diminuição e estabilização em valores associados a escalas curtas.

Claramente minoritários e localizados, bancos de sementes com estruturas aleatórias ocorrem essencialmente a maiores profundidades e associados a processos de escala curta. Adicionalmente, constata-se um decréscimo constante do tamanho das sementes do banco com a profundidade, de tipo exponencial mas em geral de pequena amplitude.

A distribuição vertical de tamanhos do banco de sementes reflecte, embora não totalmente, as distribuições separadas da fracção isodiamétrica e anisodiamétrica, com a diminuição inicial do tamanho das sementes seguindo a das sementes anisodiamétricas, o abrandamento ou patamar que ocorre pelos 7.5-12.5 cm revelando a influência crescente de sementes isodiamétricas e, coincidindo com o mínimo da escala dos processos que determinam a distribuição de tamanhos, o aumento posterior do tamanho das sementes a reflectir maioritariamente a distribuição de tamanhos das sementes isodiamétricas.

Com excepção das sementes anisodiamétricas, provavelmente devido à sua forma tornar movimentações descendentes mais difíceis (tanto mais quanto maiores forem as sementes), há uma clara tendência para as sementes mais profundas serem maiores, não obstante a convicção de ser mais fácil e provável a movimentação descendente de sementes menores que a de maiores.

É possível que esta contradição resulte do modelo, apesar de estatisticamente válido, ser inadequado e conduzir a conclusões biologicamente inválidas. Naturalmente que a avaliação desta explicação exigirá um exame detalhado da distribuição vertical de abundâncias consoante as formas e tamanhos das sementes, exame esse que será levado a cabo no capítulo 9, onde a distribuição vertical das sementes será examinada de acordo com a forma e classes de tamanho.

Alternativamente, pode admitir-se que aquela contradição resulte de só considerarmos a fracção permanente do banco de sementes. A ser assim, a fracção temporária seria essencialmente constituída por sementes maiores, aumentando o tamanho do banco de

sementes mais superficiais, o que faria sentido mas, apesar de tudo, não explicava o aumento do tamanho do banco de sementes com a profundidade sistematicamente observado em sementes isodiamétricas.

Finalmente, este aumento do tamanho das sementes do banco poderá ser interpretado, em ambientes de imprevisibilidade elevada, admitindo que a componente persistente do banco de sementes resulte de duas estratégias diferenciadas mas complementares, envolvendo a retenção de sementes isodiamétricas menores em profundidades baixas, onde só germinarão em condições ambientais favoráveis, e a movimentação para maiores profundidades de sementes isodiamétricas maiores capazes de germinarem com elevado risco reprodutivo se permanecessem a profundidades menores.

Apesar da vantagem que lhes poderia proporcionar, movimentações descendentes de sementes anisodiamétricas de todas as dimensões seriam contrariadas pela forma, tanto mais quanto maiores fossem.

Esta explicação pressupõe, naturalmente, a existência de mecanismos próprios das sementes que contrariem a maior facilidade de objectos isodiamétricos pequenos descerem ou que eliminem a maior dificuldade de objectos iso, e particularmente anisodiamétricos, relativamente grandes se movimentarem verticalmente para maiores profundidades.

Tanto quanto sabemos, não está demonstrada a existência de quaisquer mecanismos deste tipo mas a sua existência não terá sido ainda investigada de forma sistemática.

## 8. MOBILIZAÇÕES E BANCO DE SEMENTES. I IMPORTÂNCIA

*há mais coisas no céu e na terra  
que as sonhadas na tua filosofia*  
William Shakespeare

No capítulo anterior tratámos da distribuição de frequências do tamanho de sementes e a sua variação vertical, parcialmente à luz da importância da profundidade na germinação e emergência de sementes. Sendo reconhecida a possibilidade de movimentações verticais descendentes de sementes (ver capítulo 5) é igualmente reconhecido que movimentações de sentido oposto serão essencialmente devidas a acção humana (Harper 1977), o que remete imediatamente para a consideração dos efeitos dos diferentes tipos de mobilização do solo na distribuição vertical de abundâncias e de tamanhos e suas consequências na dinâmica do banco de sementes do solo.

Diferenças importantes da frequência e abundância de espécies constituintes do banco de sementes com influência na distribuição vertical de sementes, que não iremos examinar, podem resultar de diferenças de textura, matéria orgânica e acidez de solos (Albrecht e Bachthaler 1989, Bernhardt e Hurka 1989, Brenchley e Warington 1930, 1933, Burgaz e Saiz 1989, Cavers e Benoit 1989, Chepil 1946, Paatela e Erviö 1971), culturas e rotações (Belo e Dias 1998, Brenchley e Warington 1930, 1933, 1936, Cardina *et al.* 1998, Hebden *et al.* 1998, Hill *et al.* 1989, Laranjeira 1999, Navarrete e Quintanilla 1996, Roberts e Chancellor 1986, Zwerger *et al.* 1990), irrigação (Dastgheib 1989, Wilson 1980), pastoreio (Milberg 1995, Smyth *et al.* 1997) ou pisoteamento por gado (Panetta 1985), bem como movimentações horizontais resultantes de máquinas agrícolas (Ghersa *et al.* 1993, Mayer *et al.* 1998, Mead *et al.* 1998, McCanny e Cavers 1988, Rew e Cussans 1997).

Tal como para os aspectos que acabámos de referir, também não iremos examinar as vantagens e/ou efeitos globais de mobilizações em comparação com sementeira directa sem mobilização (Giere *et al.* 1980, Philips e Philips 1984, Philips *et al.* 1980, Zimdahl 1993), enterramento e/ou queima de palhas (Cussans *et al.* 1987, Moss 1985a, 1987) nem em geral a conjugação de mobilizações com tratamentos herbicidas (Bàrberi *et al.* 1998c, Bridgemohan e Brathwaite 1989, Derksen *et al.* 1995, Fogelfors e Boström 1998, Hutcheon *et al.* 1998, Mayor e Dessaint 1998, McCloskey *et al.* 1998, Navarrete e Quintanilla 1996, Zimdahl 1993 ou, incluindo uma avaliação económica, Schweizer e Zimdahl 1984a, Zentner e Lindwall 1982).

Centrar-nos-emos nos efeitos de mobilizações na distribuição vertical do banco de sementes tendo presente, sempre que possível, o tamanho das sementes. Tal como no capítulo anterior, mas de uma forma ainda mais marcada, os trabalhos envolvendo mobilizações e seus efeitos no banco de sementes podem dividir-se em dois grupos, consoante a possibilidade de relacionar os efeitos das mobilizações com os tamanhos das sementes. Abordaremos em primeiro lugar aqueles em que aquela relação não foi possível,

para depois considerarmos os trabalhos cujo delineamento permite investigar a componente tamanho de sementes, utilizando o menor (ou único) volume tal como registado no Anexo 1. Finalmente, referiremos cinco estudos em que os efeitos de mobilizações na distribuição vertical do banco de sementes foi investigado recorrendo total ou parcialmente a marcadores artificiais coloridos para simular sementes.

### 8.1 EFEITOS DE MOBILIZAÇÕES NO BANCO DE SEMENTES

Roberts e Dawkins (1967) estudaram durante seis anos os efeitos de diversas frequências de perturbação do solo (nenhuma, cavado trimestral e semestralmente) na velocidade de decréscimo do banco de sementes do solo, tendo observado para o conjunto das espécies uma taxa de decréscimo anual equivalente a 22% em solo não perturbado, 30% e 36% respectivamente em solo cavado semestral e trimestralmente.

Piggin (1976) observou reduções importantes na emergência de *Trifolium subterraneum* ( $0.424 \text{ mm}^3$ ) e *Echium plantagineum* ( $5.482 \text{ mm}^3$ ) em solos mobilizados com enxada a 5-15 cm, eventualmente devidas à redução da humidade do solo e enterramento das sementes.

Fay e Olson (1978) observaram diferenças profundas na distribuição vertical de sementes de balancos (*Avena* spp.) ao fim de dez anos de lavoura com charrua de aivecas e escarificador pesado. Com charrua detectaram sementes até 17.8 cm com 64% das sementes até 7.6 cm e 80% até 10.2 cm; em contrapartida, com escarificador só havia sementes até 10.2 cm com 60% das sementes até 2.5 cm e 85% até 5.1 cm.

Wilson (1978) estudou os efeitos de várias modalidades de escarificação a 10 cm ou lavoura a 13-15 cm no esgotamento de sementes de *Avena fatua* ( $8.826 \text{ mm}^3$ ) durante dois anos, não tendo observado diferenças importantes no padrão de emergência de plântulas, o mesmo não acontecendo relativamente às abundâncias, sugerindo que a persistência de *A. fatua* como infestante será sobretudo devida à reposição anual de sementes e não à sua persistência no solo. No entanto, a mobilização anual por escarificador de dentes rígidos a 15 cm originava maiores emergências que por charrua de aivecas a 20-25 cm, particularmente em sementes com menos de dois anos de colhidas, o inverso ocorrendo em sementes com entre dois a quatro anos de colhidas (Wilson 1985). Adicionalmente, na ausência de mobilização havia maiores emergências e menores persistências em sementes enterradas superficialmente (5 cm) e o oposto quando enterradas a 25 cm. A persistência era igualmente maior em lavoura anual a 25 cm em comparação com escarificação anual a 15 cm, sendo sugerida a vantagem de escarificar ou não mobilizar desde que fosse possível impedir a reposição de sementes no banco (Wilson 1981)

Froud-Williams *et al.* (1983) compararam o número, distribuição e desaparecimento de sementes em solos mobilizados a 20 cm durante três anos com solos em sementeira directa sem mobilização. Não havendo praticamente reposição do banco de sementes ao longo dos três anos, os autores observaram um declínio do banco de sementes muito mais rápido em

solos mobilizados embora com taxas que flutuavam anualmente com a profundidade, ao contrário do que acontecia nos locais não mobilizados, em que a taxa de declínio era razoavelmente constante em todas as profundidades.

Conn *et al.* (1984) estudaram o banco de sementes do solo em florestas de *Picea* spp. não perturbadas, cortadas e não cultivadas, e cortadas e cultivadas entre 1 e 20 anos, tendo observado ao fim de 3-5 anos de cultura o desaparecimento não só de sementes de árvores (desaparecidas mesmo sem cultivo) como de sementes de espécies colonizadoras nativas, quase totalmente substituídas por colonizadoras introduzidas, com *Chenopodium album* a dominar quase completamente a partir dos 3-5 anos de cultivo.

Warnes e Andersen (1984) estudaram os efeitos de 9 tratamentos envolvendo diferentes combinações de mobilização e controlo químico no desaparecimento de sementes de *Brassica kaber* (1.150 mm<sup>3</sup>) durante sete anos, tendo observado reduções de 50% na ausência de mobilização e de 97% em tratamentos, inaplicáveis na prática segundo os autores, envolvendo uma ou três passagens anuais de charrua de aivecas a cerca de 25 cm e cultivador a cerca de 13 cm sempre que *B. kaber* surgia, com ou sem aplicação de herbicida. No entanto, dados os elevados níveis de infestação inicial, à redução para 3% correspondiam ainda densidades da ordem de 2.4 milhões de sementes ha<sup>-1</sup>.

Moss (1985b) estudou os efeitos de três mobilizações e profundidade de enterramento de sementes na emergência de *Alopecurus myosuroides* (2.268 mm<sup>3</sup>). Apesar do rápido declínio do número de sementes, encontraram-se relativamente poucas diferenças entre as mobilizações por charrua de aivecas a 20 cm, escarificador de dentes de dupla volta a 10 cm e sementeira directa nos dois anos da experiência, embora o declínio de *A. myosuroides* fosse menor quando só havia mobilização por charrua no primeiro ano. Em contrapartida, a distribuição vertical das sementes era fortemente afectada pelo tipo de mobilização; localização essencialmente superficial em sementeira directa, essencialmente profunda nas duas modalidades envolvendo charrua e mais intermédia na escarificação.

Pareja e Staniforth (1985) estudaram os efeitos do tamanho dos agregados do solo na germinação de sementes concluindo que o tamanho dos agregados e a taxa de redução da humidade do solo podem determinar se e quando as sementes germinam, sugerindo que as mobilizações ao alterarem a distribuição de tamanhos dos agregados do solo (ver por exemplo Ellis *et al.* 1982, Perfect *et al.* 1993b, 1994, Rasiah *et al.* 1992, Unger 1984) podem alterar o tipo, número e características dos micro-locais das sementes no solo, incluindo os das sementes localizadas dentro de agregados de solo.

Pareja *et al.* (1985) estudaram os efeitos na distribuição vertical de sementes maiores que 0.85 mm após doze anos de a) mobilização tradicional consistindo em lavoura com charrua de aivecas a 20 cm no Outono e gradagem com grade de discos na Primavera e b) nenhuma mobilização. Na Primavera, o número de sementes tendia a aumentar com a profundidade na mobilização tradicional (cerca de 30% a 0-5 e a 5-10 cm, as restantes a 10-20 cm) enquanto que na ausência de mobilização mais de 80% das sementes se encontravam a 0-5 cm. No



Outono, após a produção de novas sementes e antes da realização de mobilizações, verificava-se uma quase igualdade entre as distribuições de sementes nas duas modalidades de mobilização com cerca de 60% das sementes a 0-5 cm, pouco mais de 30% a 5-10 cm e menos de 20% a 10-20 cm, sugerindo que o principal efeito desta mobilização consiste no enterramento das sementes. Na Primavera e a 0-5 cm a mobilização tradicional distribuía as sementes de forma mais ou menos uniforme por todas as classes de tamanhos de agregados enquanto a ausência de mobilização tendia a concentrar as sementes na fracção do solo de menores agregados (diâmetro menor que 0.31 cm), tendendo as sementes a localizar-se em agregados maiores com o aumento da profundidade na mobilização convencional. Em contrapartida, no Outono a distribuição das sementes por classes de agregados de solo era essencialmente idêntica nas duas modalidades de mobilização, sugerindo que o principal efeito desta mobilização consiste em manter uma distribuição relativamente equitativa de sementes grandes por todas as classes de tamanhos de agregados enquanto na sua ausência as sementes associadas a agregados de solo maiores tendem a germinar em maior proporção.

Burnside *et al.* (1986) estudaram os efeitos da mobilização e controlo químico de pré-emergência no banco de sementes do solo, tendo observado reduções importantes associadas a mobilizações mas não em monocotiledóneas cuja redução depende essencialmente da aplicação de herbicidas, ao contrário de espécies de folha larga, relativamente às quais a mobilização surge como relativamente eficaz.

Esso *et al.* (1986) estudaram os efeitos de mobilizações na distribuição vertical de *Sorghum halepense* (1.770 mm<sup>3</sup>) em culturas de trigo e milho, com duas situações iniciais; só com sementes de *S. halepense* à superfície e na segunda, com sementes enterradas por charrua e gradagem e sementes à superfície. Em geral, uma passagem de charrua de aivecas e cultivador rotativo tende a afundar as sementes, com uma segunda passagem 6 meses depois a ter tendência a fazê-las subir, de tal forma que resultará uma distribuição mais uniforme e basicamente independente da distribuição inicial. Em contrapartida, os resultados de cultivador rotativo isolado não permitem conclusões claras, tanto mais que se verificaram variações importantes a profundidades abaixo dos 7 cm a que esta última mobilização terá sido feita. Uma consequência importante de duas passagens com charrua e cultivador no mesmo ano quando comparado com uma única passagem poderá ser, além do aumento de sementes de *S. halepense* a 0-4 cm, o aumento da proporção de sementes prontas a germinar por perda de dormência.

Zanin *et al.* (1986) não observaram diferenças qualitativas nas infestações de monocultura de milho associadas à realização de mobilizações, embora quantitativamente tenham sido observados importantes aumentos de *Sorghum halepense* (1.770 mm<sup>3</sup>) em sementeira directa sem mobilização devido à menor eficácia de tratamentos herbicidas e ao favorecimento da produção de rizomas.

Barralis *et al.* (1988) estudaram os efeitos de mobilizações a 25-30 cm na longevidade e distribuição do banco de sementes tendo observado ao fim do primeiro ano uma distribuição

de sementes crescente até aos 10-20 cm, intervalo de profundidade no qual se localizavam cerca de 60% das sementes, seguida nos quatro anos posteriores por uma clara deslocação das curvas de distribuição para profundidades menores.

Zimdahl *et al.* (1988) estudaram os efeitos de mobilização com moto-enxada a cerca de 15 cm (ou enxada quando necessário) na emergência de infestantes em solos tropicais, observando uma resposta rápida e positiva das infestantes à mobilização.

Beuret (1989) estudou, entre outros aspectos, os efeitos de quatro mobilizações diferentes, lavoura, escarificador pesado, mobilização superficial e sementeira directa ou mobilização mínima em dois tipos de solo, argilo-limoso e franco-limoso (classificação de M.P. Gomes e A.A. da Silva apresentada em Costa 1975), tendo observado diferenças importantes dos efeitos das mobilizações nos dois tipos de solo, com aumentos do banco de sementes em sementeira directa no solo argilo-limoso mas não no franco-limoso e, para a mesma mobilização, respostas diferentes das espécies envolvidas consoante o tipo de solo.

Bridgemohan *et al.* (1991) estudaram os efeitos de mobilizações simuladas por inversão manual na germinação e emergência de *Rottboellia cochinchinensis* (20.944 mm<sup>3</sup>) semeada a diferentes profundidades entre a superfície e 13.5 cm, tendo observado estímulos da emergência após as mobilizações, sugerindo que mobilizações poucas profundas podem aumentar a taxa de esgotamento do banco de *R. cochinchinensis* até 32%.

Yenish *et al.* (1992) estudaram a distribuição vertical de sementes em dois locais sujeitos a três modalidades de mobilização, nula, lavoura com charrua de aivecas a 20-25 cm no Outono ou Primavera, lavoura com escarificador pesado a 30-35 cm no Outono, ambas seguidas de duas gradagens com grade de discos a 7.5-10 cm (ou a 10-12.5 cm) na Primavera e, embora só num local, três modalidades de controlo de herbicidas (nenhum tratamento, herbicida de pré-emergência e controlo total com herbicida de pré-emergência seguido de monda manual). As modalidades de mobilização foram mantidas durante 4 ou 7 anos antes da quantificação do banco de sementes do solo até 19 cm de profundidade. Em geral surgiram mais sementes na escarificação que em mobilização nula e nesta mais que em charrua. Tomando como referência a mobilização nula, com 73% das sementes a 0-1 cm e 89% até 3 cm de profundidade, qualquer das mobilizações reduzem fortemente a abundância a 0-1 cm e aumentam entre 3 e 19 cm, com a resposta a 1-3 cm a depender dos locais e do tipo de mobilização. A escarificação tende a ter uma distribuição de sementes que diminui com a profundidade, de forma mais lenta até 9 cm acelerando fortemente a partir daí, enquanto a charrua apresenta uma distribuição tendencialmente homogênea até 19 cm de profundidade. Quando se consideram simultaneamente as modalidades de mobilização e de controlo de infestantes, observa-se na escarificação uma quase total independência em relação ao controlo de infestantes, com distribuições basicamente idênticas nas três modalidades, uma resposta semelhante de só herbicida e controlo total com redução da proporção de sementes a 0-1 cm e aumento em profundidades superiores, enquanto na charrua a ausência de controlo reduz a proporção de sementes até aos 9 cm, aumentando em

profundidades superiores.

Odum *et al.* (1994) sugerem que a especificidade das comunidades vegetais em terrenos cultivados resulta essencialmente da adubação e resistência a herbicidas, não tendo a mobilização, ou a sua ausência, influência na composição específica.

Arco *et al.* (1995) estudaram os efeitos de lavoura com charrua de aivecas a 25 cm na distribuição vertical de *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana* ( $9.031 \text{ mm}^3$ ) concluindo que aquela mobilização homogeniza a distribuição das sementes, movimentando parte das sementes localizadas superficialmente para maiores profundidades.

Garcia (1995) investigou o banco de sementes a 0-2, 5-7 e 15-17 cm de profundidade após dois anos de charrua a 20 cm e moto-enxada antes da sementeira de milho, tendo observado cerca de 31% das sementes a 0-2 cm, 77% a 5-7 cm e 27% a 15-17 cm, mas uma relação inversa quase linear entre a profundidade e a abundância do banco de sementes (respectivamente 41, 34 e 25%) quando não se considera *Ageratum conyzoides*, a espécie mais abundante (cerca de 60% do total) com cerca de 44% das sementes a 5-7 cm.

## 8.2 EFEITOS DE MOBILIZAÇÕES E TAMANHO DE SEMENTES

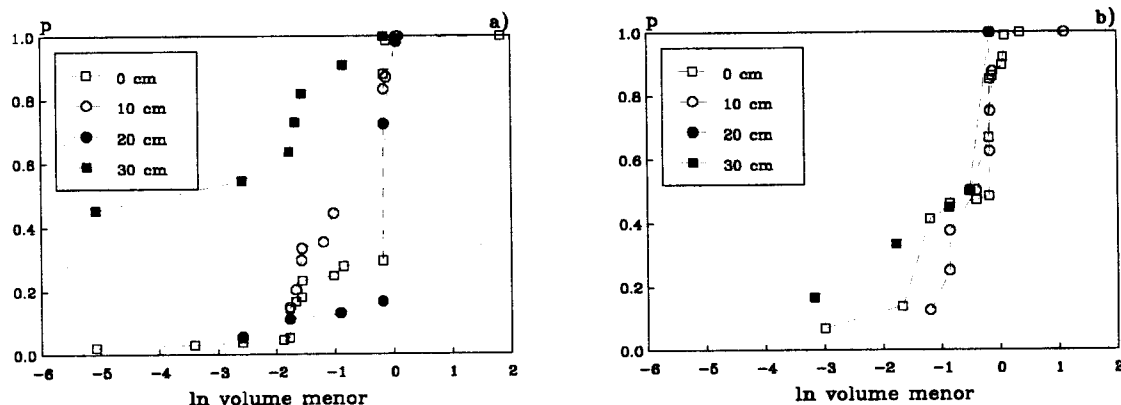
Chepil (1946) estudou durante 5 anos os efeitos de diferentes localizações de sementes, mobilizações e tipo de solo na germinação e sobrevivência de, por ordem crescente de tamanho, *Sisymbrium altissimum* ( $0.105 \text{ mm}^3$ ), *Amaranthus retroflexus* ( $0.188 \text{ mm}^3$ ), *Sinapis arvensis* ( $0.524 \text{ mm}^3$ ), *Thlaspi arvensis* ( $0.628 \text{ mm}^3$ ) e *Salsola pestifer* ( $1.642 \text{ mm}^3$ ). Consideraremos em primeiro lugar as quatro modalidades experimentais comuns aos três tipos de solo, nomeadamente e de acordo com a numeração do autor [2] sementes misturadas nos 6.35 cm (2.5 polegadas) superficiais sem mobilização, [3] como o anterior mas com agitação mensal e moderada a 6.35 cm, [4] como o anterior mais passagem com rolo metálico e [7] sementes misturadas nos 15.24 cm (6 polegadas) superficiais, reviramento completo do solo até 15.24 cm e agitação moderada até 6.35 cm.

Nestes quatro tratamentos verificaram-se de forma consistente maiores emergências em solos argilosos calcários, seguido de francos e finalmente franco-arenosos nas três espécies de maiores sementes ( $\geq 0.524 \text{ mm}^3$ ) enquanto nas duas espécies de menores sementes não é possível definir qualquer padrão, com a posição relativa dos três tipos de solo a variarem com a espécie e com a modalidade experimental. Considerando as modalidades experimentais referidas acima por [3], [4] e de acordo com a numeração do autor [5] tal como [3] mas com rega de forma a manter o solo permanentemente húmido (não realizada no solo franco-arenoso e argiloso calcário) que a passagem com rolo origina maiores emergências no franco-arenoso qualquer que seja a espécie, e menores no argiloso para as três espécies de menores sementes enquanto que nas duas restantes ( $\geq 0.628 \text{ mm}^3$ ) a resposta é idêntica à do franco-arenoso. Em contrapartida, no argiloso só em *S. arvensis* e *T. arvensis* é que a rolagem dá origem a maiores emergências; além disso, e com excepção

da espécie de menores sementes, o humedecimento origina sempre maiores emergências.

No que diz especificamente respeito a mobilizações, ou à sua representação, é possível comparar as modalidades [2] e [3] nos três solos, ambas com sementes misturadas nos 6.35 cm superficiais e diferindo pela agitação mensal moderada à mesma profundidade ou à sua ausência, e as modalidades [6] e [7] só no franco, a primeira consistindo na mistura das sementes nos 15.24 cm superficiais sem qualquer mobilização e a segunda descrita acima. No solo franco uma mobilização mais profunda seguida de mobilizações superficiais para sementes localizadas até 15.24 cm, tratamento [7], resultou em maiores emergências em todas as espécies com exceção da espécie de sementes maiores; em contrapartida, e ainda no franco, observa-se que a mobilização a mobilização mais superficial, tratamento [3], resultou em maiores emergências nas três espécies de sementes menores, uma quase igualdade em *T. arvense* e menores emergências na espécies de sementes maiores. Situação semelhante ocorre no argiloso calcário, com a mobilização superficial a originar maiores emergências em todas as espécies com exceção da de maiores sementes, enquanto no franco-arenoso qualquer que seja a espécie se observaram maiores emergências na ausência de mobilização.

Peyronel (1953) estudou a abundância e distribuição vertical de sementes até 50 cm de profundidade em solo cultivado e não cultivado, tendo observado cerca de 81% das sementes à superfície em solo não cultivado contra cerca de 52% à superfície em solo cultivado bem como uma maior quantidade de sementes até aos 20 cm de profundidade em solo cultivado, cerca de 42%, contra 9% em solo não cultivado.



**Figura 8.1** Frequência relativa acumulada de sementes à superfície e a intervalos de 10 cm, em proporção ( $p$ ) em função do  $\ln$  do volume menor em  $\text{mm}^3$  em a) solo cultivado, b) solo não cultivado. Para as fontes ver Peyronel (1953) e Anexo 1.

Na figura 8.1 apresentam-se os resultados de Peyronel (1953) em função do menor volume das sementes exprimindo a abundância média de cada espécie em proporção da abundância média de todas as espécies, para 29 das 30 espécies registadas, omitindo-se os resultados relativos à profundidade 30-40 cm em virtude de em solo cultivado só ter sido encontrada uma espécie (*Setaria viridis*). De referir em primeiro lugar a ausência de sementes menores que  $41.888 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$  em solo não cultivado quando em solo cultivado

as menores sementes poderão ter  $6.283 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ . De referir igualmente que só em solo cultivado se encontram diferenças importantes na distribuição de tamanhos nas várias profundidades, destacando-se claramente o intervalo 20-30 cm dos restantes com um predomínio de sementes menores embora no conjunto só estivessem aí presentes cerca de 4% do total de sementes.

Roberts (1963) estudou durante 6 anos os efeitos de quatro mobilizações, lavoura profunda a 36-41 cm, lavoura superficial a 15-18 cm, lavoura superficial a 15-18 cm seguido de subsolagem a 41-46 cm e fresagem a 15-18 cm com excepção do primeiro ano em que os talhões destinados à fresagem foram mobilizados por lavoura superficial a 15-18 cm; a lavoura foi executada por charrua de aiveca mista sem inversão total do solo e a fresagem por faca tipo L de cultivador rotativo.

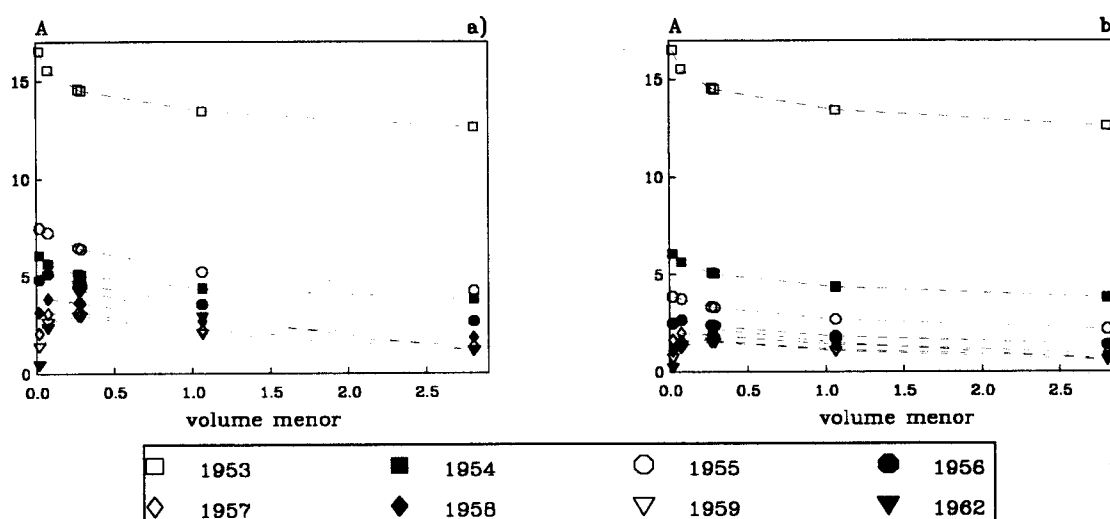
Além de uma diminuição constante do número de sementes com oscilações associadas a anos de maior produção de sementes devidas a condições metereológicas mais favoráveis, lavoura profunda e lavoura mais subsolagem reduziam a proporção de sementes nas camadas superficiais e aumentavam abaixo dos 15 cm, sugerindo que mobilizações mais profundas tendem a produzir distribuições mais uniformes. Adicionalmente, os efeitos da fresagem revelou-se claramente diferente do das restantes mobilizações, apresentando bancos de sementes significativamente maiores, sendo sugerido que este efeito resultava de maiores emergências em fresagem eventualmente devidas não só a esta enterrar menos as sementes que a lavoura à mesma profundidade como a deixar uma cama mais favorável a germinação, emergência e consequente reabastecimento do banco de sementes. Finalmente, e com uma única excepção (*Poa annua* em que o número de sementes era consistentemente maior em lavoura superficial) as oito infestantes principais apresentavam, nos 15 cm superficiais, respostas semelhantes às várias modalidades de mobilização. Os resultados da continuação do estudo por mais três anos (Roberts e Stokes 1965) não alteraram no essencial as conclusões dos primeiros 6 anos.

Considerando só 6 das 8 infestantes principais definidas por Roberts (1963) e Roberts e Stokes (1965) tentou-se o ajustamento de um modelo de regressão linear tendo como variável dependente o banco de sementes de cada espécie em cada modalidade de mobilização  $Y$  (milhões por acre) e como independentes o ano da experiência  $A$  (transformado de forma a que o primeiro ano de amostragem, 1953, tivesse o valor  $A=1$ ), o tamanho das sementes  $V$  (volume menor em  $\text{mm}^3$ ) e 5 variáveis mudas, ausência de mobilização  $N$  (situação que se verificava no primeiro ano em todos os talhões), lavoura profunda  $P$ , lavoura superficial  $S$ , lavoura superficial e subsolagem  $SS$  e fresagem  $F$ , tomando estas variáveis o valor 1 quando aquelas mobilizações se verificavam e o valor 0 na sua ausência. As espécies não consideradas foram *Aphanes arvensis* por não termos obtido valores de volume e *Papaver* spp. por corresponder a três espécies em que os tamanhos das duas mais abundantes diferiam de tal forma que impediam a utilização de um deles, concretamente *P. dubium* ( $6.545 \times 10^{-5} \text{ mm}^3$ ) e *P. rhoeas* ( $41.888 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ).

O ajustamento foi realizado pelo método dos mínimos quadrados por regressão sequencial ascendente usando o procedimento STEP de Statgraphics (Anónimo 1989) usando como variáveis candidatas  $A$ ,  $A^2$ ,  $V$ ,  $V^2$ , as cinco variáveis mudas e todas as interações entre as variáveis num total de 53 variáveis; quer a variável dependente quer as independentes não mudas foram separadamente investigadas na forma original e após logaritmização, num total de 8 modelos diferentes. A selecção do modelo foi feita com base no valor de  $R^2_{aj}$  e validação por exame dos valores por ele previstos. Do modelo seleccionado ( $R^2_{aj}=0.603$ ,  $n=192$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e  $P \leq 0.027$  para os coeficientes) resultou a equação

$$Y = a [ e^{A(-0.725 + 0.050 A)} ] \{ V A [-0.062 - 0.003 (A \ln V)] \} \quad (8.1)$$

com  $a=26.460$  no primeiro ano, antes de haver mobilizações,  $a=29.756$  nos restantes anos com fresagem e  $a=15.416$  nos restantes anos com lavoura profunda ou superficial com ou sem subsolagem.



**Figura 8.2** Abundância de sementes em milhões por acre ( $A$ ) em função do volume menor em  $\text{mm}^3$  de acordo com o modelo descrito em (8.1) para a) fresagem, b) lavoura profunda e superficial com ou sem e subsolagem. Para as fontes ver Roberts (1963), Roberts e Stokes (1965) e Anexo 1.

De acordo com o modelo ajustado há diferenças significativas entre o número de sementes do primeiro ano, pré-mobilização e o dos restantes (maior no primeiro ano), e entre fresagem e as restantes mobilizações (maior na fresagem). Adicionalmente, o número de sementes das várias espécies tende a diminuir exponencialmente com o aumento do tempo de experimentação, embora essa diminuição se reduza com o passar dos anos invertendo-se a tendência e passando a aumentar de 1959 para 1962 em todas as espécies menos as de sementes muito pequenas (*Arabidopsis thaliana* e *Capsella bursa-pastoris*).

Na figura 8.2 apresenta-se graficamente o resultado do ajustamento sendo de referir o aumento do banco de sementes entre 1954 e 1955 (figura 8.2a) ser explicável pelo facto dos valores de 1954 resultarem de lavoura superficial e os de 1955 e seguintes de fresagem. A análise de residuais usando o critério dos residuais estudantizados (Draper e Smith 1981,

Kleinbaum *et al.* 1988) revelou a existência de 11 *outliers* para uma probabilidade de erro tipo I  $\alpha=0.05$ , 64% em *Poa annua* e 36% em *Stellaria media*, 45% em lavoura superficial e 36% em fresagem. Apesar de, por se tratar de um modelo II, se correr sérios riscos de enviesamento na detecção probabilística de *outliers* (Kleinbaum *et al.* 1988) os resultados confirmam as conclusões de Roberts (1963) para *P. annua* e lavoura superficial, sugerindo adicionalmente que não só esta espécie e esta mobilização apresentam por vezes respostas particulares.

Curiosamente, quando as abundâncias ao longo dos vários anos são expressas em proporção do valor inicial, a variável tamanho das sementes não surge, sob qualquer forma, no modelo ajustado usando os procedimentos descritos acima, quando para os valores absolutos a variação do tamanho das sementes explicava cerca de 16% da variação da abundância (9% pela mobilização e 75% pelo tempo). De facto, o modelo obtido para abundâncias relativas é expresso por

$$Y = A a + 0.210 \ln A \quad (8.2)$$

sendo  $Y$  a abundância relativa,  $a=-1.261$  para fresagem e  $a=-1.710$  para as restantes mobilizações ( $R^2_{aj}=0.905$ ,  $n=192$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e  $P \leq 0.004$  para os coeficientes), confirmando-se os efeitos da fresagem conduzir a menores decréscimos e sugerindo que os efeitos do tamanho das sementes possa estar mais relacionado com a escala do banco de sementes do que com o padrão de resposta deste, pelo menos nos 15 cm superficiais.

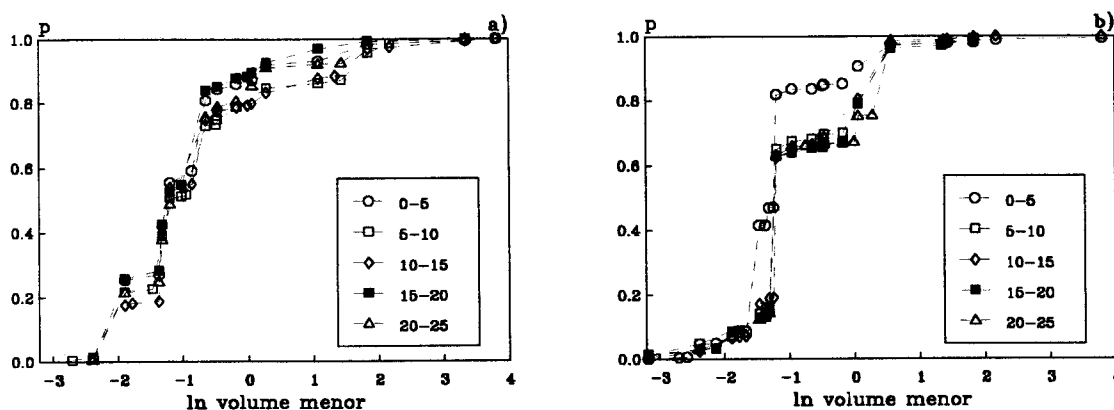
Holroyd (1964) estudou os efeitos de mobilizações a 12.70-15.24 cm (5-6 polegadas) por lavoura em Novembro e a 7.62-10.16 cm (3-4 polegadas) com discos em Fevereiro e, finalmente, a 5.08-7.62 cm (2-3 polegadas) com grade de molas em Março logo após o início da germinação de sementes de *Avena fatua* (8.826 mm<sup>3</sup>). Em meados de Abril houve nova gradagem e mais duas gradagens em Maio a 5.08-7.62 cm (2-3 polegadas) antes da sementeira. Apesar das mobilizações, a maior parte das emergências de *A. fatua* ocorriam em profundidades até 7.62 cm, eventualmente estimuladas pelas próprias mobilizações, embora um número apreciável de emergências bem sucedidas ocorresse a 12.70-15.24 cm, com o fraco sucesso do controlo de *A. fatua* pelas mobilizações pré-sementeira a ser atribuído ao facto das sementes aquela profundidade não terem sido suficientemente afectadas quer pela mobilização quer pela incorporação de herbicidas.

Kropác (1966) estudou o banco de sementes em dois locais (Ruzyne e Kastic) lavrados a 25-30 cm de profundidade nos três anos anteriores, tendo observado uma distribuição de sementes relativamente uniforme no primeiro local com algum predominância a 5-10 cm e 20-25 cm, um pouco menos uniforme no segundo local, com predominância de sementes a 0-5 cm e uma distribuição relativamente uniforme entre 5 e 30 cm, com Kastic a apresentar, para a mesma profundidade 0-25 cm cerca de três vezes mais sementes que Ruzyne.

Na figura 8.3 apresentam-se os resultados de Kropác (1966) em função do menor volume

das sementes exprimindo a abundância de cada espécie em proporção da abundância total das 25 espécies com sementes intactas em Ruzyne e de 32 das 33 espécies em Kaštice (pelo menos 99% do total) até 25 cm de profundidade.

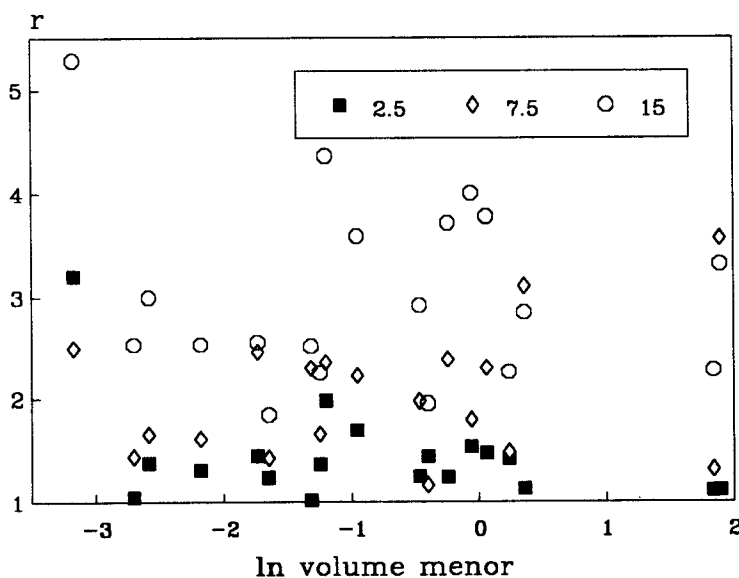
Do exame da figura ressalta a relativa uniformidade da distribuição de tamanhos em Ruzyne e o relativo domínio de sementes pequenas, ou pelo menos não grandes a 0-5 cm em Kaštice, com uma distribuição uniforme nas restantes profundidades.



**Figura 8.3** Frequência relativa acumulada de sementes intactas a intervalos de 5 cm, em proporção ( $p$ ) em função do  $\ln$  do volume menor em  $\text{mm}^3$  em a) Ruzyne, b) Kaštice. Valores numéricos referem-se a intervalos de profundidade em cm. Para as fontes ver Kropác (1966) e Anexo 1.

Razões para esta diferença poderão ser atribuídas não só a diferenças climáticas (Kaštice mais seco) como às amostragens no segundo local terem sido realizadas mais tarde, e portanto com uma boa parte das sementes maiores a poderem já ter germinado.

Roberts e Feast (1972) estudaram os efeitos de perturbação frequente de terra durante 5 anos na emergência e viabilidade de sementes de 20 espécies.



**Figura 8.4** Razão ( $r$ ) entre a percentagem de emergência em terra cultivada/não cultivada em função do  $\ln$  do volume menor em  $\text{mm}^3$ . Valores numéricos referem-se à profundidade a que as sementes foram colocadas e a que foi feita a mistura da terra na modalidade cultivada. Para as fontes ver Roberts e Feast (1972) e Anexo 1.

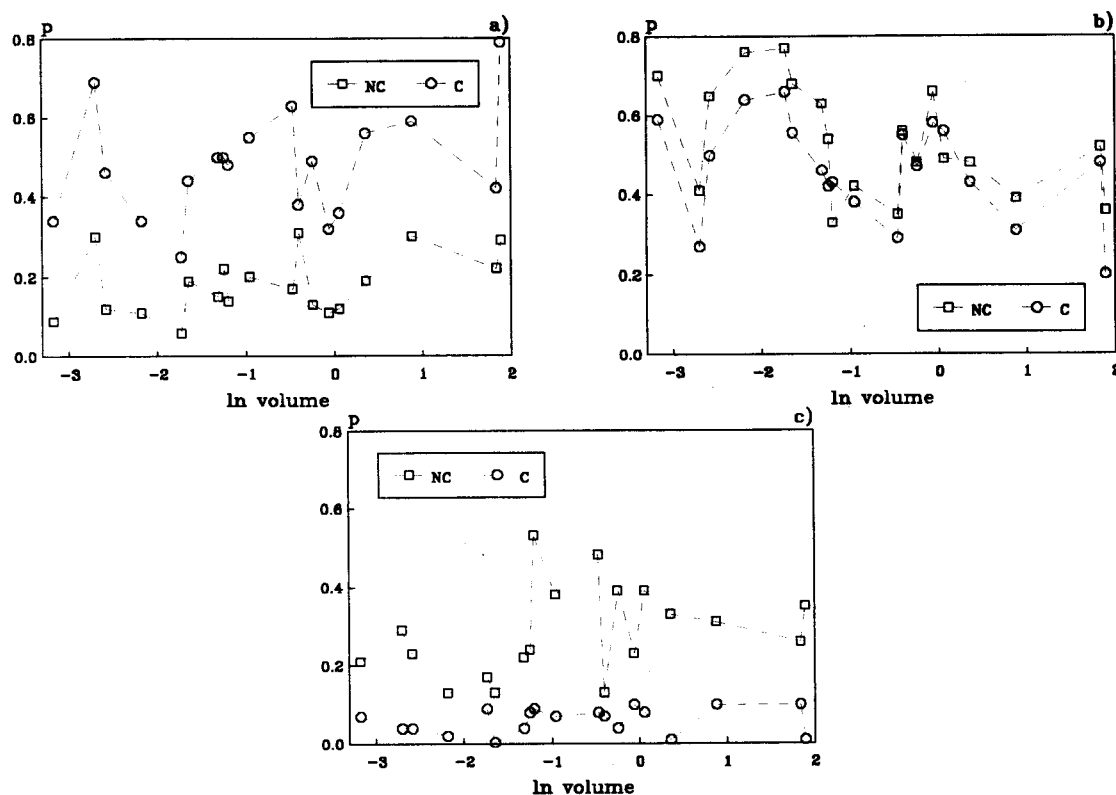
As sementes foram colocadas a 2.5, 7.5 e 15 cm e misturadas quatro vezes por ano às



mesmas profundidades (terra cultivada) ou deixadas sem perturbação. Considerando todas as espécies e sementes, a maioria das emergências ocorre no primeiro ano, diminui com o passar dos anos, com emergências superiores quando cultivadas.

Na figura 8.4 apresentam-se os valores de Roberts e Feast (1972) em função do menor volume das sementes exprimindo as emergências nas diferentes profundidades pela razão entre a percentagem em terra cultivada/terra não cultivada. Apesar de não parecer haver relação entre aquela razão e o tamanho das sementes, talvez mascarada pela combinação dos cinco anos de resultados, é nítida a tendência para o aumento dessa razão com o aumento da profundidade.

Roberts e Feast (1973) estudaram os efeitos de perturbação frequente (terra misturada 3 a 5 vezes por ano) e da não perturbação do solo durante 6 anos na emergência, perda e manutenção da viabilidade de sementes de 20 espécies colocadas a 15 cm de profundidade.



**Figura 8.5** Frequência relativa em proporção ( $p$ ) em terra não cultivada (NC) e cultivada (C) de sementes a) emergidas, b) perdidas e c) viáveis em função do  $\ln$  do volume menor em  $\text{mm}^3$ . Para as fontes ver Roberts e Feast (1973) e Anexo 1.

Consideradas todas as espécies verificaram que o número de sementes viáveis diminuía de forma exponencial mas a uma taxa muito maior e menos variável em terra cultivada (semi-vida entre menos de 1 ano e menos de 3 anos, no conjunto inferior a 2 anos) que em não cultivada (semi-vida entre 3-4 anos e 8-11 anos, no conjunto cerca de 6 anos). As plântulas que emergiam faziam-no basicamente no primeiro ano, quase 50% no cultivado com redução subsequente da viabilidade, cerca de 20% no não cultivado mas menor redução da viabilidade. O desaparecimento de sementes era geralmente maior em terra não cultivada.

Na figura 8.5 apresentam-se os valores de Roberts e Feast (1973) para o número de plântulas emergidas, perdidas (o conjunto das desaparecidas, germinadas e não emergidas e não viáveis) e viáveis ao fim de 6 anos de 19 das 20 espécies estudadas. Do seu exame resulta que em terra cultivada havia menores emergências e perdas de viabilidade com um máximo de 10% de sementes viáveis em terra cultivada e entre 13% e mais de 50% na não cultivada ao fim de 6 anos (figura 8.5c) e sugere 1) a tendência (mais evidente em cultivada) para essa emergência ser tanto maior quanto maior as sementes, 2) a tendência para as perdas diminuírem com o aumento de tamanho das sementes nas duas modalidades e 3) a tendência para o aumento da manutenção da viabilidade com o aumento do tamanho das sementes em terra cultivada e independência em relação ao tamanho em não cultivada.

Barralis e Chadoeuf (1980) estudaram os efeitos no banco de sementes de duas mobilizações com e sem controlo químico de infestantes, respectivamente mobilização superficial com cultivador rotativo ou charrua de aivecas com 5 ferros a 10 cm e charrua clássica com reviramento do solo a 30 cm, não tendo observado ao fim de um ano diferenças entre as modalidades de mobilização ou controlo de infestantes, com a viabilidade da maior parte das espécies independente da profundidade a que se encontram, embora a relação entre a flora real e a potencial fosse afectada pelo tipo de mobilização desde que superficial, como veremos no Capítulo 12.

Prosseguindo este trabalho, Barralis *et al.* (1990) e Dessaint *et al.* (1990a,b) estudaram durante 9 anos a evolução do banco de sementes numa rotação trienal com duas modalidades de mobilização com charrua de aivecas com 5 ferros (superficial a 15 cm e profunda com reviramento a 25-30 cm) e duas de controle de infestantes (nenhum controlo e controlo químico) só observando diferenças importantes na distribuição vertical na mobilização superficial sem controlo químico em que se acentua a concentração de sementes a 0-10 cm; em contrapartida, nas restantes combinações, incluindo mobilização superficial com controlo químico observaram uma tendência para homogeneização da distribuição vertical, bem como aumento do banco de sementes e riqueza específica sem controlo, manutenção ou redução com controlo químico (Dessaint *et al.* 1990a).

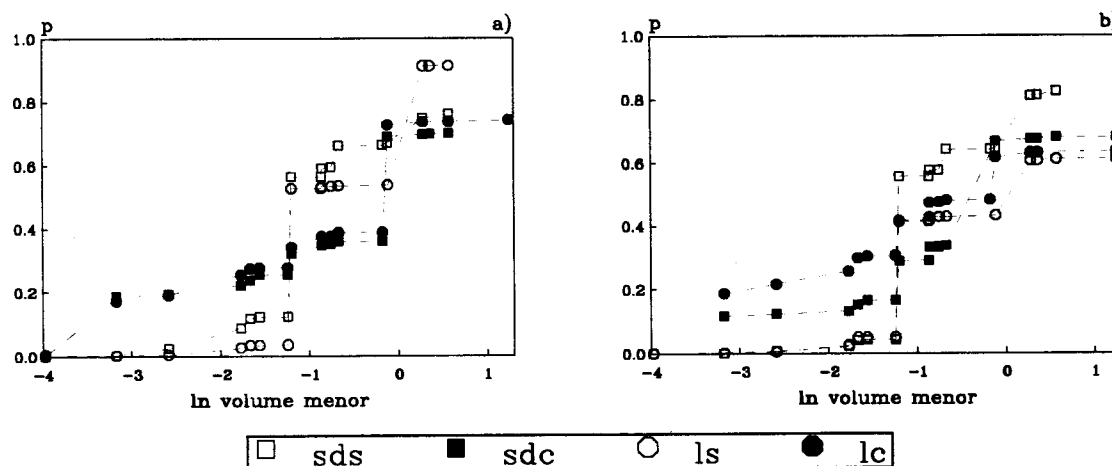
Examinando a evolução de algumas das espécies, nomeadamente e por ordem crescente de tamanho *Euphorbia exigua* ( $91.630 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ), *Amaranthus retroflexus* ( $0.188 \text{ mm}^3$ ), *Sonchus asper* ( $0.230 \text{ mm}^3$ ), *Sinapis arvensis* ( $0.524 \text{ mm}^3$ ), *Alopecurus myosuroides* ( $2.668 \text{ mm}^3$ ), *Galium aparine* ( $4.189 \text{ mm}^3$ ) e *Veronica hederifolia* ( $6.627 \text{ mm}^3$ ), o banco de sementes de *E. exigua* mantinha-se aproximadamente estável embora com algumas oscilações nas modalidades com controlo químico, *A. retroflexus* diminuía qualquer que fosse a modalidade, *S. arvensis*, *S. asper* e *A. myosuroides* tendiam a aumentar mas só nas modalidades sem controlo químico, *G. aparine* tendia a aumentar mas só na mobilização superficial sem controle químico enquanto *V. hederifolia* apresentava uma clara evolução em 'serrote' em qualquer das modalidades (Barralis *et al.* 1990, Dessaint *et al.* 1990b).

A evidente independência da evolução do banco de sementes relativamente às

mobilizações deverá ter em consideração que, e de acordo com a análise de Dessaint *et al.* (1990b), no início do estudo havia diferenças importantes entre as parcelas que vieram a ser sujeitas a cada uma das modalidades de controlo químico, tendendo a mobilização superficial a aumentar essas diferenças.

Ainda na sequência deste trabalho, Barralis *et al.* (1992) concluíram que a taxa de sobrevivência das plântulas que emergiam não parecia ser afectada pela modalidade de mobilização, embora a mobilização mais profunda sem controlo reduza fortemente as emergências embora aumente ligeiramente desde que com controlo químico.

Zanin *et al.* (1989) estudaram em dois períodos sucessivos os efeitos de duas modalidades de mobilização (lavoura e sementeira directa) e duas de controle de infestantes (nulo e controle mecânico) na abundância e distribuição do banco de sementes. Este era maior quando não havia controle de infestantes qualquer que fosse a data de amostragem e a mobilização; em contrapartida, à lavoura estavam associados maiores bancos de sementes a) desde que sem controle de infestantes quando a amostragem era feita logo após a colheita de milho, b) independentemente do controle quando a amostragem era feita imediatamente antes da sementeira. Adicionalmente, concluem que da lavoura resulta uma forte redução da heterogeneidade da distribuição de abundâncias das espécies constituintes do banco.



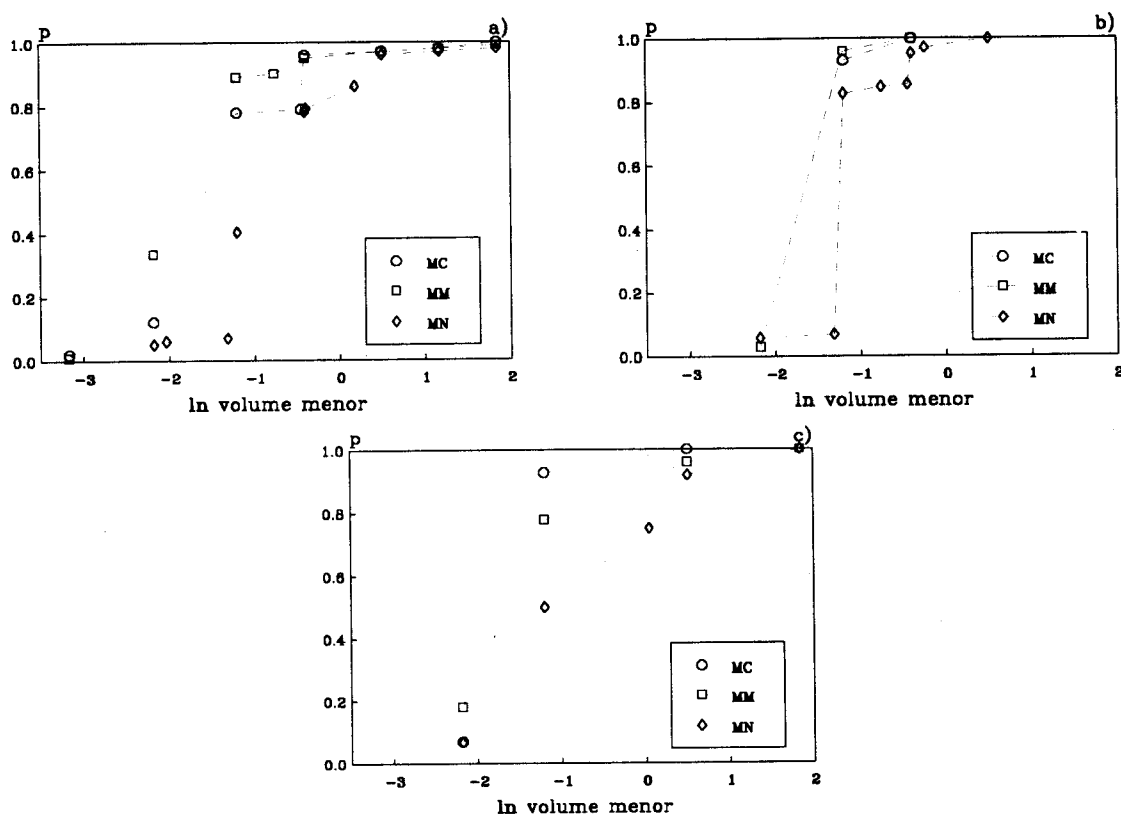
**Figura 8.6** Frequência relativa acumulada em proporção ( $p$ ) em função do  $\ln$  do volume menor em  $\text{mm}^3$  para sementeira directa sem ( $sds$ ) e com ( $sdc$ ) controlo de infestantes e para lavoura sem ( $ls$ ) e com ( $lc$ ) controlo de infestantes das amostragens realizadas a) logo após a colheita de milho e b) antes da sementeira seguinte. Para as fontes ver Zanin *et al.* (1989) e Anexo 1.

Na figura 8.6 apresentam-se os resultados de Zanin *et al.* (1989) exprimindo as abundância médias de cada espécie em proporção da abundância média de todas as espécies, em função do menor volume das sementes, para 18 das 24 espécies listadas (relativamente a *Polygonum persicaria* e *P. lapathifolium*, cujas abundâncias não vêm separadas, optou-se pelo volume da espécie de sementes menores). Do exame da figura ressalta um claro domínio de sementes menores quando há controlo de infestantes qualquer que seja a data de amostragem ou a mobilização.

Verdier *et al.* (1990) estudaram os efeitos de lavoura efectuada com dentes e não lavoura,

níveis de controlo de infestantes e tipo de cultura na evolução do banco de sementes do solo, observando em geral uma ausência de efeito ou diminuição do total de sementes das 20 espécies principais, com a mobilização isoladamente a só afectar *Chenopodium album* reduzindo a sua abundância na não mobilização e a mobilização em interacção com o controlo químico a só afectar *Sonchus asper*, não se detectando qualquer relação entre o tamanho e a resposta das 17 espécies principais de que dispomos de valores de tamanho, compreendidos entre  $4.189 \times 10^{-3}$  e  $6.271 \text{ mm}^3$ .

Cardina *et al.* (1991) estudaram o banco de sementes do solo até 15 cm de profundidade após 25-26 anos de cultura de milho com controlo químico de infestantes em diferentes locais e três mobilizações diferentes; convencional (charrua de aivecas a 20-25 cm seguido de pelo menos duas mobilizações a 10 cm antes da sementeira e quando necessário mobilizações pós-emergência a 5 cm), mínima (charrua de aivecas a 20-25 cm, nenhuma mobilização pré-sementeira e quando necessário mobilizações pós-emergência a 5 cm) e nula (só a resultante da sementeira com semeador de socos).



**Figura 8.7** Frequência relativa acumulada em proporção ( $p$ ) em função do  $\ln$  do volume menor em  $\text{mm}^3$  para mobilização convencional (MC), mínima (MM) e nula (MN) em três locais diferentes a) Wooster, b) Crosby e c) Hoytville. Para as fontes ver Cardina *et al.* (1991) e Anexo 1.

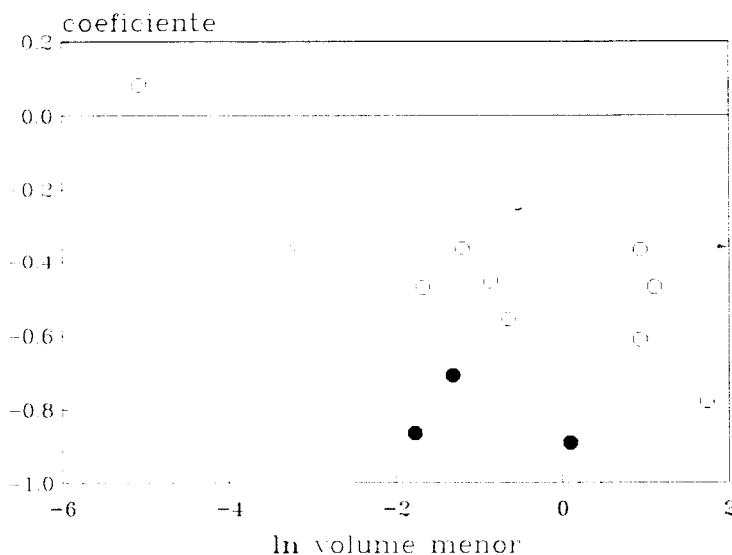
Qualquer que fosse o tipo de solo, as maiores densidades estavam associadas à mobilização nula com tendência para as segundas maiores densidades estarem associadas à mobilização convencional; no entanto as diferenças entre locais poderão resultar não só de diferenças do tipo de solo mas também de diferentes datas de mobilização, técnicas culturais pós-emergência e cobertura anterior. Em geral, as sementes localizavam-se

preferencialmente nos 5 cm superficiais qualquer que fosse a mobilização, observando-se uma redução sistemática do número de espécies com o aumento da perturbação do solo.

Na figura 8.7 apresentam-se os resultados de Cardina *et al.* (1991) em função do menor volume das sementes exprimindo as abundância médias de cada espécie em proporção da abundância média de todas as espécies, para 15 das 17 espécies quantificadas (relativamente a *Amaranthus* spp. os autores referem *A. retroflexus*, *A. albus* e *A. hybridus* como sendo comuns na área de estudo, tendo-se optado pelo volume da espécie de sementes menores).

Do exame da figura ressalta um claro domínio de sementes maiores associada a mobilização nula em qualquer dos locais, com a mobilização convencional e mínima a apresentarem um domínio de sementes menores e distribuições semelhantes embora mais dependentes do local e portanto do solo.

Popay *et al.* (1994) estudaram os efeitos na emergência de a) nenhuma mobilização, b) sacha superficial a 10 mm e c) cava profunda a 250 mm, as três modalidades após enxada mecânica a 20 cm, tendo observado na mobilização superficial duas vezes e na profunda entre cinco e dez vezes mais emergências que na ausência de mobilização, com a história dos locais a influenciar os resultados.



**Figura 8.8** Coeficientes de regressão de sementes emergidas em função do tempo em função do  $\ln$  do volume menor em  $\text{mm}^3$  em mobilização profunda. • por ordem crescente de tamanho, *Veronica arvensis*, *Stellaria media* e *Plantago lanceolata*. Para as fontes ver Popay *et al.* (1994) e Anexo 1.

De acordo com o delineamento experimental, pouca ou nenhuma reposição de sementes era permitida, tendo-se em geral observado uma forte redução das emergências nos 2-3 primeiros anos, seguida de variações mais ou menos acentuadas mas a níveis muito baixos em nenhuma mobilização ou mobilização superficial, por oposição à mobilização profunda em que se observou uma redução exponencial na maior parte das espécies ao longo dos 8 anos da experiência, apresentando-se na figura 8.8 os valores dos coeficientes de regressão do número de plântulas emergidas em função do tempo, calculados por Popay *et al.* (1994), em função do menor volume das sementes, para 12 das 15 espécies analisadas (*Ranunculus*

spp. foi considerada como *R. repens* por ser a única espécie referida pelos autores, não se tendo considerado *Rumex* spp. por falta de indicação das espécies a que se refere e *Trifolium* spp. por não termos obtido valores de tamanho para *T. dubium*).

O exame da figura sugere a existência de uma relação inversa entre os coeficientes de regressão e o tamanho das sementes, ou seja a velocidade de desaparecimento de sementes será tanto maior em mobilizações profundas quanto maior o tamanho das sementes, embora com três exceções importantes, assinaladas por • na figura 8.8, correspondentes por ordem crescente de tamanho a *Veronica arvensis*, *Stellaria media* e *Plantago lanceolata*.

Sahoo *et al.* (1994) estudaram os efeitos de lavoura com charrua de aivecas a 15 cm seguida de enxada após 4 anos de pousio e de pá a 20 cm seguida de sacha após 8 anos de cultura contínua, na dinâmica do banco de sementes de *Galinsoga ciliata* ( $18.850 \times 10^{-3}$  mm<sup>3</sup>), *Spergula arvensis* (0.113 mm<sup>3</sup>) e *Polygonum alatum* (11.461 mm<sup>3</sup>). As duas espécies de sementes anisodiamétricas (*G. ciliata* e *P. alatum*) apresentavam distribuições verticais muito semelhantes nas duas modalidades de mobilização embora com charrua se observasse uma tendência para sementes mais superficiais e com pá para distribuições mais equitativas ou sementes mais profundas consoante o tipo de cultura. Em contrapartida, *S. arvensis* com pá apresentava uma variedade de distribuições e em charrua apresentava uma relação inversa entre a profundidade e a abundância na primeira amostragem, situação que se invertia na segunda amostragem.

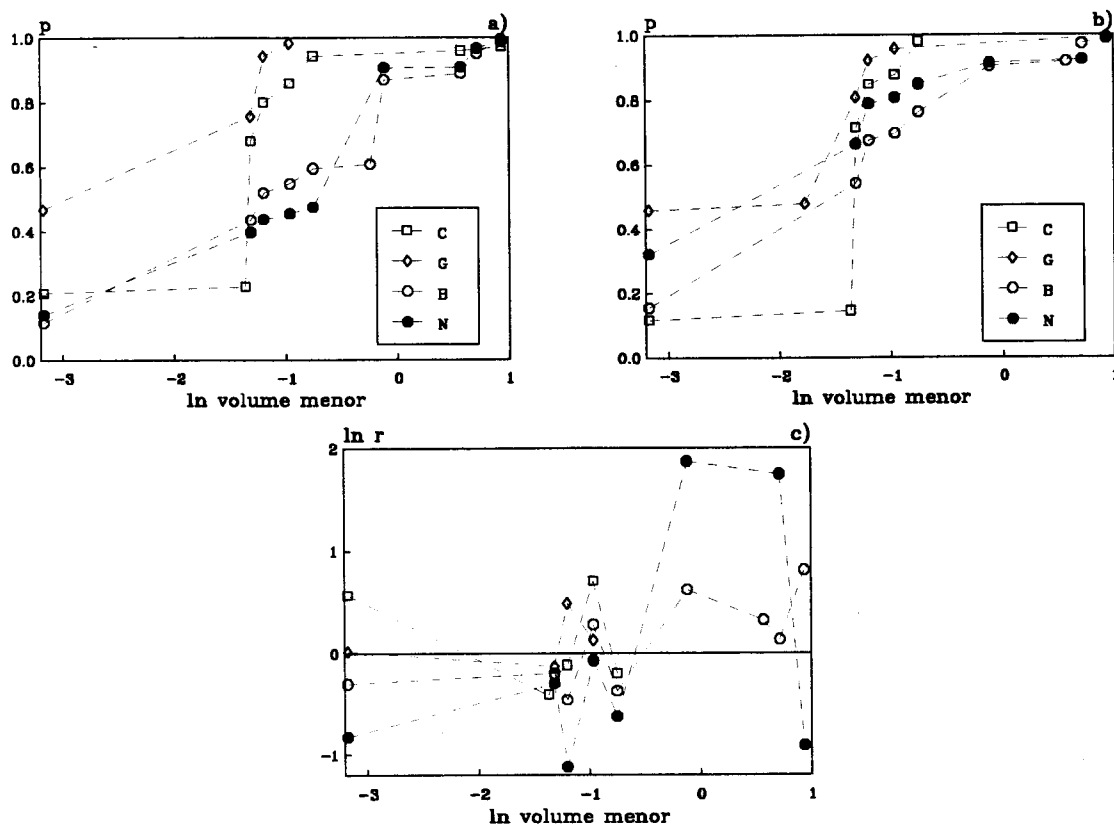
Feldman *et al.* (1997) estudaram os efeitos ao fim de três anos de quatro modalidades de mobilização, a) charrua de aivecas, b) grade de discos de 4 corpos em X, c) escarificador pesado e d) mobilização nula na distribuição vertical do banco de sementes entre 0 e 10 cm, tendo concluído que sistemas que minimizam a perturbação do solo (escarificador e mobilização nula) permitem a formação de bancos de sementes mais abundantes e com maior diversidade que sistemas que provocam maior perturbação como charrua e grade.

Na figura 8.9 apresentam-se parte dos resultados de Feldman *et al.* (1997) em função do tamanho para 12 das espécies listadas pelos autores representando, consoante as mobilizações e profundidades, entre 97% e 99% do total de sementes.

De acordo com a figura 8.9a, em 0-5 cm de profundidade com escarificador e mobilização nula observa-se um comportamento muito semelhante mas distinto de charrua e grade, com predominância de sementes maiores nas modalidades de menor perturbação do solo relativamente a charrua com exceção das duas espécies de menores sementes (*Portulaca oleracea* e *Anagallis arvensis*) e a grade para todas as espécies. De notar a elevada concentração de sementes em charrua (72% das sementes entre 0.268 e 0.471 mm<sup>3</sup>), entre escarificador e mobilização nula praticamente só haver diferenças para sementes entre 0.302 e 0.891 mm<sup>3</sup> e em gradagem não haver sementes maiores que 0.382 mm<sup>3</sup>. Ou seja, só sistemas de maior perturbação do solo parecem alterar a distribuição de tamanhos a 0-5 cm com tendência para um aumento da frequência relativa de sementes pequenas.

Em 5-10 cm (figura 8.9b) as diferenças entre as mobilizações são menos nítidas,

sobretudo se exceptuarmos charrua e/ou as duas espécies de menores sementes. Charrua apresenta uma concentração ainda mais elevada de sementes pequenas (73% entre 0.268 e 0.382 mm<sup>3</sup>), sem sementes maiores que 0.471 mm<sup>3</sup> e grade praticamente sem sementes maiores que 0.382 mm<sup>3</sup>. Aparentemente, e com excepção das duas espécies de sementes menores, os efeitos das mobilizações na distribuição de tamanhos a 5-10 cm quase não se faz sentir, ao contrário do que parece acontecer a 0-5 cm.



**Figura 8.9** Frequência relativa acumulada em proporção do total de sementes ( $p$ ) após três anos com charrua (C), grade (G), escarificador (B) e mobilização nula (N) em função do  $\ln$  do volume menor em mm<sup>3</sup> em a) 0-5 cm, b) 5-10 cm e c)  $\ln$  da razão entre a frequência relativa não acumulada a 0-5 cm e 5-10 cm ( $\ln r$ ) em função do  $\ln$  do volume menor em mm<sup>3</sup> [significado dos símbolos como em a) e b)]. Para as fontes ver Feldman *et al.* (1997) e Anexo 1.

Na figura 8.9c apresentamos o  $\ln$  da razão entre a frequência relativa não acumulada de sementes a 0-5 cm e a 5-10 cm. De acordo com a figura charrua e grade são as modalidades em que as diferenças entre as profundidades são menores, com escarificador e mobilização nula a terem predominância de sementes pequenas a 5-10 cm até 0.471 mm<sup>3</sup> (excepto *Amaranthus quitensis* em escarificador), com sementes maiores a predominarem a 0-5 cm (com excepção de *Coronopus didymus* em mobilização nula). Em geral, e tomando a mobilização nula como termo de comparação, quanto maior a perturbação do solo maior os efeitos na distribuição vertical de tamanhos, mais sensível para os menores e maiores e mais atenuada para os tamanhos intermédios.

Posteriormente Feldman *et al.* (1998) concluíram que a diversidade da vegetação real era afectada pelas mobilizações, com sistemas menos perturbadores (mobilização nula e

escarificador) a aumentarem a diversidade da comunidade infestante, ao contrário de charrua em que se observava redução da diversidade.

Mohler e Galford (1997) estudaram, em duas situações diferentes de precipitação, os efeitos de alterações da resistência mecânica do solo produzidas por agitação (solos 'mobilizados') e profundidade de sementeira na emergência de, por ordem crescente de tamanho, *Amaranthus retroflexus* (0.188 mm<sup>3</sup>), *Chenopodium album* (0.302 mm<sup>3</sup>) e *Abutilon theophrasti* (1.047 mm<sup>3</sup>) tendo observado em geral aumentos da emergência entre a superfície e 0.5-1 cm de profundidade, com decréscimos com o aumento posterior da profundidade, maiores emergências em solos 'mobilizados' e maiores emergências na espécie de sementes maiores. Adicionalmente, em todas as espécies, e nas condições de menor precipitação só havia emergências nas maiores profundidades (2.5 cm em *A. retroflexus* e *C. album*, 4.0 cm em *A. theophrasti*) nos solos 'mobilizados'; em contrapartida, nas condições de maior precipitação todas as espécies emergiam da maior profundidade mas mais em solos 'mobilizados', com excepção de *A. theophrasti* em que não havia praticamente diferença nas emergências qualquer que fosse a profundidade.

Bàrberi *et al.* (1998b) estudaram em três intervalos de profundidade ao fim de 5 anos os efeitos de quatro sistemas agronómicos de cultura de milho no banco de sementes num solo franco-limoso (classificação de M.P. Gomes e A.A. da Silva apresentada em Costa 1975); cada um dos sistemas apresentava uma combinação diferente de taxa de fertilização, método de controlo de infestantes e mobilização, com mobilização profunda a 25-30 cm por lavoura seguida de gradagem com grade de discos no sistema convencional e no orgânico, grade de discos superficial a 7-10 cm no de *input* reduzido e nenhuma mobilização no em fiadas, com sacha nas entre-linhas em todos. Considerando 37 das 39 espécies identificadas pelos autores, com tamanhos compreendidos entre 41.888×10<sup>-3</sup> mm<sup>3</sup> (*Papaver rhoeas* e *Portulaca oleracea*) e 6.271 mm<sup>3</sup> (*Hedysarum coronarium*) tentámos pelo método dos mínimos quadrados por regressão sequencial ascendente usando o procedimento STEP de Statgraphics (Anónimo 1989) o ajustamento da proporção de sementes *S* aos intervalos de profundidade *P*, ao menor volume *V* e aos sistemas agronómicos tomados como variáveis mudas, usando como variáveis candidatas *P*, *P*<sup>2</sup>, *V*, *V*<sup>2</sup>, as quatro variáveis mudas e todas as interacções entre pares de variáveis num total de 28 variáveis com a variável dependente investigada na forma original e após logaritmização. A selecção do modelo foi feita com base no valor de *R*<sup>2</sup><sub>aj</sub>, resultando a equação

$$S = -1 + \exp [ 10^{-2} ( 3.424 P - 8.229 \times 10^{-3} P^2 - 0.595 V + 7.600 \times 10^{-3} V^2 ) ] \quad (8.3)$$

(*R*<sup>2</sup><sub>aj</sub>=0.124, *n*=444, *P*≈0 para o modelo, *P*≤4×10<sup>-4</sup> para os coeficientes) com os termos em *P* a explicar 69% da variação, com a proporção de sementes *S* a aumentar com o aumento da profundidade, a diminuir com o aumento do tamanho, sendo independente dos sistemas agronómicos e portanto das mobilizações.



Boutsalis e Powles (1998) estudaram durante 4 anos a emergência de *Sisymbrium orientale* ( $0.282 \text{ mm}^3$ ) em solos não mobilizados ou sujeitos a três mobilizações com ancinho a uma profundidade máxima de 4 cm a intervalos de 10 dias sem reposição do banco de sementes, tendo observado uma quase total ausência de emergências ao fim do período de estudo e um claro estímulo das emergências associado à mobilização.

Miller *et al.* (1998) estudaram durante 6 anos a emergência de 7 espécies em solos sujeitos a lavoura ou escarificação, não tendo detectado diferenças no banco de sementes entre mobilizações mas sim na forma como o número de sementes se reduzia, com um grupo de declínio inicial muito rápido de tipo exponencial negativo constituído pelas espécies de sementes maiores (*Galium aparine*  $4.189 \text{ mm}^3$ , *Galeopsis tetrahit*  $2.945 \text{ mm}^3$  e *Brassica napus*  $0.908 \text{ mm}^3$ ), um grupo com um declínio aproximadamente constante, tanto mais quanto menor o tamanho das sementes, constituído pelas espécies de tamanho intermédio (*Lamium purpureum*  $0.838 \text{ mm}^3$ , *Sinapis arvensis*  $0.524 \text{ mm}^3$  e *Stellaria media*  $0.268 \text{ mm}^3$ ) e finalmente a espécie de menores sementes (*Papaver rhoeas*  $41.888 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ) essencialmente persistente, com um declínio muito reduzido ou quase nulo.

Tørresen (1998) estudou durante 4 anos os efeitos de mobilizações na emergência e banco de sementes de 10 espécies; as modalidades de mobilização foram mobilização nula, simulação de lavoura (Outono ou Primavera) por troca de solo a 0-9 cm com o solo a 9-18 cm e simulação de gradagem (Outono a 6-8 cm ou Primavera a cerca de 5 cm) com sacho de dois dentes tendo sacho de Primavera sido simulado nos restantes tratamentos com excepção da mobilização nula. Em geral foram observadas mais emergências em lavoura de Outono ou de Primavera, intermédias em sacho de Outono ou de Primavera, e menores em mobilização nula, não se detectando relações óbvias entre as emergências de cada espécie ao longo dos 4 anos e o tamanho das sementes avaliado pelo menor volume.

### 8.3 SIMULAÇÃO E MODELAÇÃO DOS EFEITOS DE MOBILIZAÇÕES

Na maior parte dos trabalhos examinados até agora, os efeitos de mobilizações são avaliados não só pela alteração da distribuição vertical das sementes mas também pelos efeitos, que poderemos considerar indirectos, que essa redistribuição terá na mortalidade, germinação, emergência e produção de novas sementes. Dada a dificuldade de separar estes efeitos, estudados com frequência em períodos mais ou menos longos, o estudo dos efeitos isolados de mobilizações na distribuição vertical de sementes tem sido tentado recorrendo a marcadores artificiais coloridos, simultaneamente ou não com sementes usadas como medida da validade das conclusões retiradas a partir dos marcadores artificiais.

Moss (1988) estudou em dois tipos de solos os efeitos de mobilizações na movimentação e distribuição vertical de sementes e contas (*beads*) coloridas. As mobilizações primárias foram realizadas por charrua Ransomes com segas de disco, raspadeiras e aivecas UCN ou por barra porta-alfaias M50 montada em tractor e ligados a dois dentes rígidos com 40 cm

de afastamento; como mobilização secundária foi feita uma passagem com escarificador de molas com rolo destorreador ligado. As profundidades de trabalho foram 20 cm em charrua, 10 ou 20 cm na escarificação com dentes rígidos e 5 cm em escarificador de molas. Os solos investigados eram de tipo franco-arenoso (classificação de M.P. Gomes e A.A. da Silva apresentada em Costa 1975) com 27% dos constituintes totais >2 mm e argilo-limoso só com 2% dos constituintes totais >2 mm. As contas eram cilíndricas com cerca de 14.726 mm<sup>3</sup> e as espécies investigadas, de sementes relativamente grandes mas bastante menores que as contas, foram *Alopecurus myosuroides* (2.668 mm<sup>3</sup>), *Bromus sterilis* (3.540 mm<sup>3</sup>), *Galium aparine* (4.189 mm<sup>3</sup>) e *Avena fatua* (8.826 mm<sup>3</sup>).

Após sementeira à superfície, das diferentes mobilizações em solo franco-arenoso resultaram distribuições verticais praticamente idênticas nas sementes e nas contas, com charrua a movimentar mais de 90% das sementes e contas para 10-20 cm, escarificação profunda (a 20 cm) com dentes a movimentar cerca de 70 % das sementes e contas para 0-5 cm, só 7% para 10-20 cm, enquanto a superficial (a 10 cm) manteve mais de 80% das sementes e contas em 0-5 cm, sugerindo que a profundidade a que a escarificação com dentes é feita será relativamente pouco importante na redistribuição vertical de sementes.

Usando unicamente contas, observam-se diferenças razoáveis na distribuição vertical resultante das mobilizações em solos diferentes, com em média a) charrua a mover cerca de 7% das contas para 0-10 cm em solo franco-arenoso e 31% em solo argilo-limoso, b) escarificação profunda com dentes a mover 70% das contas para 0-5 cm e 25% para 5-10 cm em solo franco-arenoso e respectivamente 48% e 38% em argilo-limoso e c) escarificação superficial com dentes a mover 84% das contas para 0-5 cm e 11% para 5-10 cm em franco-arenoso e 77% e 20% em argilo-limoso, sugerindo que a independência relativa da redistribuição vertical de sementes em relação à profundidade com escarificador com dentes poderá depender da textura do solo, sendo maior em solo franco-arenoso.

Finalmente, nos dois tipos de solos a distribuição vertical das contas diferiu pouco entre duas e quatro passagens de escarificador com dentes; em contrapartida, em charrua observou-se menor enterramento em solo argilo-limoso com uma passagem e com duas maior movimentação para 0-5 cm das contas entretanto enterradas.

Staricka *et al.* (1990) estudou os efeitos de mobilizações na distribuição vertical de esferas de cerâmica pintadas com volumes entre 0.785 mm<sup>3</sup> e 7.069 mm<sup>3</sup> e na distribuição vertical de sementes de *Setaria italica* (1.508 mm<sup>3</sup>) assumidas como semelhantes em forma e tamanho às de duas espécies comuns no local, *S. viridis* (0.848 mm<sup>3</sup>) e *S. glauca* (2.668 mm<sup>3</sup>). Nenhuma informação é fornecida sobre o tipo de solo, sujeito nos 7 anos anteriores a mobilização por escarificador pesado (supomos que a aproximadamente 10 cm de profundidade). As sementes e esferas foram manualmente lançadas à superfície no Outono imediatamente antes das mobilizações realizadas por charrua de 5 ferros de 46 cm de largura de relha ou por escarificador pesado com dentes de 8 cm espaçados 30 cm, seguidas (uma semana depois na charrua, entre 6 e 7 meses depois no escarificador) por gradagem com

grade de discos em tandem de 5.9 m de largura de trabalho, com discos de 56 cm de diâmetro espaçados 18 cm; a profundidade de trabalho da charrua foi de 30 cm, do escarificador de 10 cm e da grade de 8 cm. As amostragens foram feitas cerca de 10 meses depois da aplicação das sementes e esferas, tendo sido recuperadas entre 35% e 54% das sementes e entre 79% e 85% das esferas.

Sementes e esferas foram encontradas até à profundidade de 30 cm com charrua e 10 cm com escarificador, correspondendo às profundidades de trabalho, com charrua a concentrar 11% das sementes mas só 4% das esferas nos 4 cm superficiais enquanto o escarificador concentrava 51% das sementes e 48% das esferas na mesma profundidade. Dado haver indicações que os efeitos da gradagem era mínimo, o escarificador tenderá a concentrar sementes mais superficialmente que a charrua. No entanto, na interpretação destes resultados terá que se ter presente a diferença da profundidade de trabalho das mobilizações que por si só obriga a esperar uma muito maior proporção de sementes e esferas à superfície no escarificador já que necessariamente havia 100% das sementes e esferas até 10 cm; em contrapartida, com charrua observaram-se pouco mais de 23%.

Considerando conjuntamente as distribuições de sementes e esferas, apesar das diferenças observadas entre ambas em charrua até aos 4 cm de profundidade, é de esperar uma distribuição relativamente homogênea das sementes e esferas em escarificador e um pouco menos em charrua, com o escarificador a apresentar cerca de 25% das sementes e esferas em cada intervalo de profundidade de 2 cm a partir da superfície e charrua a concentrar as sementes e esferas essencialmente entre 10 e 20 cm.

Finalmente, observou-se um maior crescimento de *S. italica* em escarificador, natural tendo em conta a profundidade e efeito deste tipo de mobilização, e um maior crescimento de *S. viridis* e *S. glauca* em charrua, sugerindo-se que após 7 anos de escarificador a maior parte das sementes destas espécies se encontravam mais profundamente e a charrua as movimentava muito mais para perto da superfície do que as afundava.

Cousens e Moss (1990) colocaram contas (*beads*) coloridas no solo a 0, 5, 10, 15 e 20 cm e, após dois tipos de mobilização, registaram o número de contas de cada nível original (identificadas pela cor) que recolham a 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm. As mobilizações foram a) lavoura, uma passagem, que à falta de outra indicação assumimos realizada por charrua e b) duas passagens de escarificador de dentes rígidos, ambas a 20 cm de profundidade e sempre seguidas de escarificador de molas a 5 cm com rolo destorroador ligado. Nenhuma informação é fornecida sobre o tipo de solo ao contrário do que acontece para o tamanho das contas (14.726 mm<sup>3</sup>), idêntico às utilizadas por Moss (1988).

A partir das recolhas construíram matrizes de transição constituídas pelas probabilidades de movimento entre profundidades, assumindo que o movimento das contas colocadas num qualquer nível era representativo do movimento de qualquer outra localização dos 5 cm abaixo. De acordo com os resultados dos autores, a matriz de probabilidades condicionais de transição entre profundidades a seguir a uma passagem a 20 cm de charrua  $P_c$  é

$$P_c = \begin{pmatrix} 0.024 & 0.210 & 0.368 & 0.291 & 0.025 \\ 0.111 & 0.274 & 0.255 & 0.102 & 0.011 \\ 0.402 & 0.302 & 0.202 & 0.122 & 0.013 \\ 0.463 & 0.214 & 0.175 & 0.485 & 0.952 \end{pmatrix} \quad (8.4)$$

em que as colunas representam a profundidade a que as contas foram colocadas (0, 5, 10, 15 e 20 cm) e as linhas os intervalos de profundidades (0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm) a que foram recolhidas.

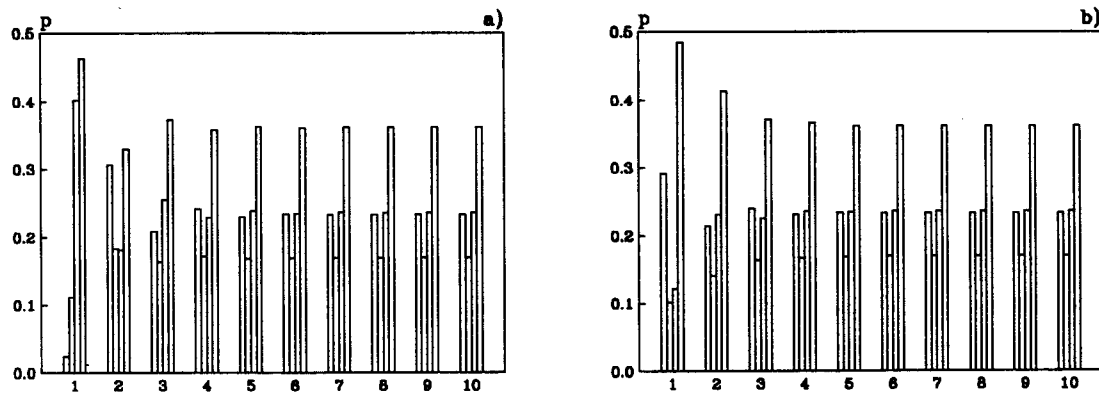
Assim, assumindo o movimento das contas como representativo do movimento de sementes, a probabilidade de uma semente colocada a 5 cm (2ª coluna) ser transferida para a profundidade 5-10 cm (2ª linha) será 0.274 enquanto que a probabilidade de permanecer a 0-5 cm (1ª linha) será 0.210.

Da multiplicação da matriz  $P_c$  por um vector de abundância de sementes nos vários intervalos de profundidades resultará um novo vector de abundância que reflecte os efeitos de uma passagem de charrua, que por sua vez poderá ser de novo multiplicado pela matriz  $P_c$  por forma a obter-se uma distribuição vertical de abundância de sementes após duas passagens da charrua, e assim sucessivamente. Desta multiplicação sucessiva resulta uma cadeia dita de Markov, homogénea na medida em que as probabilidades condicionais de transição são assumidas como não se alterando com o número de passagens.

Cadeias de Markov resultantes de matrizes de transição como  $P_c$  e como as que surgirão adiante, podem evoluir para um estado limite único e estacionário, correspondente a um vector de distribuição de frequências estável, podendo investigar-se a ocorrência de estabilidade final através dos valores próprios  $\lambda_i$  da matriz de transição. Em matrizes deste tipo há pelo menos um valor próprio  $\lambda=1$  e o valor absoluto de qualquer dos restantes valores próprios não ultrapassa a unidade, ou seja  $|\lambda_i| \leq 1$ , tendendo a cadeia para um estado limite único e estacionário se só um valor próprio da matriz de transição for igual à unidade, com todos os restantes de valor absoluto menor (Legendre e Legendre 1979).

Tendo em conta que as mobilizações efectuadas falharam o nível mais profundo de colocação de contas, os autores só utilizam na sua simulação as quatro primeiras colunas de  $P_c$ . Os valores próprios desta nova matriz  $P_c$ , calculados pelos procedimentos de LINEARALGEBRA de Mathematica (Anónimo 1993), são 1, -0.342, 0.294, 0.033 o que permite concluir que a cadeia de Markov resultante de  $P_c$  evolui para uma distribuição de frequências estável.

Graficamente, pode ver-se na figura 8.10 que essa distribuição é obtida após um número reduzido de passagens com charrua quer todas as sementes estejam inicialmente à superfície quer estejam inicialmente na maior profundidade. Da mobilização por charrua resultarão movimentações essencialmente ascendentes se as sementes estiverem todas a maiores profundidades e descendentes se estiverem todas perto da superfície, obtendo-se rapidamente uma distribuição estável com 23% das sementes a 0-5 cm, 17% a 5-10 cm, 24% a 10-15 cm e 36% a 15-20 cm.

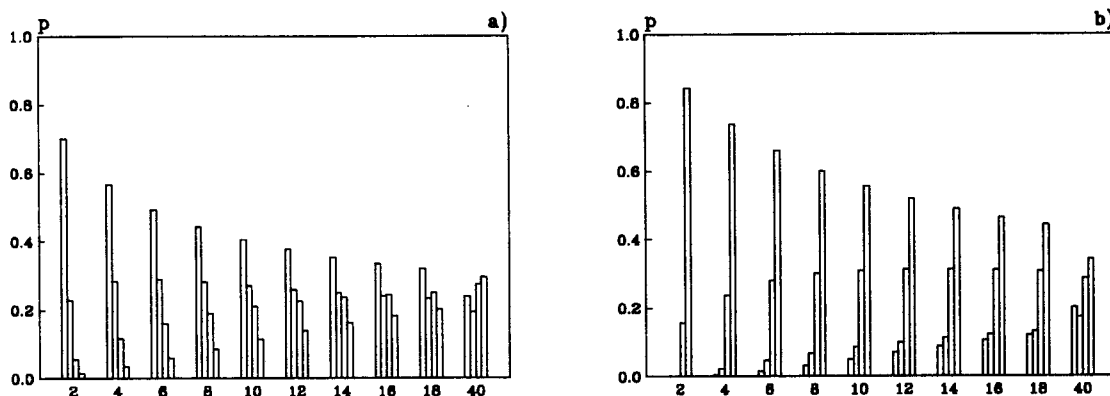


**Figura 8.10** Distribuição de frequências relativas ( $p$ ) previstas a 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm em função do número de passagens de charrua a 20 cm (Cousens e Moss 1990) para distribuições iniciais com todas as sementes a a) 0-5 cm e b) 15-20 cm.

Tal como para a mobilização com charrua, Cousens e Moss (1990) construíram uma matriz de probabilidades para os efeitos de duas passagens de escarificador a 20 cm, sendo a matriz  $P_e$  de probabilidade condicional de transição entre profundidades

$$P_e = \begin{pmatrix} 0.699 & 0.331 & 0.019 & 0.001 & 0.001 \\ 0.229 & 0.502 & 0.146 & 0.001 & 0 \\ 0.057 & 0.153 & 0.678 & 0.155 & 0.003 \\ 0.015 & 0.014 & 0.157 & 0.843 & 0.996 \end{pmatrix} \quad (8.5)$$

que, sem a última coluna, resultará igualmente numa distribuição vertical estável (só um valor próprio igual a um) sem a última coluna, com 24% das sementes a 0-5 cm, 19% a 5-10 cm, 27% a 10-15 cm e 29% a 15-20 cm, tal como representado na figura 8.11.



**Figura 8.11** Distribuição de frequências relativas ( $p$ ) previstas a 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm em função do número de passagens de escarificador de dentes rígidos a 20 cm (Cousens e Moss 1990) para distribuições iniciais com todas as sementes a a) 0-5 cm e b) 15-20 cm.

Ou seja, a distribuição estável que resulta da escarificação não difere substancialmente da distribuição estável resultante da charrua e portanto, a prazo os efeitos exclusivos de mobilizações repetidas por charrua ou por escarificador na distribuição vertical de contas/sementes será idêntico. A grande diferença reside na muito maior velocidade a que a distribuição estável é possível ser alcançada com a charrua, devido às muito menores probabilidades de manutenção no mesmo intervalo de profundidade em charrua, dadas nas

diagonais das quatro primeiras colunas de  $P_c$  e  $P_e$ .

Este modelos assentam, naturalmente, em vários pressupostos e simplificações, de que destacamos a localização num único nível representar os 5 cm abaixo e o movimento de contas à superfície ser do mesmo tipo do de contas enterradas.

Se o primeiro pressuposto tem de ser aceite como uma simplificação justificável, já o segundo nos parece menos razoável, mais não seja por não ser de excluir a possibilidade de maior movimentação horizontal nas sementes localizadas à superfície.

Num estudo análogo, Mead *et al.* (1998) investigaram os efeitos da mobilização de solo por grade de discos, escarificador de molas, cultivador rotativo e enxada a uma profundidade que deduzimos ser de 18 cm na movimentação de contas coloridas colocadas a 0, 1.5, 4.5, 7.5, 10.5, 13.5 e 16.5 cm e recolhidas a 0, 0-3, 3-6, 6-9, 9-12, 12-15 e 15-18 cm.

Nenhuma informação é fornecida sobre o tipo de solo ou forma e tamanho das contas, podendo deduzir-se das dimensões dos crivos usados para as recuperar, que a menor dimensão linear deveria ser igual ou maior que 1.7 mm e portanto possíveis de serem idênticas às usadas por Cousens e Moss (1990) e Moss (1988).

Nos 3.4% da área dos talhões amostrados foram recuperadas entre 4.4% (enxada) e 9.0% (escarificador) das contas; enxada e escarificador quase não provocaram movimentos horizontais à superfície, o cultivador lançou-as para trás e a grade para trás e para a frente.

A partir das contas recolhidas após uma passagem Mead *et al.* (1998) construíram matrizes de probabilidades condicionais de transição entre profundidades para os efeitos de grade rotativa, escarificador, cultivador rotativo e enxada.

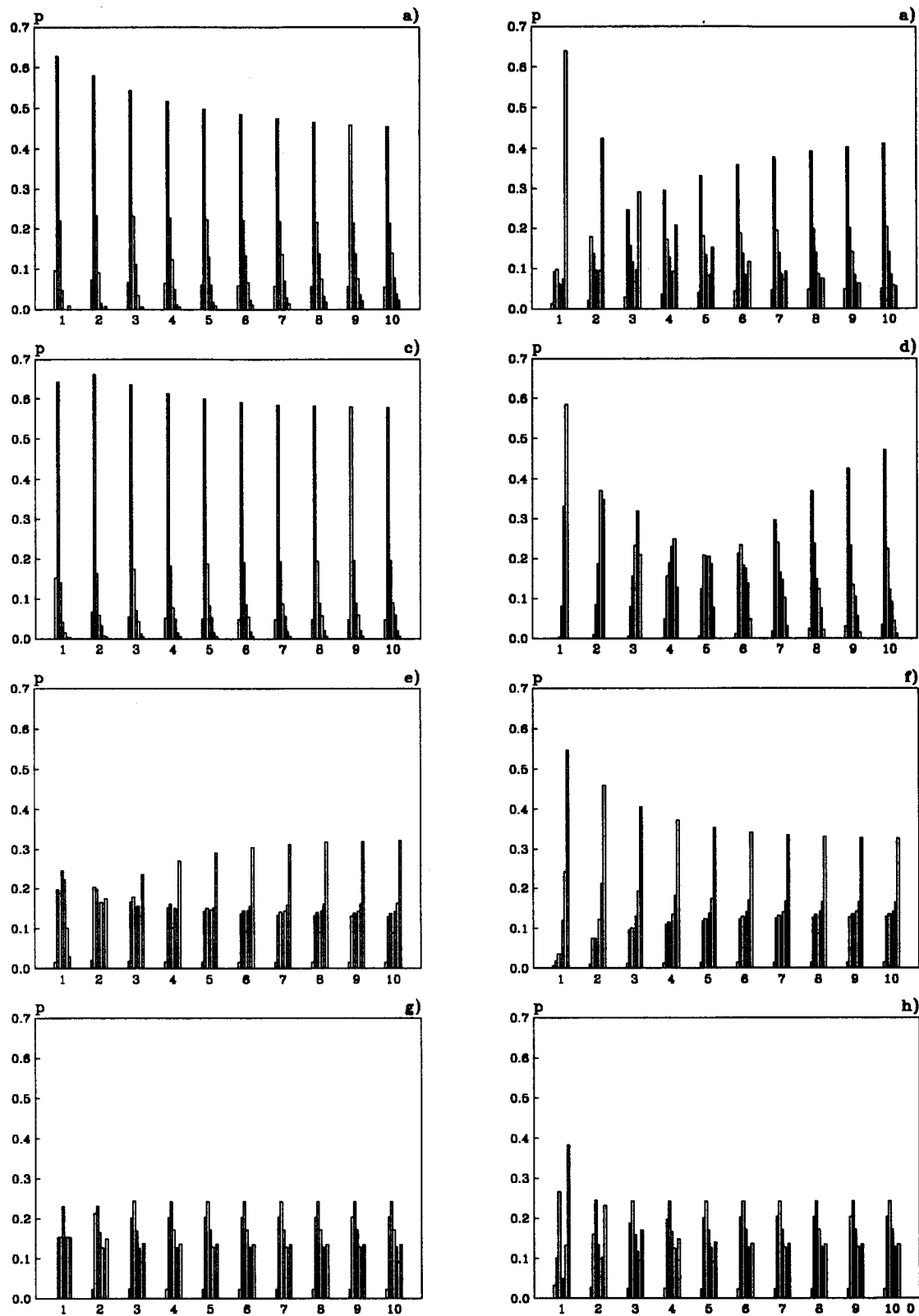
Usando os procedimentos seguidos para os modelos expressos em (8.4) e (8.5), da aplicação em cadeia das matrizes de transição pode esperar-se, de forma mais ou menos rápida, a obtenção de distribuições estáveis qualquer que seja a distribuição original (só um valor próprio igual à unidade).

De acordo com a figura 8.12, a grade e o escarificador concentram as sementes a 0-3 cm e a 3-6 cm (de forma mais rápida na grade), o cultivador origina distribuições mais homogêneas mas com aumento da proporção de sementes com a profundidade (frequência máxima a 15-18 cm) e da enxada resulta a distribuição mais homogênea.

Assim de acordo com os modelos de Mead *et al.* (1998) é de esperar em qualquer das mobilizações ou um rápido e quase total desaparecimento ou o não surgimento de sementes à superfície.

A exceção será o cultivador rotativo que tenderá a retirar as sementes das profundidades favoráveis à emergência, deixando no entanto uma proporção importante do banco até 6 cm de profundidade, todas as restantes mobilizações tenderão a concentrar as sementes perto da superfície numa gama de profundidades essencialmente favorável à emergência

A utilização da enxada conduzirá a uma distribuição mais homogênea, ao contrário da grade rotativa e em menor medida do escarificador em que haverá uma forte concentração das contas/sementes em 3-6 cm de profundidade com predominância a 0-3 cm.



**Figura 8.12** Distribuição de frequências relativas ( $p$ ) previstas a 0 cm, 0-3 cm, 3-6 cm, 6-9 cm, 9-12 cm, 12-15 cm e 15-18 cm em função do número de passagens de a) e b) grade, c) e d) escarificador, e) e f) cultivador, g) e h) enxada (Mead *et al.* 1998) para distribuições iniciais com a), c), e) e g) todas as sementes a 0 cm, b), d), f) e h) todas as sementes a 15-18 cm.

Dessaint *et al.* (1996a) estudaram os efeitos de mobilização profunda na distribuição vertical de marcadores coloridos, contas plásticas como nos trabalhos anteriores mas, ao

contrário daqueles, considerando os efeitos de mobilizações sucessivas e a evolução da distribuição vertical das contas em cada mobilização.

O estudo foi realizado em solo não calcário com 30-45% de argila e as contas usadas eram provavelmente maiores que as de outros trabalhos; cerca de 21 mg cada conta em Dessaint *et al.* (1996a) contra cerca de 14 mg cada conta em Moss (1988), Cousens e Moss (1990) e Mead *et al.* (1998). Todos os talhões foram lavrados a 30 cm antes do início da experiência, a aplicação de contas foi feita superficial e sequencialmente em todos os talhões e imediatamente seguida de mobilização a 30 cm com uma charrua de aivecas de 4 ferros, reversível a 180°, com raspadeira e 110 cm de afastamento entre relhas, seguido de passagem com grade de 3 discos a profundidade não indicada.

Em média, após uma passagem de charrua observava-se cerca de 2% das contas a 0-5 cm, 10% a 5-10 cm 56 % a 10-15 cm e 32% a 15-20 cm. Em geral o acumular de mobilizações tendia a homogeneizar a distribuição vertical, com movimentações de contas superficiais para maiores profundidades seguida de movimentações ascendentes das contas previamente afundadas, com tendência para uma menor proporção de contas em 0-5 cm.

Apesar da tendência para uma distribuição final homogênea o caminho percorrido para lá chegar parece depender não só do número de mobilizações previamente realizadas mas também da época do ano em que a aplicação das contas foi feita.

#### 8.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância de mobilizações no banco de sementes do solo tem sido visto essencialmente sob duas perspectivas diferentes. Na primeira, investigam-se os seus efeitos no número de sementes do banco, viáveis ou totais, permitindo ou não o reabastecimento do banco de sementes; na segunda, investigam-se os seus efeitos na distribuição vertical do número de sementes e portanto na movimentação das sementes, permitindo ou não o reabastecimento do banco de sementes.

Considerando o aumento de emergência de plântulas e a redução do número de sementes do banco como duas faces da mesma moeda e apesar de Verdier *et al.* (1990) não terem observado efeitos das mobilizações, de Piggin (1976) ter observado menores emergências em solos mobilizados por enxada e de Wilson (1981) ter observado maiores emergências em solos não mobilizados, em geral pode concluir-se que a perturbação do solo por mobilizações tem como consequência a redução do número de sementes do banco, redução tanto mais importante quanto maior for a intensidade da perturbação.

Esta redução pode depender de uma variedade de factores, incluindo o tipo de mobilização (Roberts 1963, Roberts e Stokes 1965), tipo de solo (Beuret 1989, Chepil 1946) e idade das sementes (Wilson 1985), não sendo sempre de esperar que mobilizações e/ou aplicação repetida de herbicidas reduzam o número de sementes do solo para níveis agronomicamente aceitáveis (Zanin *et al.* 1992).



Além de reduzir o número de sementes do banco, a mobilização poderá alterar igualmente a distribuição de tamanhos do banco de sementes com os resultados de Cardina *et al.* (1991) e Peyronel (1953) a sugerir que, e como seria de esperar (§ 5.1), a não perturbação do solo por mobilização poderá favorecer a acumulação de sementes maiores ao contrário da perturbação do solo que poderá favorecer a acumulação de sementes menores.

No que diz respeito à distribuição vertical das sementes no solo parece haver um maior acordo quanto aos efeitos das mobilizações. Solos não perturbados por mobilizações tendem a ter sementes mais superficiais, com as mobilizações a provocarem em geral movimentações descendentes.

Escarificadores pesados ou de dentes rígidos originam distribuições verticais com decréscimos de abundância com a profundidade relativamente regulares e charrua de aivecas distribuições verticais tendencialmente homogêneas. De referir, que não só as características mecânicas destas mobilizações são diferentes mas, com frequência, também há importantes diferenças nas profundidades a que são efectuadas.

Tomando mobilizações por charrua de aivecas como exemplo, por ser provavelmente a situação mais estudada, o seu efeito é aparentemente contraditório já que a) homogeniza a distribuição vertical de abundância de sementes por movimentação de sementes mais superficiais para maiores profundidades e b) reduz o número de sementes do banco. Mesmo considerando que da charrua resultará uma menor resistência do solo à emergência facilitando-a a profundidades maiores (Mohler e Galford 1997) a contradição está no facto de aparentemente aumentar a germinação e/ou emergência bem sucedida ao mesmo tempo que transfere uma fracção importante das sementes para profundidades menos favoráveis à germinação e/ou emergência.

Considere-se no entanto que a proporção de sementes do banco que germina parece ser bastante reduzida (Roberts 1981) e portanto, apesar da redução do número de sementes nos 4-5 cm superficiais onde a germinação e emergência ocorrerá, as condições para a sua ocorrência são substancialmente melhoradas. Considere-se também que, pelo menos com charrua, a mobilização não se limita a movimentar sementes superficiais para profundidades maiores, fazendo subir simultaneamente sementes localizadas mais profundamente (Esso *et al.* 1986).

Tendo em conta a) as melhores condições para a germinação e b) o maior tamanho das sementes isodiamétricas localizadas mais profundamente (§ 7.4.2), de menor persistência (§ 5.1.5) se perto da superfície, os efeitos das mobilizações exemplificado por charrua no parágrafo anterior deixa de surgir como contraditório.

Por razões já referidas (§ 8.3) os efeitos isolados de mobilizações na distribuição vertical de sementes foi estudado recorrendo a simulação por marcadores artificiais coloridos, quase sempre muito grandes a comparar com sementes que, quando usadas, eram também relativamente grandes (mais em Moss 1988, menos em Staricka *et al.* 1990).

Adicionalmente e com excepção do estudo de Staricka *et al.* (1990), a forma dos

marcadores dificilmente encontra paralelo nas formas possíveis de sementes, não sendo absolutamente garantido que, como postulado por Cousens e Moss (1990) e retomado por Hidalgo *et al.* (1990b) o tamanho e forma de sementes não influencie os efeitos de mobilizações na distribuição vertical de sementes.

Apesar da diversidade de profundidade de trabalho quando a mesma máquina é utilizada e da diversidade de intervalos de profundidade investigados, os modelos envolvendo matrizes de transição levam genericamente a concluir que qualquer das mobilizações movimentará verticalmente as sementes, descendo-as ou subindo-as consoante se encontrem perto da superfície ou mais profundas. Além disso, tenderão, na ausência de outros processos, a originar distribuições verticais estáveis embora de forma mais ou menos rápida e com resultados finais diferentes.

Considerando todas as sementes à superfície, em princípio sementes recém-produzidas, uma passagem de charrua colocaria a 0-5 cm, intervalo de profundidade mais favorável à germinação e emergência entre 2% (Cousens e Moss 1990 e Moss 1988, franco-arenoso) e 6% (Moss 1988, argilo-limoso) das sementes para uma profundidade de trabalho de 20 cm e entre 2% (Dessaint *et al.* 1996a) e 10% (Staricka *et al.* 1990) das sementes para uma profundidade de trabalho de 30 cm; nos 10 cm superficiais colocaria entre 7% (Moss 1988, franco-arenoso) e 23% (Staricka *et al.* 1990).

Em contrapartida, considerando todas as sementes a 10-15 cm, uma passagem de charrua transportaria 29% das sementes para 0-5 cm e 39% para 0-10 cm (Cousens e Moss 1990). A distribuição estável teria a 0-5 cm entre 18% (Dessaint *et al.* 1996a) e 23% (Cousens e Moss 1990) das sementes e a 0-10 cm entre 38% (Cousens e Moss 1990) e 47% (Dessaint *et al.* 1996a) das sementes.

Ou seja, os efeitos iniciais da charrua parecem ser a troca de sementes, deixando relativamente poucas sementes superficiais no intervalo 0-5 cm e mesmo 0-10 cm, substituindo-as por sementes mais profundas, obtendo-se uma distribuição estável com uma proporção importante das sementes a 0-5 cm e entre um terço e metade a 0-10 cm.

Fazendo o mesmo tipo de resumo para o escarificador, considerando todas as sementes à superfície, uma passagem de escarificador colocaria até 6 cm de profundidade entre 50% (Staricka *et al.* 1990, 0-4 cm) e 84% (Moss 1988, franco-arenoso, 0-5 cm) das sementes para uma profundidade de trabalho de 10 cm, 93% (Mead *et al.* 1998, 0-6 cm) para uma profundidade de trabalho de 18 cm e entre 48% (Moss 1988, argilo-limoso, 0-5 cm) e 70% (Moss 1998, franco-arenoso, 0-5 cm, Cousens e Moss 1990, duas passagens, 0-5 cm) para uma profundidade de trabalho de 20 cm.

Em contrapartida, e considerando todas as sementes a 10-15 cm ou a 15-18 cm, uma ou duas passagens de escarificador a 18 ou 20 cm não transportariam praticamente sementes para 0-5 cm (Cousens e Moss 1990, Mead *et al.* 1998). Finalmente, a distribuição estável terá mais de 20% das sementes a 0-5 cm e 40% a 0-10 cm (Cousens e Moss 1990) ou, respectivamente mais de 50 e 70% (Mead *et al.* 1998) das sementes, podendo as diferenças

ser devidas ao tipo de escarificador utilizado, de dentes rígidos em Cousens e Moss (1990) de molas em Mead *et al.* (1998).

Ou seja, e ao contrário da charrua, os efeitos iniciais do escarificador serão algum afundamento das sementes, deixando uma proporção elevada no intervalo 0-5 cm, pouco ou nada movimentando sementes muito profundas, obtendo-se uma distribuição estável com uma proporção importante que pode atingir metade das sementes a 0-5 cm.

Quanto às restantes mobilizações, a gradagem deixará em 0-6 cm cerca de 73% das sementes superficiais, transferindo para 0-6 cm só 10 % das colocada a 15-18 cm, com um efeito muito semelhante ao escarificador de molas na distribuição estável, quase 50% das sementes ficarão a 0-6 cm (Mead *et al.* 1998), resultados consistentes com a falta de efeito de gradagem a 8 cm registada por Staricka *et al.* (1990); cultivador rotativo parece ser a mobilização que menos sementes deixa a 0-6 cm na distribuição estável (14%) enquanto a enxada se assemelha à charrua e ao escarificador de dentes rígidos no que diz respeito à distribuição estável com cerca de 23% das sementes a 0-6 cm.

A longo prazo e em concordância com os resultados obtidos por Miller *et al.* (1998) os efeitos de charrua e de escarificador, com excepção do de molas tenderá a ser idêntico, embora a curto prazo os efeitos da charrua se possam distinguir fortemente dos do escarificador.

Além da utilidade do tamanho de sementes para a modelação dos dados de Roberts (1963) e de Roberts e Stokes (1965), a favor da consideração do tamanho e forma está a) de acordo com Sahoo *et al.* (1994), a possibilidade da segunda poder ser importante na distribuição vertical de sementes após mobilizações, b) da evolução da densidade do banco de sementes, de acordo com os resultados de Barralis *et al.* (1990) e Dessaint *et al.* (1990a,b), poder depender mais do tamanho que das mobilizações e/ou tratamentos químicos, c) do tamanho das sementes ser, de acordo com Roberts e Feast (1973), um factor a ter em conta na perda de viabilidade em função da perturbação do solo e d) das diferenças na distribuição de tamanhos em solos cultivados e não mobilizados que se observam em diversos trabalhos (Cardina *et al.* 1991, Feldman *et al.* 1997, Kropác 1966, Peyronel 1953).

## 9. MOBILIZAÇÕES E BANCO DE SEMENTES. II DISTRIBUIÇÃO DE ABUNDÂNCIAS PRÉ-MOBILIZAÇÃO

e o chão impede  
que ela infinitamente caia  
Natália Correia

Com base na análise feita a resultados de diversos autores concluímos no capítulo anterior do interesse de considerar o tamanho das sementes em estudos do efeito de mobilizações, como seria de esperar tendo em consideração a importância que temos vindo a reconhecer ao tamanho, e à forma, para a caracterização do banco de sementes do solo.

Sendo assim, impõe-se a caracterização do banco de sementes de MITRA2, pré-mobilização, não só como referência para o efeito das mobilizações, mas também e principalmente, para avaliar se a contradição encontrada no capítulo 7 entre a convicção generalizada de ser mais fácil a descida de sementes pequenas e os resultados observados é, ou não, uma criação do modelo adoptado (§ 7.5).

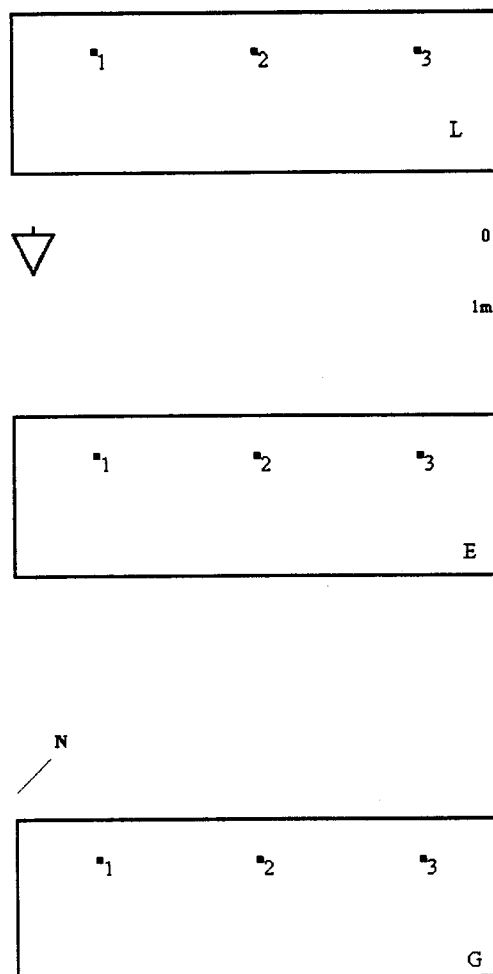
Para não tornar este capítulo excessivamente longo, só examinaremos agora a distribuição vertical de abundâncias pré-mobilização, tratando do efeito das mobilizações no capítulo 10. Apesar disso, será necessário examinar já alguns aspectos das distribuições verticais pós-mobilização por forma a definir uma abordagem global de análise.

### 9.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL

Como descrito no § 2.2, para o estudo do efeito de mobilizações na distribuição vertical do banco de sementes definiram-se em MITRA2 três blocos paralelos processando-se 3 amostras de 20 cm de profundidade em cada bloco antes e após cada mobilização (10 cm após gradagem). As amostras foram separadas em porções de 2.5 cm de profundidade, crivadas por uma sequência de crivos e as sementes quantificadas de acordo com a forma, isodiamétrica ou anisodiamétrica. Na análise das contagens efectuadas passaremos a referir os blocos pela mobilização a que foram sujeitos (*L*, *E* e *G*), indicando sempre que necessário se se trata de amostras pré ou pós-mobilização. Adicionalmente, as amostras serão, como anteriormente (§ 7.4.1), referidas pelo número de acordo com o representado na figura 9.1, repetição da figura 2.3 e apresentada abaixo para facilidade de exposição.

A identificação das sementes tendo em vista a inventariação das espécies presentes sem quantificação nem distinção de pré ou pós-mobilização foi feita tal como descrito no § 2.2.3, identificando-se *Amaranthus albus* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Cerastium glomeratum* Thuill., *Chenopodium album* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Diplotaxis catholica* (L.) DC., *Juncus bufonius* L., *Paspalum dilatatum* Poir et in Lam., *Plantago coronopus* L., *Poa annua* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Rapistrum rugosum* (L.) All., *Reseda luteola* L., *Rumex acetosella* L., *Senecio vulgaris* L., *Silene gallica* L., *Sisymbrium irio* L., *Spergularia*

*purpurea* (Pers.) G. Don fil., *Stellaria media* (L.) Vill. e *Trifolium glomeratum* L. (nomenclatura segundo Tutin *et al.* 1964, 1968, 1976, 1980).



**Figura 9.1** Esquema do delineamento experimental de MITRA2 com indicação dos pontos de amostragem pré e pós mobilização. A seta indica o sentido do declive. *L* lavoura, *E* escarificação e *G* gradagem.

Das trinta espécies identificadas em MITRA1 e MITRA2, nove são comuns às duas amostragens (*C. glomeratum*, *C. album*, *D. catholica*, *J. bufonius*, *P. coronopus*, *P. annua*, *R. luteola*, *S. gallica* e *S. purpurea*). Tal como em MITRA1, há um claro predomínio de terófitos, mas agora, e de acordo com Williams (1982), com predomínio de espécies importantes como infestantes em muitas culturas e situações (40%) seguido de espécies importantes como infestantes nalgumas situações, podendo ser generalizadas como infestantes de importância menor (35%). Em termos das 10 famílias representadas continua a não haver um predomínio nítido, com Caryophyllaceae e Cruciferae apresentando 4 espécies cada, Gramineae apresentando 3 espécies, Amarantaceae 2 espécies, e 7 famílias com 1 espécie cada.

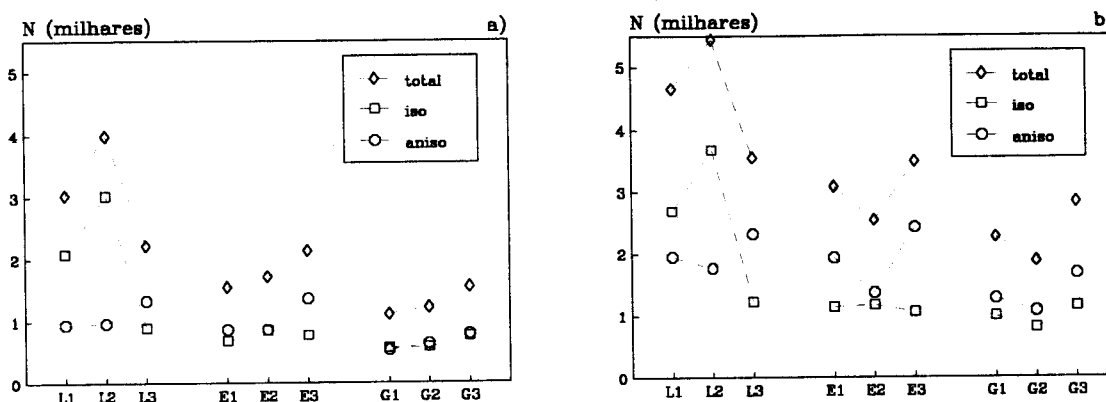
No conjunto das 10 amostras ocasionalmente seleccionadas para exame dos materiais não retidos nos crivos ou que ficavam no copo com sulfato de magnésio (§ 2.2.2) nunca foram detectadas sementes.

### 9.1.1 Caracterização pré-mobilização

Nos 9 pontos de amostragem registaram-se em 0-20 cm e pré-mobilização um total de 29,740 sementes, sendo 47% isodiamétricas e 53% anisodiamétricas (18,520 a 0-10 cm, sendo 55% isodiamétricas e 45% anisodiamétricas), apresentando-se na figura 9.2 a distribuição de abundâncias das sementes totais, isodiamétricas e anisodiamétricas das 9 amostras em 0-10 cm e 0-20 cm pré-mobilização (a consideração do primeiro intervalo tem a ver com o facto das amostras pós-gradagem terem sido obtidas só até essa profundidade).

De acordo com a figura 9.2 são claras as diferenças entre os pontos de amostragem, não obstante o local ter estado com pastagem natural durante pelo menos 10 anos e a amostragem ter sido realizada tardiamente, dizendo respeito basicamente à fracção permanente do banco de sementes.

Duma maneira geral, quer a 0-10 cm quer a 0-20 cm, a distribuição do total de sementes segue a das sementes isodiamétricas sendo clara uma tendência geral para a diminuição do número de sementes de *L* para *E* e deste para *G*, ou seja uma tendência para mais sementes nas zonas mais elevadas (ver figura 9.1).



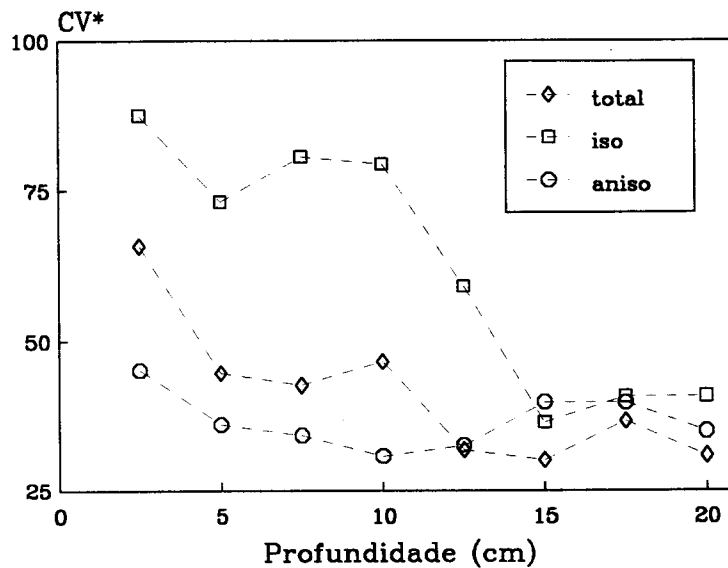
**Figura 9.2** Número de sementes (*N*) totais, isodiamétricas e anisodiamétricas pré-mobilização em MITRA2. a) 0-10 cm e b) 0-20 cm de profundidade. *L* lavoura, *E* escarificação e *G* gradagem; 1, 2, 3 pontos de amostragem.

Adicionalmente, em 0-10 cm, com excepção de sementes totais em lavoura e isodiamétricas em lavoura e escarificação, nota-se uma tendência para um aumento constante do número de sementes entre o ponto de amostragem 1 e o 3; em contrapartida, e com as mesmas excepções, em 0-20 cm verifica-se uma redução do ponto de amostragem 1 para o 2 e aumento deste para o ponto de amostragem 3.

Definindo um intervalo de abundância equitativa entre 90 e 110% da média de sementes por amostra, observa-se uma localização preferencial de amostras sobre-representadas na zona mais elevada (lavoura) qualquer que seja a forma e a profundidade considerada e uma localização preferencial de amostras sub-representadas na zona menos elevada, sugerindo a existência de diferenças importantes entre as amostras aparentemente associadas ao declive.

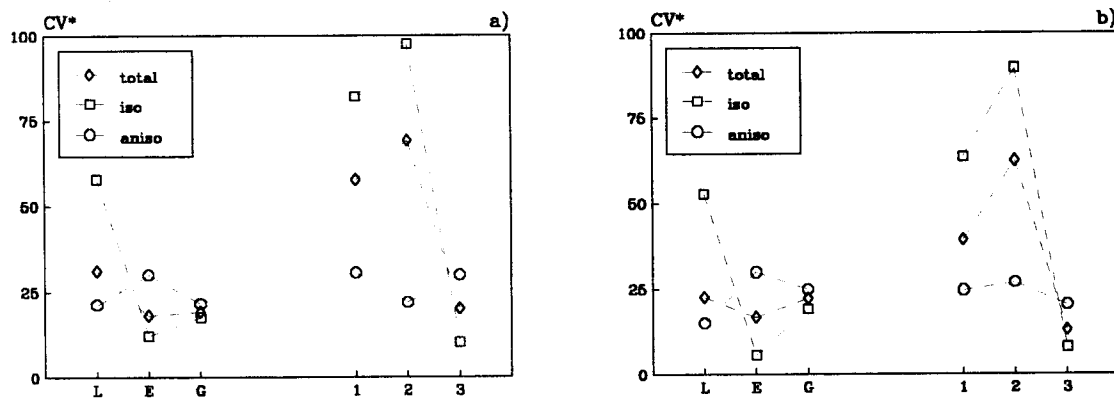
Estas diferenças tornam-se mais evidentes quando se considera o coeficiente de variação corrigido,  $CV^*$ , com as sementes totais a 0-20 cm a apresentarem um valor de 36%, isodiamétricas 64% e anisodiamétricas 27% (respectivamente 46%, 76% e 31% em 0-10 cm

de profundidade) sugerindo a existência de maior variabilidade no número de sementes em profundidades menores e em sementes isodiamétricas.



**Figura 9.3** Coeficiente de variação corrigido ( $CV^*$ ) do número de sementes totais, isodiamétricas e anisodiamétricas, pré-mobilização, MITRA2 (em porcentagem) em função da profundidade.

Esta situação é claramente confirmada na figura 9.3, na qual é visível a redução da variabilidade com o aumento da profundidade, com as sementes anisodiamétricas a demonstrarem uma razoável independência relativamente à profundidade.



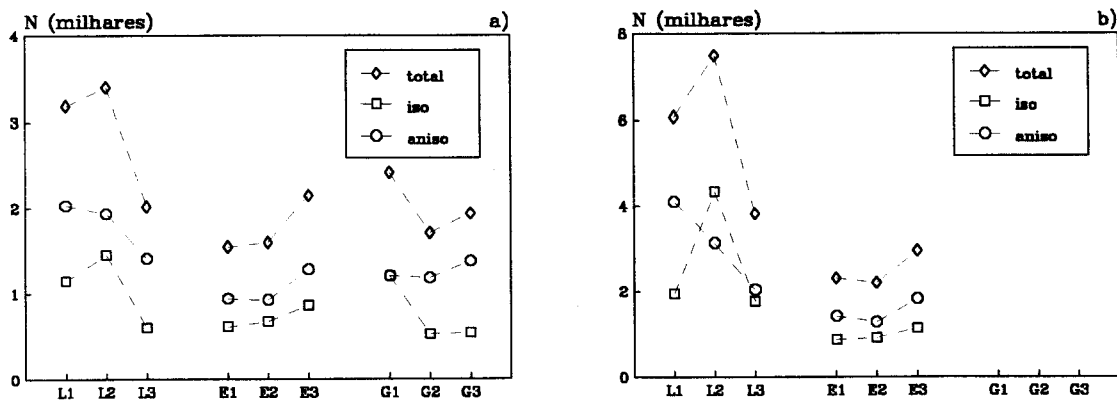
**Figura 9.4** Coeficiente de variação corrigido ( $CV^*$ ) do número de sementes totais, isodiamétricas e anisodiamétricas, pré-mobilização, MITRA2 (em porcentagem) em a) 0-10 cm e b) 0-20 cm de profundidade. L lavoura, E escarificação e G gradagem; 1, 2, 3 pontos de amostragem.

Como seria de esperar, tendo em conta as figuras 9.2 e 9.3, e como expresso na figura 9.4, a variabilidade avaliada pelo coeficiente de variação corrigido é muito superior em sementes isodiamétricas particularmente nas amostras de lavoura ou nas amostras 1 e 2, sugerindo a existência de uma forte influência do declive na variabilidade da distribuição de abundância do banco de sementes.

### 9.1.2 Caracterização pós-mobilização

Nos 6 pontos amostrados pós-mobilização a 0-20 cm registou-se um total de 24,851

sementes, sendo 44% isodiamétricas e 56% anisodiamétricas (nos pontos correspondentes, lavoura e escarificação, em pré-mobilização os valores foram 22,755 sementes, sendo 48% isodiamétricas e 52% anisodiamétricas); a 0-10 cm pós-mobilização registaram-se, nos 9 pontos de amostragem 19,946 sementes das quais 38% isodiamétricas e 62% anisodiamétricas, apresentando-se na figura 9.5 a distribuição de abundâncias das sementes totais, isodiamétricas e anisodiamétricas pré-mobilização das 9 amostras em 0-10 cm e das 6 amostras em 0-20 cm.



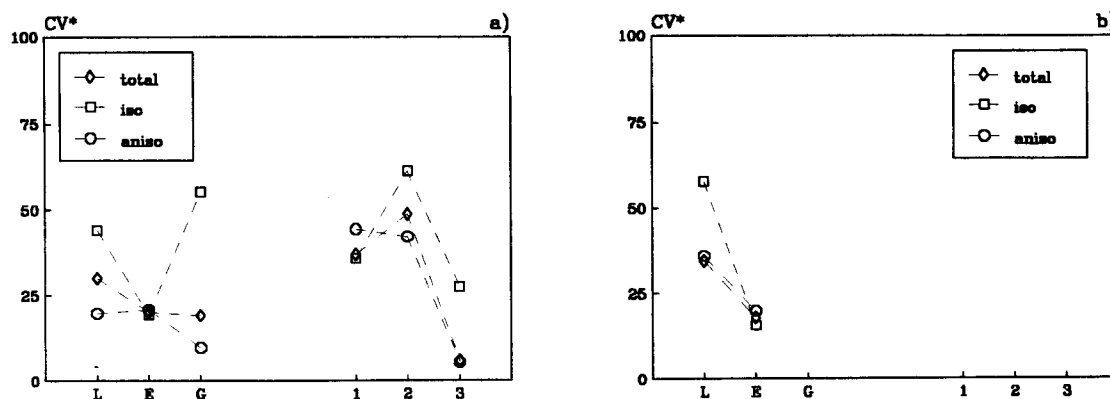
**Figura 9.5** Número de sementes ( $N$ ) totais, isodiamétricas e anisodiamétricas, pós-mobilização, MITRA2, em a) 0-10 cm e b) 0-20 cm de profundidade.  $L$  lavoura,  $E$  escarificação e  $G$  gradagem; 1, 2, 3 pontos de amostragem.

De acordo com a figura 9.5 são claras as diferenças entre os pontos de amostragem. Duma maneira geral, a distribuição do total de sementes só a 0-20 cm segue a das sementes isodiamétricas sendo evidente uma tendência geral para a diminuição do número de sementes de  $L$  para  $E$  e manutenção do número de  $E$  para  $G$  a 0-10 cm, ou seja uma tendência para mais sementes nas zonas mais elevadas (figura 9.1). De notar a relativa igualdade de abundância pré e pós-mobilização em 0-10 cm, menos nítida em gradagem (figuras 9.2a e 9.5a) e o muito maior número de sementes pós-lavoura em 0-20 cm (figuras 9.2b e 9.5b).

Adicionalmente, em 0-10 cm e 0-20 cm são evidentes padrões diferentes entre os pontos de amostragem consoante o tipo de mobilização efectuada. No entanto, definindo como anteriormente um intervalo de abundância equitativa entre 90 e 110% da média de sementes por amostra, verifica-se uma localização preferencial de amostras sobre-representadas na zona mais elevada (lavoura) qualquer que seja a forma e a profundidade considerada e uma localização preferencial de amostras sub-representadas na zona menos elevada (gradagem), sugerindo não terem as mobilizações alterado profundamente a existência de diferenças importantes entre as amostras aparentemente associadas ao declive.

Estas diferenças tornam-se mais evidentes quando se considera o coeficiente de variação corrigido, com as sementes totais a 0-20 cm (6 amostras) a apresentarem um valor de 55%, isodiamétricas 74% e anisodiamétricas 50% (respectivamente 31%, 41% e 29% nas 9 amostras em 0-10 cm de profundidade) só se mantendo a tendência para maior variabilidade no número de sementes em profundidades menores nas sementes isodiamétricas.





**Figura 9.6** Coeficiente de variação corrigido ( $CV^*$ ) do número de sementes totais, isodiamétricas e anisodiamétricas, pós-mobilização, MITRA2 (em percentagem) em a) 0-10 cm e b) 0-20 cm de profundidade. L lavoura, E escarificação e G gradagem; 1,2,3 pontos de amostragem.

Como seria de esperar tendo em conta a figura 9.5, e como expresso na figura 9.6, a variabilidade avaliada pelo coeficiente de variação corrigido é muito superior em sementes isodiamétricas nas amostras de lavoura em qualquer dos intervalos de profundidade, e também nas de gradagem ou nas amostras 2 e 3 em 0-10 cm.

### 9.1.3 Como comparar pré e pós-mobilização

Apesar de algumas semelhanças entre o banco de sementes pré e pós-mobilização, a elevada variabilidade das amostras e as diferenças já detectadas aconselham um exame mais detalhado das amostras pré e pós-mobilização, por forma a definir uma abordagem para avaliar o efeito das mobilizações na distribuição vertical do número de sementes.

De facto, num qualquer local, quer se considerem as classes de tamanho separadamente quer não, o número de sementes totais, iso ou anisodiamétricas e a razão entre sementes aniso e isodiamétricas deverá, idealmente, ser idêntico pré e pós-mobilização, devendo as únicas diferenças estar associadas à sua distribuição vertical.

Naturalmente que uma igualdade deste tipo seria extremamente improvável tendo em conta a possibilidade das mobilizações poderem provocar movimentações não verticais (Mead *et al.* 1998), embora se possa admitir que o número de sementes retiradas de um determinado local por movimentos não verticais possa ser compensado por sementes para aí trazidas pelo mesmo tipo de movimento.

Adicionalmente, e dado que há amostras pré-mobilização, o conceito de mesmo local não fará rigorosamente sentido. No entanto e apesar da variabilidade espacial do banco de sementes, amostrando praticamente o mesmo local pré e pós-mobilização (§ 2.2.1) seria de esperar, no mínimo, que a amostra pré-mobilização mais parecida com uma qualquer amostra pós-mobilização fosse a obtida no mesmo local e no máximo que as diferenças entre ambas não fossem muito grandes, o que a verificar-se, se não permitia necessariamente a consideração dos 3 pontos de amostragem pré e pós-mobilização em cada bloco como uma amostra, poderia permitir, pelo menos, comparações emparelhadas pré e pós-mobilização.

Por forma a verificar a semelhança dos pontos de amostragem pré e pós-mobilizações, o

número de sementes totais, iso, anisodiamétricas e a razão entre sementes aniso e isodiamétricas, conjunta ou separadamente para todas as classes de tamanho, em cada ponto de amostragem pós-mobilização foi dividido pelo valor análogo de todos os pontos de amostragem pré-mobilização para quantificar a variação entre pós e pré-mobilização e, para cada ponto de amostragem pós-mobilização, qual o ponto pré-mobilização mais parecido.

As razões obtidas foram logaritmizadas, para manter a simetria, sendo apresentadas na tabela 9.1, omitindo-se as relativas às sementes retidas no crivo de malha 2.380 mm em virtude de estarem sempre envolvidos um, geralmente dois, valores nulos.

**Tabela 9.1** ln da razão pós/pré mobilização de sementes totais *T*, isodiamétricas *I*, anisodiamétricas *A* e razão anisodiamétricas/isodiamétricas *R* para sementes em MITRA2. 0 não separadas por classes de tamanho, 1 0.149-0.212 mm, 2 0.212-0.250 mm, 3 0.250-0.297 mm, 4 0.297-0.355 mm, 5 0.355-0.425 mm, 6 0.425-0.560 mm, 7 0.560-0.710 mm, 8 0.710-0.850 mm, 9 0.850-2.380 mm. Na primeira linha, ln da razão pós/pré do ponto de amostragem referenciado na coluna; na segunda linha, ln da menor razão pós/pré e ponto de amostragem pré-mobilização envolvido, com realce a negro sempre que é o mesmo que pós-mobilização. a) valores não calculáveis pelas razões envolverem valores zero, b) E2,E3, c) E1,E2, d) L3,E1, e) L1,G1,G3, f) L1,G1,G3.

	L1	L2	L3	E1	E2	E3	G1	G2	G3
<b>0.</b>									
T	0.26	0.32	0.07	-0.29	-0.14	-0.16	0.78	0.34	0.22
	0.11 L2	0.32 L2	0.07 L3	0.02 G1	-0.03 G1	-0.04 E1	0.08 L3	-0.01 E2	-0.10 E3
I	-0.32	0.17	0.37	-0.26	-0.25	0.08	0.74	-0.10	-0.33
	-0.32 L1	0.17 L2	0.37 L3	0.08 G2	-0.08 G1	-0.00 E1	0.30 L3	-0.09 G1	-0.06 G1
A	0.74	0.57	-0.13	-0.31	-0.06	-0.28	0.82	0.62	0.56
	0.53 E3	0.26 E3	0.04 L1	0.04 E2	0.01 G1	0.03 L2	-0.10 L3	-0.11 L3	0.02 E3
R	1.06	0.41	-0.50	-0.04	0.18	-0.36	0.08	0.71	0.89
	-0.09 E3	-0.01 L1	-0.01 E2	-0.04 E1	-0.03 G3	-0.06 E1	-0.02 E2	0.24 E3	0.37 E3
<b>1.</b>									
T	0.34	0.59	0.61	0.34	0.33	0.65	1.68	0.35	-0.20
	-0.14 L2	0.59 L2	0.03 L1	0.01 G3	0.17 L3	0.22 L3	0.04 L1	0.06 L3	0.05 E3
I	-0.01	0.60	0.88	0.04	0.30	0.70	1.80	0.08	-0.35
	-0.01 L1	0.60 L2	-0.03 L1	-0.03 G2	0.26 G3	0.24 G3	0.05 L1	-0.02 L3	0.08 E3
A	1.25	0.56	-0.04	1.20	0.44	0.50	0.94	1.19	0.55
	0.95 L3	0.50 L3	0.02 L2	0.11 L1	0.21 E3	0.06 L1	-0.05 L1	0.22 L3	-0.03 E3
R	1.26	-0.03	-0.93	1.16	0.14	-0.20	-0.86	1.11	0.90
	0.04 L3	-0.03 L2	-0.16 G2	-0.12 L3	0.14 E2	0.07 G2	-0.10 L1	0.24 L3	-0.11 E3
<b>2.</b>									
T	0.30	0.18	0.27	0.34	0.35	0.10	1.41	0.34	0.48
	0.17 L2	0.18 L2	-0.25 L1	-0.04 G3	-0.09 G3	-0.02 L3	0.06 L3	-0.20 E3	0.05 E3
I	-0.56	-0.17	0.50	-0.10	-0.21	0.06	1.25	-0.07	-0.05
	-0.56 L1	0.06 L1	0.50 E3	-0.10 E1	-0.05 G2	0.06 E3	0.05 E3	-0.07 G2	0.04 E1
A	1.04	0.76	0.13	0.66	0.63	0.12	1.54	0.53	0.84
	0.89 L3	0.51 L3	0.13 L3	0.07 G3	-0.04 L2	-0.07 L3	0.01 L3	-0.11 L3	0.07 L3
R	1.60	0.92	-0.37	0.76	0.83	0.06	0.28	0.60	0.89
	0.02 G1	-0.02 E1	0.05 E2	0.03 L3	0.18 G1	0.06 E3	-0.12 L3	0.60 G2	0.35 G3
<b>3.</b>									
T	0.52	0.28	-0.54	-0.49	-0.60	-0.25	0.52	0.68	0.31
	0.20 L3	-0.01 L3	0.05 G1	-0.08 G1	-0.10 G2	-0.02 L1	0.02 G3	-0.00 E1	0.02 E3
I	-0.42	-0.52	-0.64	-0.59	-1.20	-0.45	-0.64	-0.54	-0.86
	0.03 L3	0.04 L3	0.04 G1	-0.16 G1	-0.87 G2	0.16 L1	-0.12 G3	-0.54 E1	0.13 E3
A	0.71	0.41	-0.52	-0.48	-0.54	-0.23	0.72	0.82	0.51
	0.28 L3	0.08 L3	0.05 G1	-0.05 G1	-0.02 G2	0.02 G3	0.09 E1	-0.04 L3	0.09 E3

R	1.13	0.93	0.12	0.11	0.65	0.22	1.36	1.36	1.38
	0.13 E3	0.23 E3	0.01 G1	-0.06 E2	0.58 E3	0.22 E3	0.62 E2	1.09 E2	0.65 E2
4.									
T	0.44	0.56	-0.33	-1.64	-1.32	-1.79	-0.18	-0.23	0.04
	0.26 G2	-0.12 L3	0.25 G2	-0.23 L1	-0.47 L1	-0.37 L1	-0.18 G1	0.02 L2	0.04 G3
I	0.35	0.50	-0.33	-0.90	-1.82	-0.59	-0.78	-0.04	-0.77
	-0.06 E3	0.07 G2	0 E3	0.03 E3	-0.09 L1	-0.18 L1	-0.30 E1	-0.04 G2	-0.77 G3
A	0.45	0.57	-0.33	-1.85	-1.10	-1.94	0.05	-0.29	0.10
	-0.09 E2	0.05 G1	-0.11 E2	-0.42 L1	-0.56 L1	-0.41 L1	0.05 G1	-0.01 L2	0.04 G1
R	0.10	0.08	0.00	-0.95	0.72	-1.35	0.83	-0.25	0.87
	0.01 E1	-0.02 G3	0.00 L3	0.34 E2	0.03 G2	-0.13 L2	-0.02 G2	-0.14 L2	0.10 E3
5.									
T	-0.48	-0.99	-0.38	-1.47	-0.92	-0.73	-0.97	0.15	-0.03
	0 L3	-0.07 G2	-0.13 G3	0 G2	-0.08 G3	0.12 G2	0 G2	0.09 G3	-0.03 G3
I	-0.39	-0.91	-0.37	-0.91	-1.03	-0.46	-1.55	0.51	0.26
	0 G3	-0.27 G2	-0.06 G3	-0.03 E3	0.03 G3	-0.14 G2	0 L1	-0.04 L3	0 L1
A	-0.54	-1.07	-0.41	-2.71	-0.71	-0.94	-0.06	-0.41	-0.20
	0 E2	0.21 G2	-0.22 G3	-0.89 G2	-0.22 G3	-0.11 G3	-0.06 G1	-0.41 G2	0 G1
R	-0.15	-0.16	-0.04	-1.80	0.32	-0.48	1.49	-0.92	-0.46
	-0.15 L1	0.09 G3	-0.04 L3	-0.49 G1	-0.13 L3	-0.02 E1	-0.23 L2	0.30 G1	-0.17 L2
6.									
T	-0.81	-0.48	-0.06	-1.06	-0.78	-0.91	-0.29	-0.22	-0.14
	0.09 G2	0.06 G3	-0.03 E2	-0.03 G2	-0.39 G2	-0.35 G2	0.02 G2	-0.14 G3	-0.14 G3
I	-0.33	-0.46	-0.13	-0.73	-0.84	-0.95	-0.83	-0.55	-0.69
	0 G3	0 E3	0.03 G3	0.06 G2	-0.42 G2	-0.67 G2	-0.21 G3	-0.31 G3	-0.69 G3
A	-2.11	-0.58	0.11	-2.23	-0.51	-0.84	0.97	0.56	0.51
	0 G1	-0.07 E2	0.11 L3	-0.25 G1	0 G1	0.11 G3	-0.09 L2	0.15 G3	0.05 L3
R	-1.78	-0.12	0.24	-1.50	0.33	0.11	1.79	1.11	1.20
	-0.24 E2	0.08 E2	-0.21 E1	-0.39 E2	-0.06 G3	0.11 E3	0 L1	0.07 E1	0.23 E3
7.									
T	-0.54	-0.19	0.05	-0.16	-0.18	-0.83	-1.03	-0.11	-0.02
	0.02 L3	-0.02 E3	-0.06 E2	-0.02 L3	-0.08 L3	0 G2	0.10 G2	-0.11 G2	-0.02 G3
I	-0.39	-1.21	-1.01	-0.20	-0.96	-1.39	-1.45	-1.17	-0.69
	-0.13 E1	-0.25 G2	-0.40 G2	-0.20 E1	-0.37 G2	-0.67 G2	-0.48 G2	-1.17 G2	-0.60 G2
A	-0.80	1.95	2.61	-0.06	1.12	0.43	0	2.89	0.86
	-0.09 E1	0.11 L1	-0.02 L1	-0.06 E1	-0.23 L1	-0.27 E1	0 G1	0.06 b)	0 E1
R	-0.41	3.16	3.62	0.14	2.08	1.81	1.45	4.06	1.55
	0.03 E1	1.07 L1	1.08 L1	0.14 E1	0.84 L1	0.40 L1	-0.18 L1	0.69 L1	0.49 L1
8.									
T	-1.60	-0.04	0.08	-0.23	-0.11	-1.16	-0.80	-0.80	-0.26
	0.05 G3	-0.04 L2	-0.04 E2	0 G2	0 L3	-0.49 G3	0 G3	-0.37 G3	-0.26 G3
I	-1.67	-1.23	-1.79	-0.26	-0.43	-1.69	-1.15	-2.94	-1.61
	-0.62 E1	0 G3	-1.18 E1	-0.26 E1	0 E1	-0.96 E1	-0.41 E1	-2.20 E1	-1.50 E1
A	-1.56	1.72	3.14	-0.21	0.41	-0.29	-0.34	2.08	0.98
	-0.15 G1	-0.38 L1	0.36 E1	-0.07 G1	-0.15 G1	-0.15 L2	0 L2	0 b)	0 b)
R	0.11	2.95	4.93	0.06	0.84	1.40	0.80	5.02	2.59
	0.11 L1	0.59 L1	1.32 L1	0.06 E1	-0.29 E1	-0.03 E1	-0.21 E1	1.14 L1	0.44 L1
9.									
T	-4.13	-2.40	0.41	0.41	-1.61	a)	a)	-1.61	-0.29
	-1.10 G1	-1.10 G1	-0.29 G2	0.09 L2	-0.41 G1	a)	a)	0 G1	0 L3
I	-0.69	-1.95	0.29	0	-0.69	a)	a)	-1.39	0
	0 G3	0 G3	0 c)	0 d)	0 L1	a)	a)	0 e)	0 f)
A	a)	a)	0.69	0.69	a)	a)	a)	a)	-0.41
	a)	a)	-0.41 G3	0.29 E2	a)	a)	a)	a)	0 E2
R	a)	a)	0.41	0.69	a)	a)	a)	a)	-0.41
	a)	a)	-0.13 L2	0.29 E2	a)	a)	a)	a)	0.41 E1

O exame da tabela 9.1 revela ser pouco frequente que as amostras pós e pré-mobilização

mais parecidas coincidam no ponto de amostragem. De facto, considerando a tabela, essa situação só se verifica em 14% dos casos, com o mínimo no ponto de amostragem *E2* ou sementes anisodiamétricas e o máximo em *G3* (predominantemente em sementes totais) e *E1* (predominantemente em sementes isodiamétricas) ou sementes isodiamétricas.

Considerando que os pontos de amostragem mais próximos se localizavam no mesmo bloco (figura 9.1), ou seja, que o ponto de amostragem mais próximo (2 m) de, por exemplo *L1*, é *L2* e de *G2* é qualquer dos pontos *G1* e *G3*, da tabela 9.1 resulta ser raro que amostras mais parecidas pós e pré-mobilização correspondam aos pontos de amostragem mais próximos, situação verificada em 14% dos casos, com o mínimo para o ponto de amostragem *E3* e *G3* ou sementes anisodiamétricas e o máximo em *G2* (predominantemente em totais e isodiamétricas) e *L2* (29.0%, predominantemente em anisodiamétricas) ou em sementes totais. Não é de admirar que o máximo pertença a locais 2, já que têm o dobro dos pontos de amostragem a 2 m que os locais 1 e 3; de notar, no entanto, que em *E2* só em 11% dos casos as amostras mais parecidas correspondem aos pontos mais próximos.

Alargando o âmbito da análise e abstraindo das amostras pré-mobilização mais parecidas com as pós-mobilização corresponderem ao mesmo ou ao mais próximo ponto de amostragem, só em 4% dos casos (*G1*, *G2*, *G3* 0.149-0.21 mm e *L3* 0.250-0.297 mm) é que o ponto de amostragem pré-mobilização mais parecido com o pós-amostragem era sempre o mesmo nas quatro características consideradas e só em 15% era o mesmo em três (mas nunca na razão aniso/isodiamétricas).

Do que ficou dito resulta que, qualquer que seja o ponto de amostragem, não temos forma segura de saber que ponto de amostragem pré-mobilização usar como termo de comparação para pós-mobilização.

Assim, tendo em conta a variabilidade das abundâncias e sob pena de ser conceptualmente impossível estudar o efeito isolado de mobilizações na distribuição vertical do número de sementes, em primeiro lugar iremos eliminar diferenças de escala das amostras e portanto exprimir a distribuição vertical das sementes totais, isodiamétricas e anisodiamétricas pré e pós-mobilização em proporção do número de sementes de cada amostra; em segundo lugar assumir que a distribuição vertical de qualquer dos pontos de amostragem pré-mobilização é um estado possível da distribuição vertical dos pontos de amostragem pós-mobilização.

Consequentemente, e após modelação da distribuição vertical do número de sementes, cada uma das amostras de cada modalidade de mobilização será comparada com todas as amostras pré-mobilização, investigando-se adicionalmente a consistência da resposta à mobilização como forma de avaliar a maior ou menor independência do efeito de cada modalidade de mobilização relativamente às diferentes condições prévias.

## 9.2 MODELAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DO NÚMERO DE SEMENTES

O essencial sobre ajustamento, aceitação, comparação e selecção de modelos foi dito no

capítulo 6 pelo que nos limitamos agora a aspectos específicos da modelação da distribuição vertical do número de sementes, repetindo aspectos já focados só quando facilitar a explanação.

### 9.2.1 Exame, ajustamento, aceitação e comparação de modelos

Ao contrário da modelação da distribuição de tamanhos das sementes, na distribuição vertical do número de sementes iremos utilizar distribuições acumuladas de forma a permitir calcular valores de abundância entre a superfície e a profundidade máxima de amostragem e, pelas razões apresentadas acima (§ 9.1.3) as distribuições acumuladas serão expressas em proporção do total de sementes de cada amostra.

Rejeitando à partida modelos com pressupostos de distribuição, retivemos para comparação o modelo de Weibull, expresso por

$$F_x = 1 - \exp - \left\{ \left[ (x - x_u) / x_0 \right]^m \right\} \quad (9.1)$$

em que  $F_x$  é a proporção de sementes acumulada em cada uma das profundidade  $x$ ,  $x_u$  é um parâmetro de localização representando a profundidade a que o número de sementes é estritamente não nulo,  $x_0$  um parâmetro de escala com  $x_u+x_0$  a representar a profundidade correspondente a 0.63 da distribuição acumulada de abundância de sementes e  $m$  um parâmetro de forma. Tendo em conta os resultados obtidos pelo ajustamento desta forma do modelo de Weibull, tentámos adicionalmente uma forma modificada, fazendo  $x_u=0$ , donde

$$F_x = 1 - \exp - \left[ (x / x_0)^m \right] \quad (9.2)$$

com  $F_x$ ,  $x$ ,  $x_0$  e  $m$  a terem o mesmo significado que anteriormente.

Retivemos também um modelo polinomial, descrito por

$$F_x = a + b x + c x^2 + d x^3 + e x^4 \quad (9.3)$$

quando se consideram 8 classes de profundidade (0-20 cm) e

$$F_x = a + b x + c x^2 + d x^3 \quad (9.4)$$

quando se consideram 4 classes de profundidade (0-10 cm), tendo  $F_x$  e  $x$  o mesmo significado que no modelo de Weibull.

Tendo em conta a impossibilidade de posteriormente obter previsões para a abundância relativa de sementes à superfície ( $x=0$ ) não considerámos o modelo de Jaky nem modelos em que  $F_x$  e  $x$  em (9.3) e (9.4) são logaritmizados. Pela mesma razão, e porque não permite considerar  $x=1$  não consideramos o modelo adoptado por Staricka *et al.* (1990) para

descrever a distribuição vertical de sementes e esferas. Investigámos no entanto modelos polinomiais em que só  $F_x$  é logaritimizado, tomando (9.3) e (9.4) a forma

$$\ln F_x = a + b x + c x^2 + d x^3 + e x^4 \quad (9.5)$$

quando se consideram 8 classes de profundidade (0-20 cm) e

$$\ln F_x = a + b x + c x^2 + d x^3 \quad (9.6)$$

quando se consideram 4 classes de profundidade (0-10 cm).

O ajustamento do modelo de Weibull com três parâmetros expresso em (9.1) e com dois parâmetros expresso em (9.2) foi tentado pelo método dos quadrados mínimos para regressão não-linear sem repetições usando o algoritmo de Marquardt tal como implementado no procedimento NONLIN de Statgraphics (Anónimo 1989). Para cada amostra a estimativa inicial de  $x_0$  foi o valor de profundidade em que a frequência relativa diferia menos de 0.63, a de  $m$  foi  $m=3.43$  e a de  $x_u$  quando se ajustou o modelo de três parâmetros foi  $x_u=0.5$ , valores modificados sempre que necessário. Não foi estabelecido nenhum limite de iterações, atingindo-se a convergência quando a variação relativa da soma dos quadrados do erro ou das estimativas dos parâmetros era menor ou igual a, respectivamente,  $10^{-5}$  e  $10^{-4}$ ; o parâmetro inicial de Marquardt foi definido como  $10^{-2}$ , o factor de escala como 20 e o valor máximo do parâmetro de Marquardt como 120.

O ajustamento dos modelos polinomiais expressos em (9.3), (9.4), (9.5) e (9.6) foi tentado por selecção sequencial ascendente pelo método dos quadrados mínimos para regressão curvilinear sem repetições usando o procedimento STEP de Statgraphics (Anónimo 1989). Sempre que as estimativas dos parâmetros eram não significativas para uma probabilidade de erro tipo I  $\alpha=0.05$  o ajustamento era repetido, retirando o/os os termos correspondentes.

A aceitação dos ajustamentos ao modelo de Weibull foi feita pelo exame dos valores estimados para  $x_u$  ou  $x_0$  e dos modelos polinomiais pelo exame da estimativa de  $a$  e se, para valores crescentes de  $x$ , os valores estimados de  $F_x$  eram sempre crescentes. Sempre que o modelo polinomial não era aceite repetiu-se o ajustamento retirando o termo cujo coeficiente era menos significativo.

Apesar do somatório dos desvios quadrados de cada amostra não variar com o modelo a ajustar, ao contrário do que acontecia na modelação da distribuição de tamanhos (§ 6.3.2), mantivemos como critério de comparação de modelos o valor do coeficiente de determinação ajustado  $R^2_{aj}$  a par com o número de coeficientes e a qualidade dos modelos e coeficientes avaliada para os modelos pelos três níveis de qualidade crescente adoptados anteriormente ( $M1$  modelos significativos para  $\alpha=0.05$ ,  $M2$  para  $\gamma_m=2$  e  $M3$  para  $\gamma_m=3$ , considerando  $\alpha=0.05$ ) e para os coeficientes por cinco níveis ( $C0$  coeficientes não

significativos para  $\alpha_C=0.05$ , C1 coeficientes significativos para  $\alpha_C=0.05$ , C2 para  $\alpha_E=0.05$  e para  $\alpha=0.05$ , C3 para  $\gamma_m=2$  e C4 para  $\gamma_m=3$ ).

À partida, dada a existência de três tipos de sementes (totais, iso e anisodiamétricas), duas profundidades (0-20 cm e 0-10 cm), dois momentos (pré e pós-mobilização), nove pontos de amostragem e 11 classes de tamanho (todos os tamanhos e cada um dos dez crivos), havia 891 amostras e o mesmo número de ajustamentos a realizar para cada um dos quatro modelos.

Um exame preliminar das amostras revelou que nas classes de tamanho correspondentes aos crivos 0.710 mm, 0.850 mm e 2.380 mm havia muito poucas profundidades com sementes (inviabilizando o ajustamento dos modelos a não ser, eventualmente, pelo recurso a *splines*) pelo que optámos por juntar numa classe todas as sementes retidas pelo crivo de malha 0.710 mm e maior, reduzindo assim o número para 729 amostras.

O exame destas amostras revelou que nalguns casos continuava a só haver sementes numa ou duas profundidades ou então, num número importante de casos havia profundidades intermédias em que não havia sementes. Quando isso acontecia qualquer ajustamento iria necessariamente permitir estimar abundâncias de sementes para profundidades desses intervalos que à partida sabíamos não terem sementes. Por esse motivo, amostras nas condições que acabámos de descrever foram igualmente retiradas. A alternativa para a ausência de sementes em profundidades intermédias poderia passar, não fora o reduzido número de itens, por ajustamentos separados.

Ficámos assim com um total de 643 amostras, um número ainda demasiado elevado para que todas fossem ajustadas aos quatro modelos. Consequentemente, para cada tipo de semente e classe de tamanho escolhemos de forma aleatória e independente 2 amostras considerando 0-20 cm e 1 amostra considerando 0-10 cm, do que resultaram 80 amostras para comparação e selecção de modelos por, após as eliminações referidas acima, só haver uma amostra em sementes anisodiamétricas retidas no crivo de malha 0.710 mm ou maior para 0-20 cm.

### 9.2.2 Selecção de modelos

Considerando as 80 amostras seleccionadas, foi sempre possível ajustar modelos de Weibull e polinomiais tal como expressos em (9.1), (9.2), (9.3) e (9.4), só sendo possível em 91% das amostras no modelo polinomial expresso em (9.5) e (9.6). Por essa razão e pelo relativamente baixo valor médio do coeficiente de determinação ajustado (0.890) o modelo polinomial com  $F_x$  logaritmicado foi rejeitado.

Quanto ao modelo de Weibull com três parâmetros, os resultados obtidos dificilmente permitem aceitá-lo. De facto tomando como referência as distribuições de  $F$  ou de  $t$  como sugerido em Draper e Smith (1981), 14% dos modelos e 78% dos coeficientes seriam não significativos para uma probabilidade de erro tipo I  $\alpha=0.05$ . Adicionalmente, 87% das estimativas de  $x_u$  eram negativas, o que implicava que a profundidade a que o número de

sementes era estritamente não nulo seria acima do solo.

A mesma percentagem de amostras tinham intervalos de confiança de 95% para as estimativas de  $x_u$  incluindo o valor zero e só 65% das amostras tinham estimativas de  $x_u$  positivas com intervalos de confiança de 95% excluindo o valor zero. Uma possível solução poderia envolver um processo de garantir uma localização positiva para  $x_u$  tal como proposto por Green *et al.* (1994). No entanto, dado tratar-se de uma distribuição acumulada é razoável admitir que acima do solo e até à profundidade 0 cm a proporção de sementes é necessariamente zero, pelo que seria razoável fazer  $x_u=0$  *a priori*. Por este conjunto de razões o modelo de Weibull com três parâmetros foi igualmente rejeitado apesar dos elevados valores de  $R^2_{aj}$  que geralmente apresentava, passando a investigar-se o modelo de Weibull com dois parâmetros expresso em (9.2), equivalente, como vimos anteriormente (§ 6.1.3), ao modelo de Rosin-Rammler.

Considerando o modelo de Weibull com dois parâmetros, os coeficientes de determinação ajustados tinham em média um valor de 0.986, compreendidos entre  $R^2_{aj}=0.866$  (segundo mínimo de  $R^2_{aj}=0.903$ ) e  $R^2_{aj}=1.000$ . Em contrapartida no modelo polinomial a média dos coeficientes de determinação ajustados era de 0.988, entre  $R^2_{aj}=0.905$  (segundo mínimo de  $R^2_{aj}=0.935$ ) e  $R^2_{aj}=1$ . Apesar da quase igualdade da média dos valores de  $R^2_{aj}$ , em 61% das amostras o modelo polinomial apresentava valores superiores e só em 39% valores inferiores aos do modelo de Weibull.

No que diz respeito à qualidade do modelo de Weibull, 5% das amostras estavam no nível M1, 5% no M2, 89% no M3 e 1% seria não significativa para uma probabilidade de erro tipo I  $\alpha=0.05$ ; em contrapartida, no modelo polinomial todas as amostras estavam no nível M3.

Passando aos coeficientes, no modelo de Weibull 9% pertenciam ao nível C0, 7% ao C1, 6% ao C2, 9% ao C3 e 69% ao C4 enquanto no polinomial 2% pertenciam ao C1, 11% ao C2, 6% ao C3 e 81% ao C4. Além disso, em 23% dos ajustamentos as estimativas de  $x_0$  não foram aceites.

O número de coeficientes necessários para ajustar os modelos é fixo e igual a dois no de Weibull, mas no polinomial 59% dos ajustamentos foram conseguidos com um coeficiente, 35% com dois e 6% com três.

Em resumo, o modelo polinomial surge quase sempre como preferível ao de Weibull com dois parâmetros. Um motivo adicional para seleccionar o modelo polinomial prende-se com a própria estrutura dos modelos em comparação. O modelo de Weibull com dois parâmetros expresso em (9.2) implica necessariamente que à superfície ( $x=0$ ) o número de sementes seja nulo; em contrapartida, o modelo polinomial apresenta maior flexibilidade, com o número de sementes à superfície a só ser nulo quando a estimativa do coeficiente  $a$  em (9.3) e (9.4) for não significativa para uma probabilidade de erro tipo I  $\alpha=0.05$  (se a estimativa for significativa e negativa o modelo não é aceite).

Apesar das vantagens enumeradas, o modelo polinomial tal como expresso em (9.3) e (9.4) não irá ser utilizado por razões que se prendem com as equações obtidas.



Como vimos acima, 59% dos ajustamentos foram conseguidos com um coeficiente e 35% com dois. No entanto, em 89% dos casos em que só um coeficiente era necessário (52% de todas as amostras) a equação resultante era do tipo

$$F_x = b x \quad (9.7)$$

e em 21% dos casos em que dois coeficientes eram necessários (8% de todas as amostras) a equação resultante era do tipo

$$F_x = a + b x \quad (9.8)$$

ou seja, a aceitação do modelo polinomial expresso em (9.3) e (9.4) implica que qualquer que fosse a profundidade ou o intervalo de profundidade, a frequência não acumulada de sementes seria idêntica em 60% das amostras, a única excepção sendo a superfície ( $x=0$  ou  $x=a$ ), resultado de difícil aceitação tendo em conta não só o senso comum como os trabalhos referidos no capítulo anterior. Daí termos adoptado o modelo de Weibull com dois parâmetros descrito em (9.2) para caracterizar a distribuição vertical de frequências.

### 9.3 DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DO NÚMERO DE SEMENTES PRÉ-MOBILIZAÇÃO

Considerando a totalidade das 643 amostras e a forma do modelo de Weibull adoptada, os coeficientes de determinação ajustados tinham em média um valor de 0.992, estando compreendidos entre  $R^2_{aj}=0.866$  (segundo mínimo de  $R^2_{aj}=0.903$ ) e  $R^2_{aj}=1.000$ , ou seja essencialmente idêntico ao grupo de 80 amostras ajustadas anteriormente (§ 9.2.2).

No que diz respeito à 'qualidade' do modelo, 8% das amostras estavam no nível  $M1$ , 10% no  $M2$ , 85% no  $M3$  e 1% não significativa para uma probabilidade de erro tipo I  $\alpha=0.05$ ; quanto aos coeficientes, 9% pertenciam ao nível  $C0$ , 9% ao  $C1$ , 9% ao  $C2$ , 10% ao  $C3$  e 63% ao  $C4$ , não tendo sido aceites as estimativas de  $x_0$  em 22% dos ajustamentos, resultados que no conjunto são consistentes com os obtidos para o grupo de amostras utilizadas na selecção de modelos (§ 9.2.2).

Apesar de globalmente os resultados serem bastante bons, são de referir diferenças importantes nos ajustamentos para intervalos de profundidade 0-20 cm e 0-10 cm, sobretudo na qualidade dos ajustamentos já que nos coeficientes de determinação ajustados pouca ou nenhuma diferença existe.

Assim, para amostras 0-20 cm (pré e pós-mobilização) 99% dos modelos estavam no nível  $M3$  e 93% dos coeficientes no nível  $C4$ , enquanto em 0-10 cm (pré e pós-mobilização) os valores eram respectivamente 59% e 31%. Considerando modelos e coeficientes não significativos para  $\alpha=0.05$ , em 0-20 cm (pré e pós-mobilização) nenhum modelo era não significativo e menos de 1% dos coeficientes eram não significativos; em 0-10 cm (pré e

pós-mobilização) 2% dos modelos e 19% dos coeficientes (com especial incidência em  $m$ ) podiam ser considerados não significativos. Em contrapartida, 26% das estimativas de  $x_0$  não eram aceites em 0-20 cm contra apenas 16% em 0-10 cm.

Em resumo, os ajustamentos das amostras 0-10 cm surgem com menor qualidade que os das amostras 0-20 cm, com as equações obtidas, particularmente em 0-10 cm, a deverem ser usadas para interpolação, com a análise dos coeficientes a exigir alguns cuidados especiais.

### 9.3.1 Parâmetros do modelo de Weibull pré-mobilização

Iremos agora analisar valores estimados para os parâmetros  $x_0$  e  $m$ , considerando separadamente as sementes consoante a forma, classes de tamanho e intervalo de profundidade, não usando as amostras cujos modelos eram não significativos para uma probabilidade de erro tipo I  $\alpha=0.05$  nem as amostras cujos coeficientes não foram aceites ou não eram significativos para a mesma probabilidade de erro tipo I.

De acordo com estes critérios calculou-se o valor médio das estimativas de  $x_0$  para as sementes totais, iso e anisodiamétricas em 0-20 cm 0-10 cm. Relembrando o significado deste parâmetro, e tendo em conta que na forma adoptada do modelo de Weibull  $x_u=0$ ,  $x_0$  será a profundidade correspondente a 0.63 da distribuição acumulada de sementes (§ 6.1.3).

O valor médio obtido para 0-20 cm em sementes totais foi 9.9 cm, em isodiamétricas 8.1 cm e em anisodiamétricas 11.2 cm, indicando uma localização preferencialmente superficial das sementes já que 0.63 deste intervalo de profundidade corresponde a 12.6 cm. No entanto, é igualmente clara a diferença entre formas, com sementes isodiamétricas a localizarem-se muito mais superficialmente que sementes anisodiamétricas.

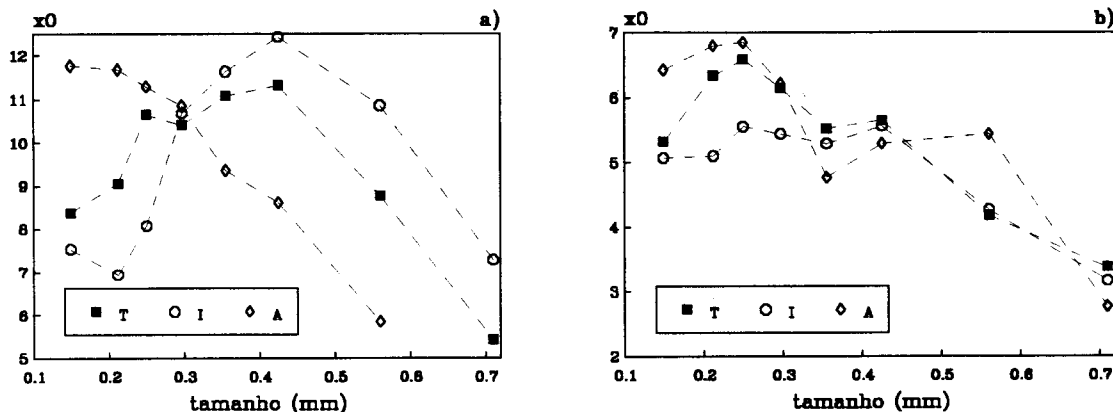
De forma análoga, o valor médio obtido para 0-10 cm em sementes totais foi 5.8 cm, em isodiamétricas 5.1 cm e em anisodiamétricas 6.5 cm, indicando neste intervalo uma localização preferencialmente superficial das sementes com excepção de sementes anisodiamétricas, já que 0.63 deste intervalo de profundidade corresponde a 6.3 cm.

É clara a diferença entre formas, com sementes isodiamétricas a localizarem-se muito mais superficialmente que sementes anisodiamétricas. Considerando não só a forma como as dimensões das sementes, avaliadas pelo malha do crivo em que foram retidas e combinando todas as sementes retidas nos crivos de malha 0.710 mm ou maior, ainda mais se evidenciam as diferenças entre a forma das sementes particularmente no intervalo 0-20 cm, como pode ser visto na figura 9.6.

Neste intervalo (figura 9.6a) a tendência geral parece ser semelhante em sementes totais e isodiamétricas, com afundamento progressivo associado ao aumento de tamanho até 0.425 mm seguido de um rápido decréscimo da profundidade para sementes maiores.

Em contrapartida, em sementes anisodiamétricas com o aumento de tamanho observa-se uma redução relativamente constante da profundidade a que se localizam. Além disso, sementes anisodiamétricas mais pequenas localizam-se mais profundamente que isodiamétricas do mesmo tamanho, com igualdade aproximada para sementes retidas no

crivo de malha 0.297 mm e inversão posterior.



**Figura 9.6** Valor médio em MITRA2 pré-mobilização, de  $x_0$  para sementes totais (T), isodiamétricas (I) e anisodiamétricas (A) em função das classes de tamanho em a) 0-20 cm, b) 0-10 cm.

No entanto, quando se considera o intervalo de profundidade 0-10 cm (figura 9.6b) as diferenças são menos marcadas e de natureza diferente; sementes totais e anisodiamétricas passam a ter um comportamento semelhante, caracterizado por um afundamento progressivo com o aumento de tamanho até 0.250 mm, seguido de um decréscimo de profundidade para sementes maiores.

Em contrapartida, em sementes isodiamétricas parece haver um ligeiro afundamento com o aumento de tamanho até 0.425 mm (como em 0-20 cm) seguido de um decréscimo de profundidade para sementes maiores.

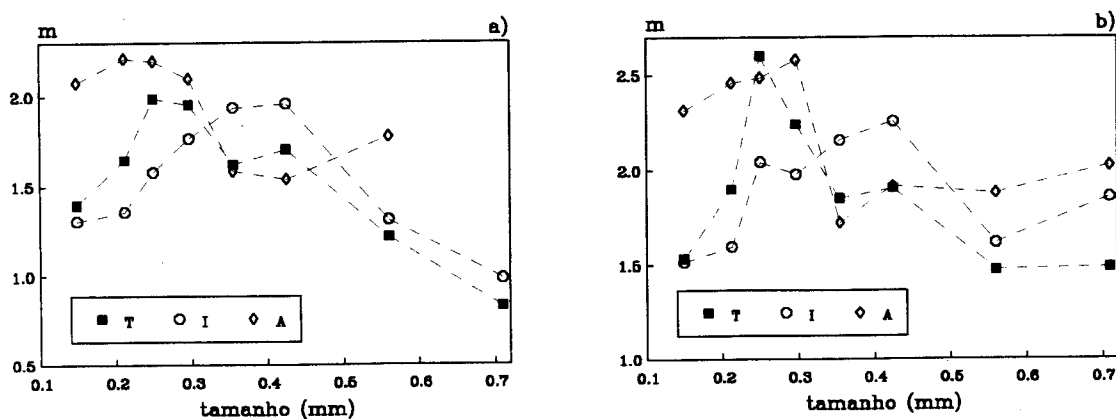
De acordo com os critérios referidos acima calculou-se o valor médio das estimativas de  $m$  para as sementes totais, iso e anisodiamétricas em 0-20 cm e 0-10 cm. Relembrando o significado deste parâmetro, no modelo de Weibull  $m < 3.259$  indicará distribuições positivamente assimétricas e  $m > 3.602$  distribuições negativamente assimétricas (§ 6.1.3).

O valor médio obtido para 0-20 cm em sementes totais foi 1.626, em isodiamétricas 1.301 e em anisodiamétricas 2.046, indicando uma localização preferencialmente superficial das sementes. No entanto, é igualmente clara a diferença entre formas, com sementes isodiamétricas a localizarem-se muito mais superficialmente que sementes anisodiamétricas.

De forma análoga, o valor médio obtido para 0-10 cm em sementes totais foi 1.812, em isodiamétricas 1.562 e em anisodiamétricas 2.278. De forma ainda mais marcada, é clara a diferença entre formas, com sementes isodiamétricas a localizarem-se muito mais superficialmente que sementes anisodiamétricas.

Na figura 9.7 apresentam-se os valores médios de  $m$  considerando não só a forma como as dimensões das sementes, avaliadas pelo malha do crivo em que foram retidas e combinando todas as sementes retidas nos crivos de malha 0.710 mm ou maior.

Do seu exame tiram-se essencialmente as mesmas conclusões relativamente à forma e ao tamanho que do exame da figura 9.6. No entanto, a forma menos nítida como o parâmetro  $m$  parece reflectir aquelas diferenças, eventualmente devido à sua muito menor precisão, justifica não o utilizar quando tratarmos dos efeitos das mobilizações.



**Figura 9.7** Valor médio em MITRA2 pré-mobilização de  $m$  para sementes totais ( $T$ ), isodiamétricas ( $I$ ) e anisodiamétricas ( $A$ ) em função das classes de tamanho em a) 0-20 cm, b) 0-10 cm.

De referir que, particularmente em 0-20 cm, parece evidente uma localização mais profunda de sementes anisodiamétricas até às retidas pelo crivo de malha 0.250 mm, sugerindo que ao contrário da convicção generalizada, sementes isodiamétricas não têm necessariamente mais facilidade em descer e portanto a contradição referida no § 7.5 poderá não ser uma criação do modelo adoptado.

### 9.3.2 Distribuição de abundância de sementes pré-mobilização

No âmbito do estudo do efeito de mobilizações na distribuição vertical do número de sementes, a situação pré-mobilização fornece não só um termo de referência como pode ser considerada, nas condições do local em que o estudo foi feito, como a situação correspondente a mobilização nula.

Assim, iremos examinar a distribuição vertical de sementes pré-mobilização calculando, a partir das equações obtidas pelo ajustamento do modelo de Weibull expresso em (9.2), a proporção acumulada de sementes a intervalos de 0.1 cm, intervalos demasiado pequenos para serem considerados em amostragem do banco de sementes do solo.

Fá-lo-emos em primeiro lugar para sementes totais, iso e anisodiamétricas para investigar se a forma das sementes deverá ser considerada em estudos deste tipo. Em segundo lugar, dentre as sementes totais, iso e anisodiamétricas, iremos considerar as classes de tamanho definidas pelos crivos em que as sementes ficaram retidas para investigar se o tamanho das sementes deverá ser considerado em estudos deste tipo.

Adicionalmente, examinaremos em separado os intervalos de profundidade 0-20 cm e 0-10 cm, em virtude da profundidade de trabalho na lavoura e escarificação corresponder ao primeiro intervalo e a da gradagem corresponder ao segundo.

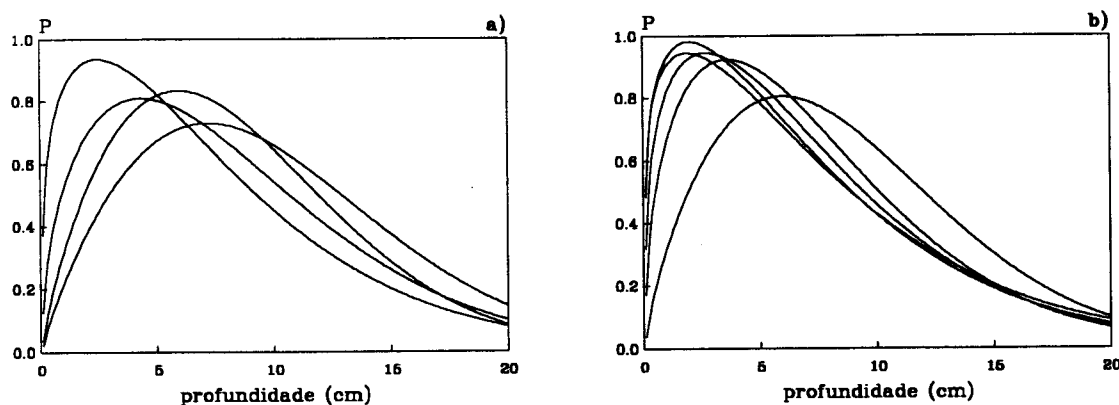
Os resultados serão sempre apresentados após transformação das distribuições acumuladas em não acumuladas para, ao menos graficamente, evidenciar melhor as diferenças e semelhanças. Toda a análise numérica subsequente será feita com base nos valores não acumulados, para intervalos de 0.1 cm, assumindo-se esta como aproximadamente contínua.

A análise numérica dos dados não acumulados envolverá o ajustamento de modelos de regressão forçados à origem pelo método dos mínimos quadrados por regressão sequencial ascendente usando os procedimentos de StatgraphicsPlus (Anónimo 1998), considerando um modelo polinomial incluindo a profundidade até ao quarto grau, as 9 variáveis mudas necessárias para a separação dos pontos de amostragem e todas as interações entre os termos profundidade e variáveis mudas, num total de no máximo 49 variáveis candidatas.

Todas as conclusões relativas a diferenças entre pontos de amostragem, quer para 0-20 cm quer para 0-10 cm, referem-se a distribuições verticais, não acumuladas, da proporção de sementes e resultam do ajustamento de modelos polinomiais tal como acabaram de ser descritos. No entanto, usaremos igualmente para 0-20 cm e para 0-10 cm, de acordo com os ajustamentos do modelo de Weibull, a profundidade à qual se obtém 50% da distribuição acumulada de sementes, a que chamaremos  $P_{50}$ .

9.3.2.1 Pré-mobilização, 0-20 cm. Correspondendo à profundidade máxima amostrada pré e pós-mobilização em MITRA2, o intervalo 0-20 cm servirá como referência para a não-mobilização e como termo de comparação para duas das modalidades de mobilização, nomeadamente lavoura e escarificação.

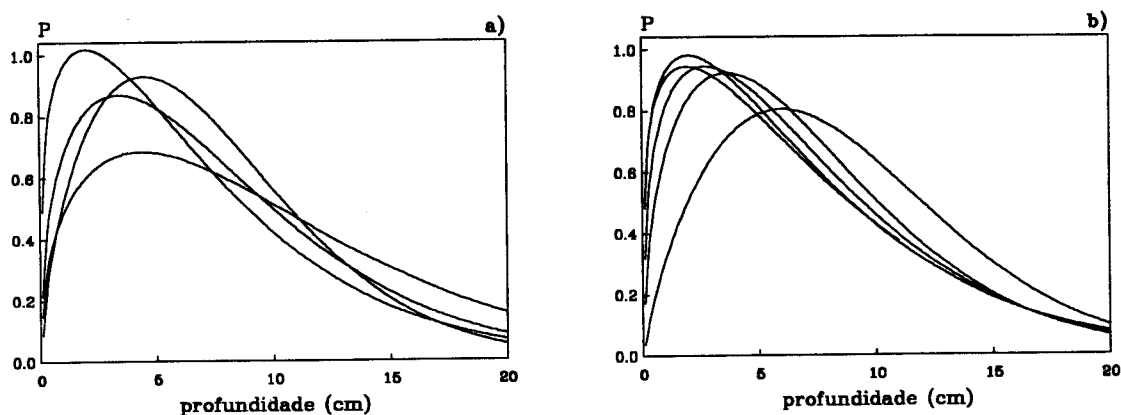
9.3.2.1.1 Sementes totais. Em todas as sementes totais (soma das sementes iso e anisodiamétricas de todas as classes de tamanho) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=1809$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.041$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.8 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.8** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de todas as sementes totais em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em todas as sementes totais  $P_{50}$  está compreendida entre 5.9 cm e 9.7 cm, com uma média de 7.8 cm e, apesar das diferenças existentes entre as distribuições, o exame da figura 9.8 torna evidente a localização preferencial de todas as sementes totais perto da superfície, com uma cauda mais ou menos pronunciada para a direita.

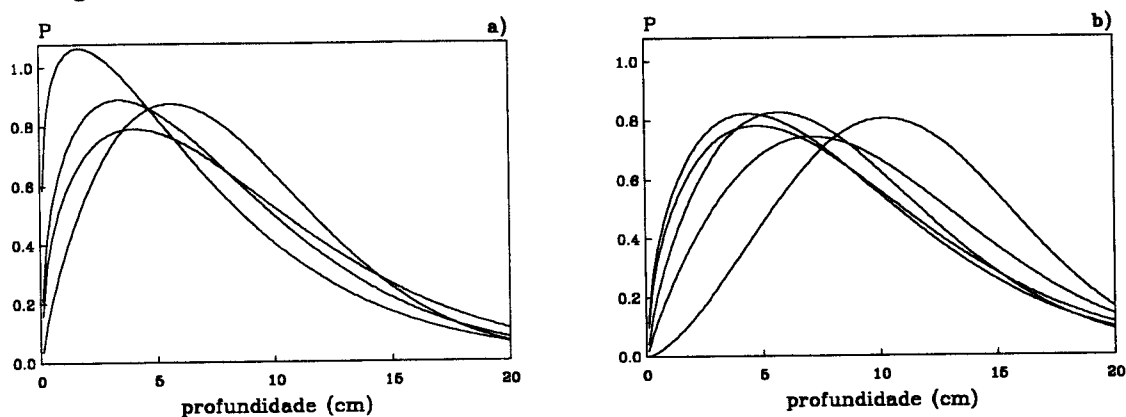
Em sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (19% das sementes totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.994$ ,  $n=1809$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.034$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.9 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.9** Distribuição não acumulada em porcentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.149 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 5.4 cm e 8.3 cm, com uma média de 6.5 cm, e apesar das diferenças existentes entre as distribuições, o exame da figura 9.9 torna evidente a localização preferencial das sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.149 mm perto da superfície, de forma mais marcada que em todas as totais, com uma cauda mais ou menos pronunciada para a direita.

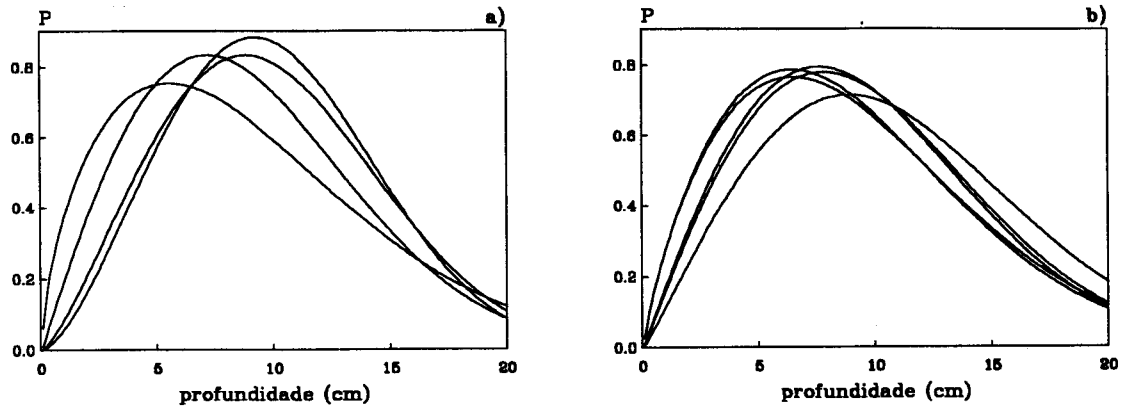
Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (33% das sementes totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.997$ ,  $n=1809$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.030$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.10 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.10** Distribuição não acumulada em porcentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.212 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 5.2 cm e 10.8 cm, com uma média de 7.6 cm. O exame da figura 9.10 torna evidente a existência de maiores diferenças entre amostras, com uma razoável variabilidade na localização das sementes, com pontos de amostragem a apresentarem uma clara localização superficial com cauda para a direita e outros com tendência para maior afundamento e distribuição quase simétrica.

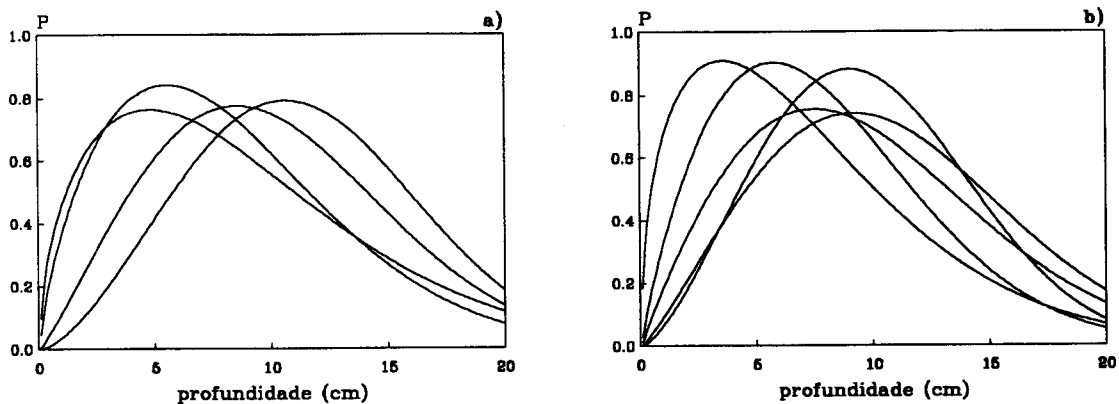
Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (25% das sementes totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}>0.999$ ,  $n=1809$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.001$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.11 as distribuições dos 9 pontos.



**Figura 9.11** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.250 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 8.1 cm e 10.3 cm, com uma média de 9.2 cm e, apesar das diferenças entre as distribuições, o exame da figura 9.11 torna evidente a localização preferencial das sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.250 mm bastante menos perto da superfície que nas classes de tamanho anteriores, com uma tendência geral para distribuições quase simétricas.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (11% das sementes totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=1809$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.029$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.12 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.

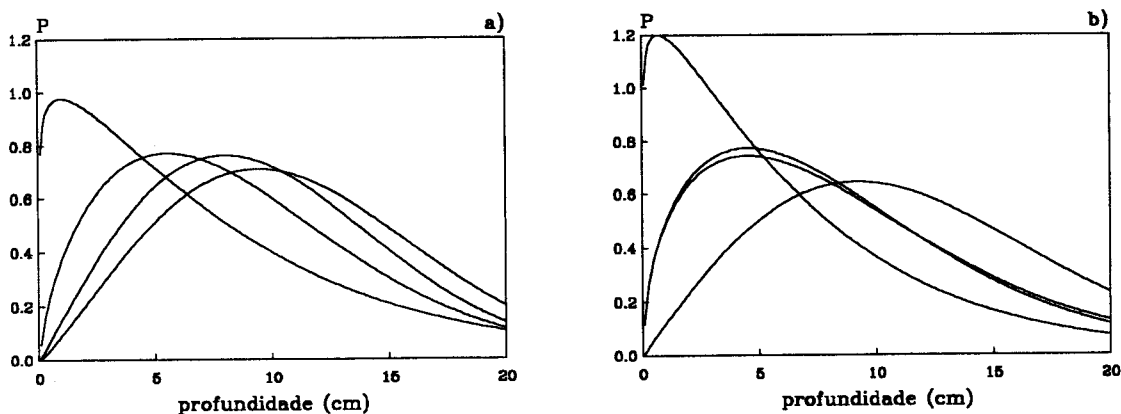


**Figura 9.12** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.297 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 6.3 cm e 11.2 cm, com uma média de 8.7 cm. O exame da figura 9.12 torna evidente a existência de diferenças entre amostras, tendência para uma localização mais superficial das sementes totais, com pontos de amostragem a apresentarem uma clara cauda para a direita e pontos de amostragem quase simétricos. Globalmente, parece haver uma inversão da tendência de afundamento progressivo das sementes totais com o aumento do tamanho.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (4% das sementes totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.995$ ,  $n=1809$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.010$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.13 as distribuições dos 9 pontos de

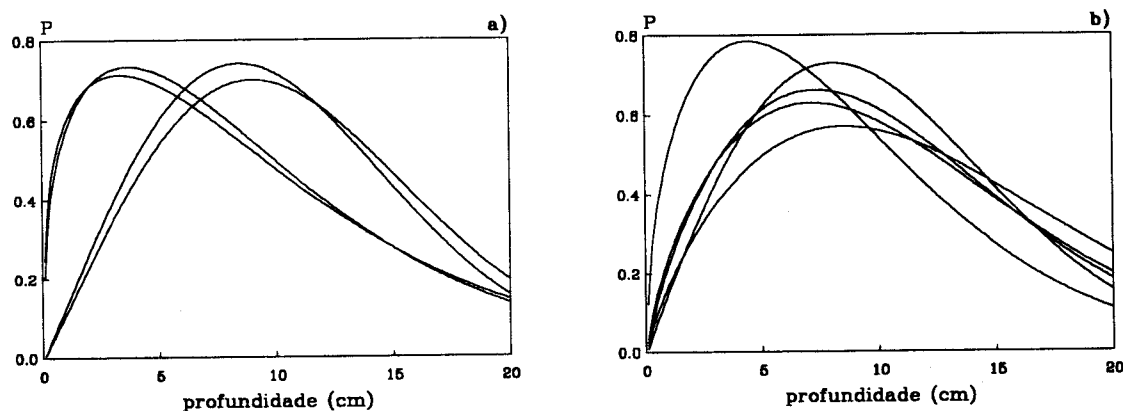
amostragem.



**Figura 9.13** Distribuição não acumulada em porcentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.355 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.9 cm e 10.9 cm, com uma média de 8.2 cm. O exame da figura 9.13 torna evidente a existência de diferenças entre amostras, de forma mais marcada que em casos anteriores, com tendência para localização muito superficial das sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.355 mm nalguns pontos de amostragem e mais profunda com distribuição quase simétrica noutros.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (4% das sementes totais) todos os pontos diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=1809$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.001$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.14 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



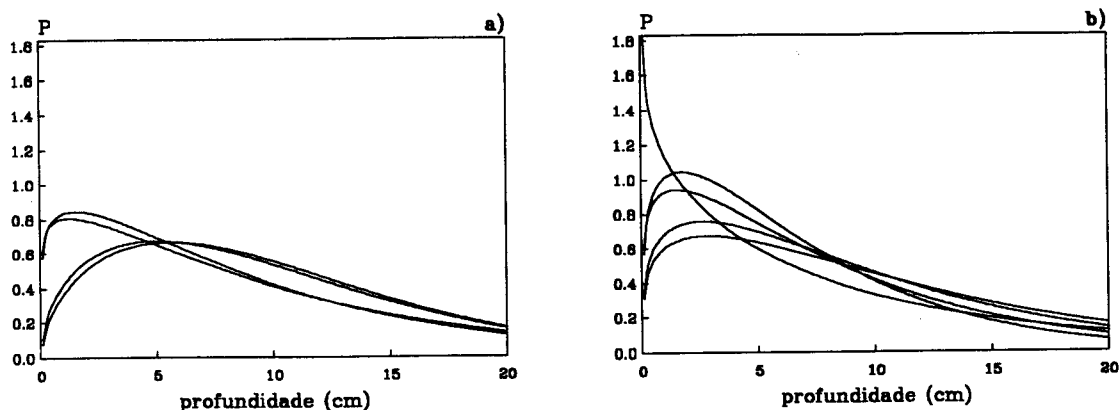
**Figura 9.14** Distribuição não acumulada em porcentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.425 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.4 cm e 11.2 cm, com uma média de 9.3 cm. O exame da figura 9.14 torna mais uma vez evidente a existência de diferenças entre amostras, reduzida tendência para localização superficial das sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.425 mm, com pontos de amostragem a apresentarem uma clara cauda para a direita e outros quase simétricos. Globalmente, surge uma inversão da tendência para "subida" das sementes com aumento de tamanho observada a partir das retidas pelo crivo de malha 0.297 mm.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (3% das sementes totais) todos



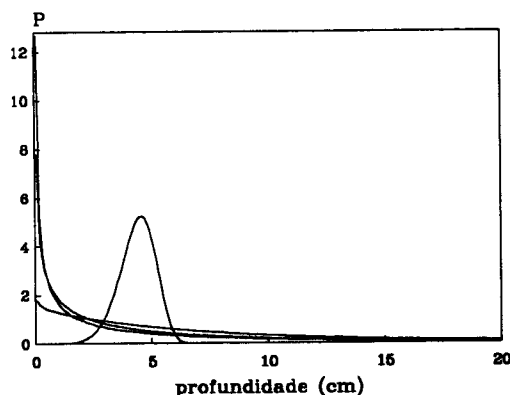
os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.988$ ,  $n=1809$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 9.15 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.15** Distribuição não acumulada em porcentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.560 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 5.3 cm e 8.8 cm, com uma média de 7.1 cm. O exame da figura 9.15 torna evidente a existência de grandes diferenças entre amostras, com tendência para a localização superficial das sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.560 mm. Globalmente, volta a haver tendência para a "subida" das sementes com o aumento de tamanho observada a partir das retidas pelo crivo de malha 0.297 mm e interrompida pelas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm.

Nos casos em que foi possível (ver § 9.2.1), nas sementes totais retidas nos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (2% das sementes totais) os pontos de amostragem  $E1$ ,  $E2$  e  $G1$  não diferem, ao contrário dos pontos  $L1$ ,  $L2$  e  $G3$  ( $R^2_{aj}=0.681$ ,  $n=1178$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 9.16 as distribuições das sementes totais dos 3 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.



**Figura 9.16** Distribuição não acumulada em porcentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelos crivos de malha 0.710 mm ou maior em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 2.0 cm e 4.7 cm, com uma média de 3.4 cm. O exame da figura 9.16 torna evidente a existência de grandes diferenças entre amostras, com tendência para a localização das sementes totais retidas no crivo 0.710 mm e superiores mais perto da superfície. Globalmente, mantem-se a tendência para a "subida" das sementes com aumento de tamanho, observada a partir das retidas no

crivo de malha 0.297 mm e interrompida pelas retidas no crivo de malha 0.425 mm.

Como conclusão diremos que, após pelo menos dez anos de pastagem natural sem mobilizações, a distribuição vertical do banco de sementes se caracteriza por uma localização preferencial das sementes perto da superfície, com tendência para distribuições progressivamente mais profundas com o aumento do tamanho, inversão desse afundamento a partir das retidas no crivo de malha 0.297 mm e superficialização crescente da distribuição das sementes para tamanhos maiores, sugerindo que a tendência para a localização em maiores profundidades com o aumento do tamanho poderá ser contrariado pela dificuldade desse movimento resultante do próprio tamanho das sementes.

Adicionalmente, enquanto as distribuições mais superficiais parecem estar associadas a assimetrias mais ou menos profundas, o afundamento parece resultar em distribuições tendencialmente simétricas.

De referir, também, a concordância geral entre as conclusões que acabámos de apresentar e as tiradas quando analisámos os valores médios dos parâmetros  $x_0$  e  $m$  do modelo de Weibull (§ 9.3.1).

Finalmente, de salientar não só a importância da consideração do tamanho das sementes, como a existência de diferenças significativas entre as distribuições dos vários pontos de amostragem, que se não impedem o reconhecimento de tendências gerais, impossibilitam a consideração de uma distribuição vertical de referência das sementes totais, pré-mobilização, 0-20 cm, com a qual comparar as distribuições resultantes da lavoura e escarificação.

9.3.2.1.2 Sementes isodiamétricas. Em todas as sementes isodiamétricas os pontos de amostragem  $E3$  e  $G2$  não diferem, ao contrário dos restantes ( $R^2_{aj}=0.989$ ,  $n=1809$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.009$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.17 as distribuições dos 7 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.

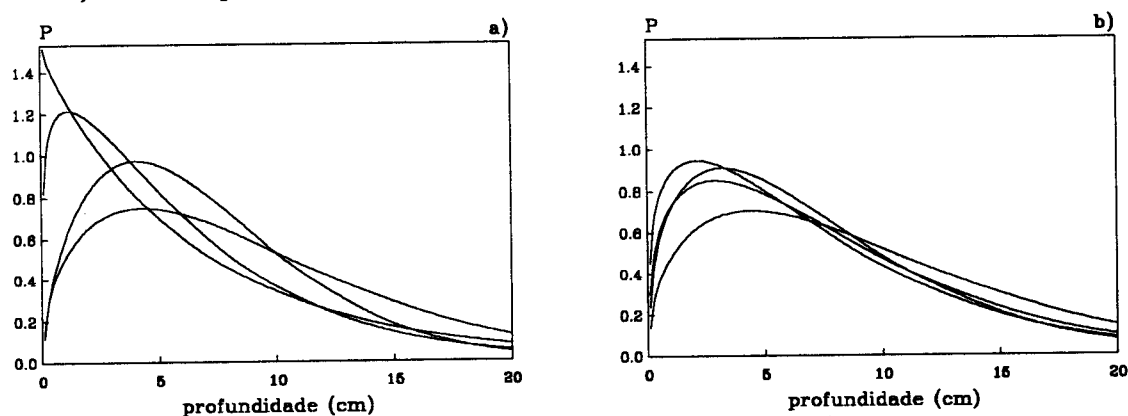
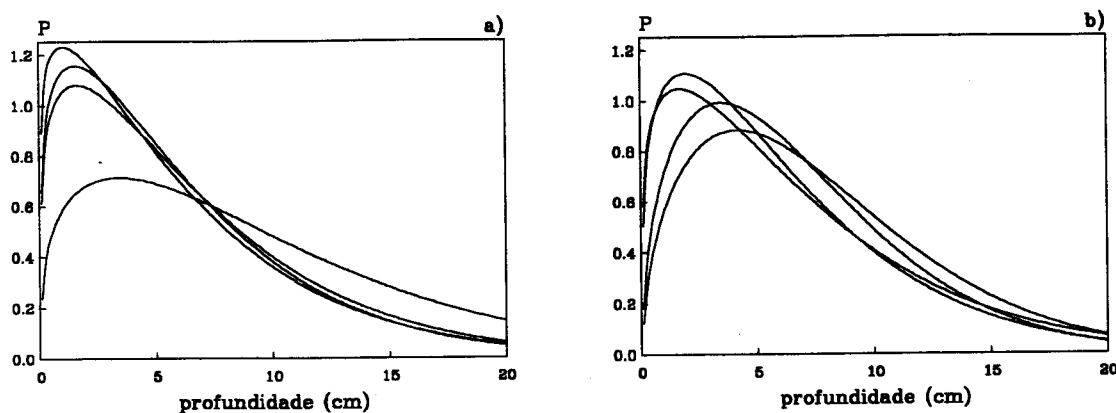


Figura 9.17 Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de todas as sementes isodiamétricas em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em todas as sementes isodiamétricas  $P_{50}$  está compreendida entre 4.6 cm e 8.1 cm, com uma média de 6.2 cm. O exame da figura 9.17 torna evidente a existência de grandes diferenças entre amostras, com tendência para a localização superficial de todas as sementes isodiamétricas, de forma mais pronunciada que em todas as totais.

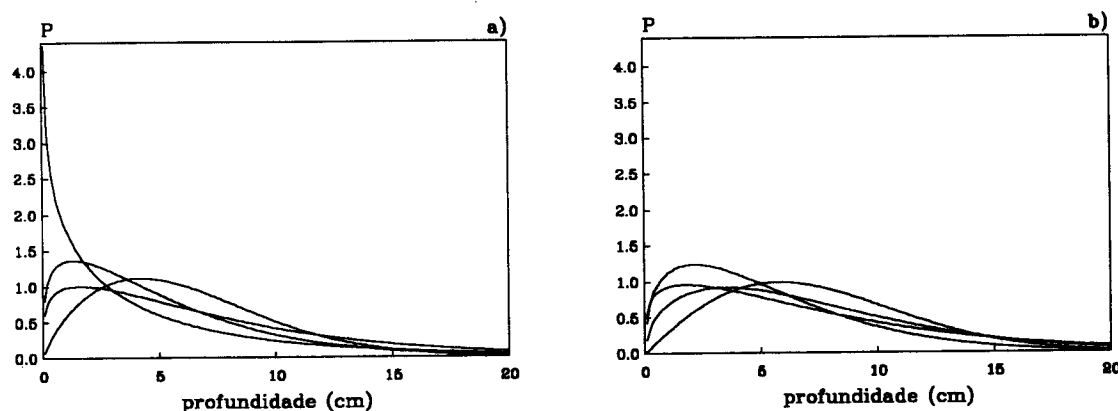
Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (33% das sementes isodiamétricas) os pontos de amostragem L1 e E2 não diferem, ao contrário dos restantes ( $R^2_{aj}=0.988$ ,  $n=1809$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.009$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.18 as distribuições dos 7 pontos diferentes e da média dos não diferentes.



**Figura 9.18** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.6 cm e 7.8 cm, com uma média de 5.6 cm e, apesar das diferenças existentes entre as distribuições, o exame da figura 9.18 torna evidente a localização superficial e assimétrica das sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm, de forma mais evidente que em todas as isodiamétricas e que em totais da mesma classe de tamanho.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (36% das sementes isodiamétricas) os pontos de amostragem E2 e G3 não diferem, ao contrário dos restantes ( $R^2_{aj}=0.975$ ,  $n=1809$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 9.19 as distribuições dos 7 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.

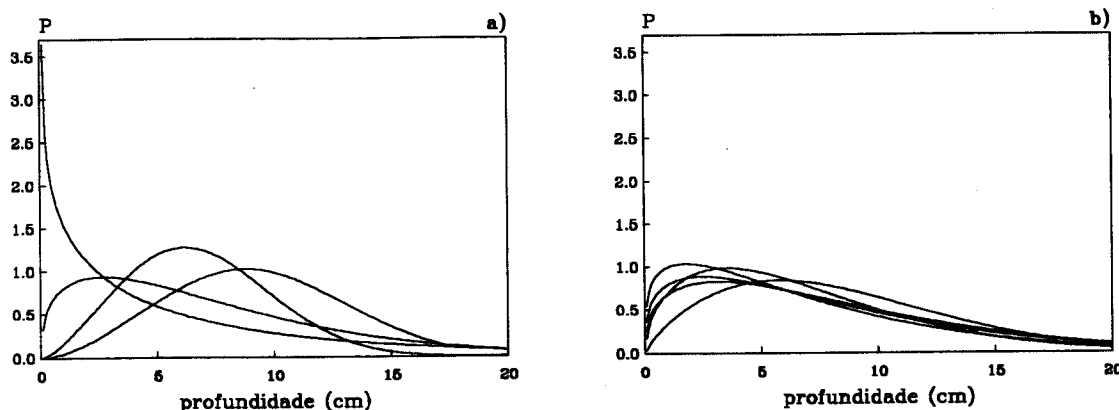


**Figura 9.19** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 2.9 cm e 7.0 cm, com uma média de 5.2 cm. O exame da figura 9.19 torna evidente a existência de diferenças entre amostras, de forma mais marcada que no caso anterior, com tendência para localização muito superficial das sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212

mm nalguns pontos de amostragem e mais profunda com distribuição quase simétrica noutros, mas sempre mais superficial que nas totais da mesma classe de tamanho.

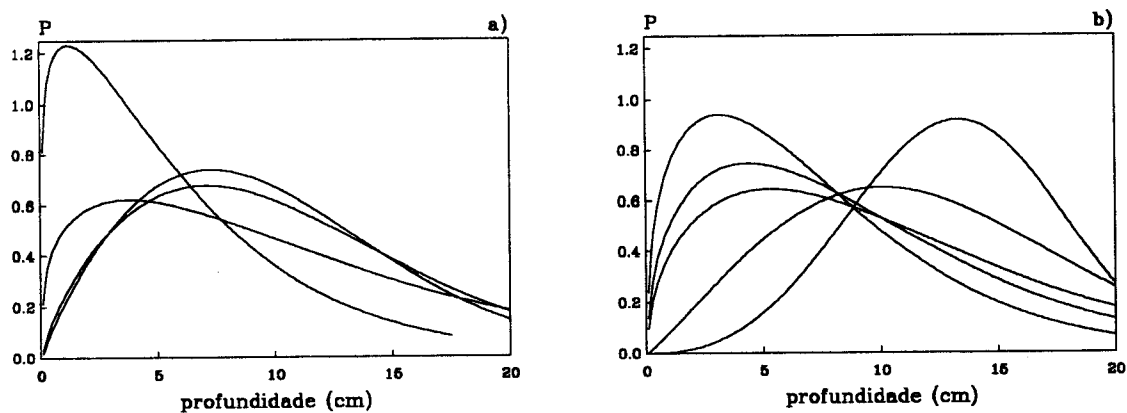
Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (8% das sementes isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.981$ ,  $n=1784$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.020$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.20 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.20** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.8 cm e 9.1 cm, com uma média de 6.4 cm. O exame da figura 9.20 torna evidente a existência de diferenças entre amostras, de forma semelhante ao caso anterior, com tendência para localização muito superficial das sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm nalguns pontos de amostragem e mais profunda com distribuição quase simétrica noutros, mas sempre mais superficial que nas totais da mesma classe de tamanho.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (4% das sementes isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.995$ ,  $n=1784$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.012$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.21 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.

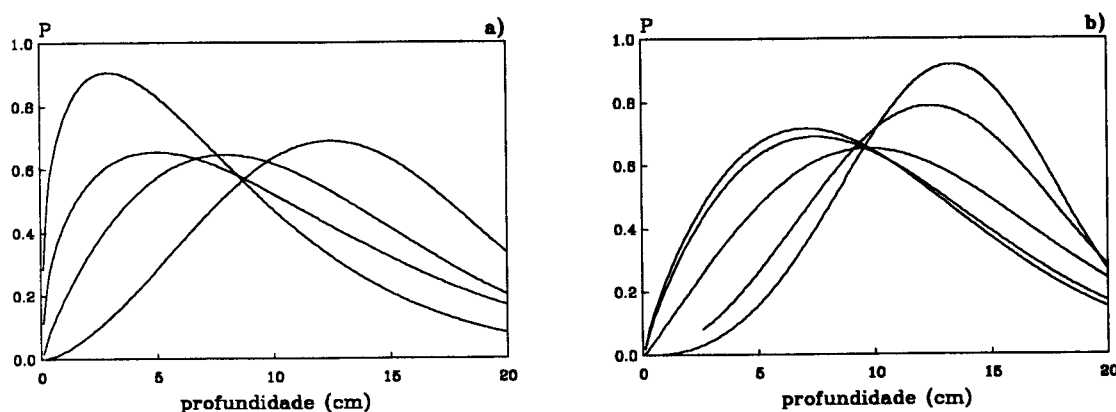


**Figura 9.21** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.6 cm

e 13.2 cm, com uma média de 8.8 cm. O exame da figura 9.21 torna evidente a existência de grandes diferenças entre amostras, com tendência para localização muito superficial e assimétrica com cauda para a direita das sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm nalguns pontos de amostragem e mais profunda com distribuição quase simétrica ou assimétrica com cauda para a esquerda noutros, nuns casos mais superficiais que nas totais da mesma classe de tamanho, noutros mais profundas. Globalmente parece retomar-se a tendência para o afundamento das sementes isodiamétricas com o aumento de tamanho, iniciada nas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (4% das sementes isodiamétricas) os pontos de amostragem *L3* e *E1* não diferem, ao contrário dos restantes ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=1784$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.031$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.22 as distribuições dos 7 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.

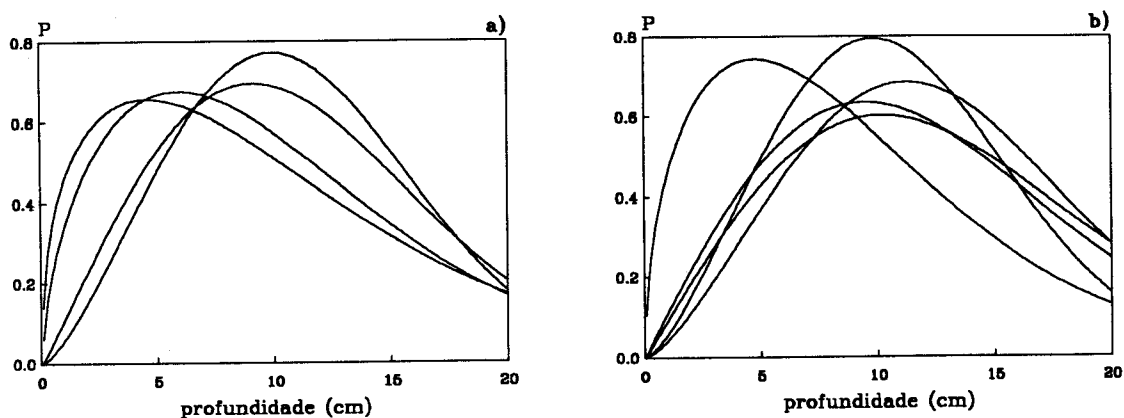


**Figura 9.22** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 6.2 cm e 13.0 cm, com uma média de 10.1 cm. O exame da figura 9.22 torna evidente a existência de grandes diferenças entre amostras, de forma semelhante ao caso anterior, com tendência para localização superficial e assimétrica com cauda para a direita das sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm nalguns pontos de amostragem e mais profunda com distribuição quase simétrica ou assimétrica com cauda para a esquerda noutros, mas sempre mais profunda que nas totais da mesma classe de tamanho, mantendo-se a tendência para o afundamento das sementes isodiamétricas com o aumento de tamanho, iniciada nas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (6% das sementes isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=1809$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.018$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.23 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.

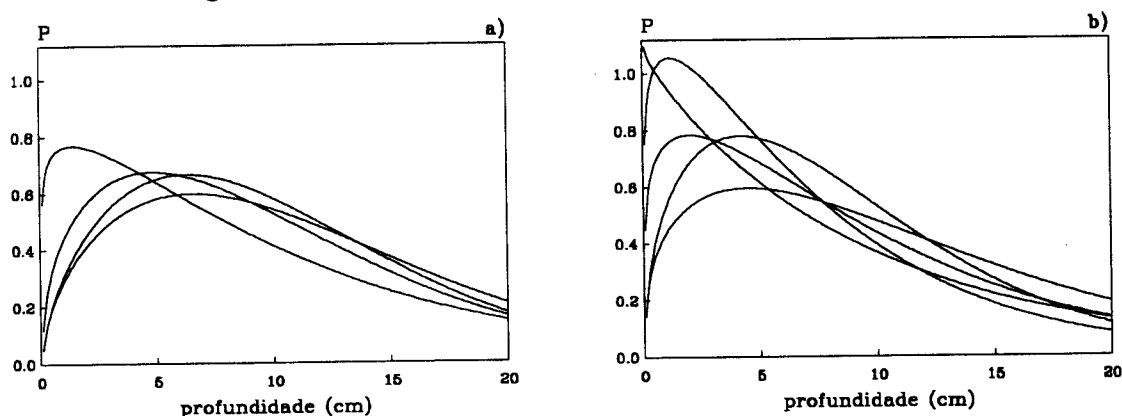
Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.8 cm e 12.1 cm, com uma média de 10.2 cm.



**Figura 9.23** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

O exame da figura 9.23 torna evidente a existência de grandes diferenças entre amostras, com tendência para localização superficial e assimétrica com cauda para a direita das sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm nalguns pontos de amostragem e mais profunda com distribuição quase simétrica noutros, mas sempre mais profunda, embora pouco, que nas totais da mesma classe de tamanho, parecendo haver uma estabilização na tendência para o afundamento das sementes isodiamétricas com o aumento de tamanho, iniciada nas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm.

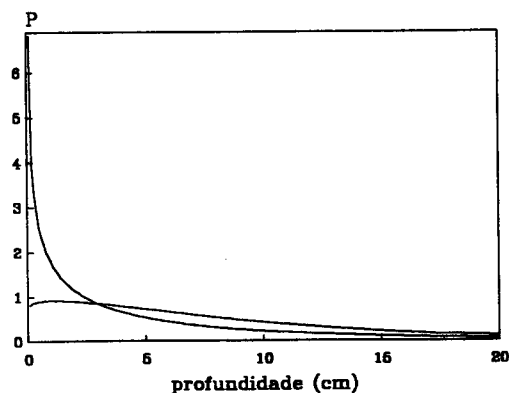
Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (6% das sementes isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.992$ ,  $n=1809$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.022$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.24 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.24** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 5.4 cm e 10.0 cm, com uma média de 7.9 cm e, apesar das diferenças existentes entre as distribuições, o exame da figura 9.24 torna evidente a localização mais superficial e geralmente assimétrica com cauda para a direita das sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm, com inversão da tendência para o afundamento das sementes isodiamétricas com o aumento de tamanho, iniciada nas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm e uma distribuição semelhante à das totais da mesma classe de tamanho.

Nos casos em que foi possível (ver § 9.2.1), nas sementes isodiamétricas retidas nos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (2% das sementes isodiamétricas) os pontos de amostragem *E1* e *G1* não diferem entre si mas diferem do ponto *L2* ( $R^2_{aj}=0.875$ ,  $n=578$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.013$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.25 as distribuições do ponto de amostragem diferente e da média dos não diferentes.



**Figura 9.25** Distribuição não acumulada em percentagem (*P*) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelos crivos de malha 0.710 mm ou maior em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 2.7 cm e 6.2 cm, com uma média de 4.4 cm. O exame da figura 9.25 torna evidente a existência de grandes diferenças entre as amostras com tendência para a localização das sementes isodiamétricas retidas no crivo 0.710 mm e superiores mais perto da superfície, ligeiramente acima das totais da mesma classe de tamanho. Mantem-se a tendência para subida com o aumento de tamanho observada a partir das retidas no crivo de malha 0.560 mm.

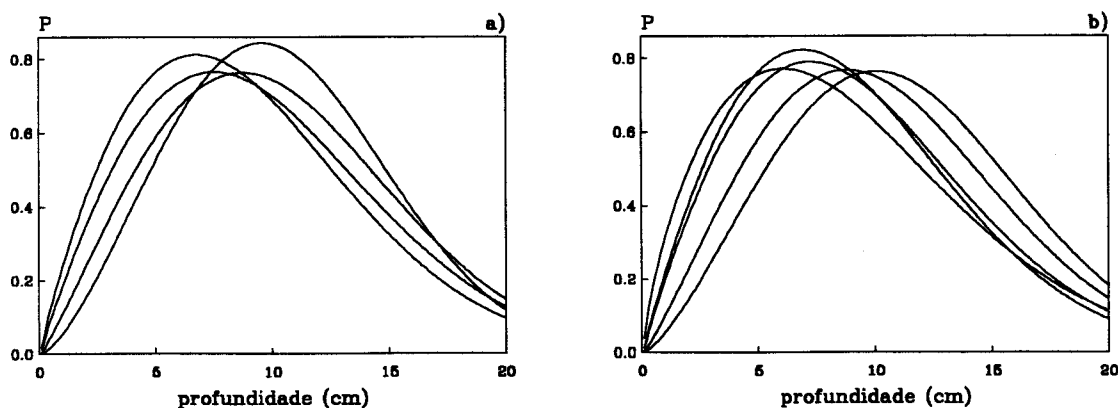
Como conclusão diremos que, após pelo menos dez anos de pastagem natural sem mobilizações, a distribuição vertical do banco de sementes isodiamétricas se caracteriza por uma localização preferencial das sementes perto da superfície, com pequenas diferenças nas duas classes de tamanho menores e tendência para distribuições progressivamente mais profundas com o aumento do tamanho, estabilização desse afundamento nas retidas pelos crivos de malha 0.355 mm e 0.425 mm e superficialização crescente da distribuição das sementes para aumentos subsequentes, sugerindo que a tendência para afundamento com o aumento do tamanho poderá ser contrariado pela dificuldade desse movimento resultante do próprio tamanho das sementes.

Adicionalmente, o afundamento parece estar associado à manutenção de distribuições assimétricas, mas com cauda para a esquerda. De referir também a concordância geral entre as conclusões que acabámos de apresentar e as tiradas quando analisámos os valores médios dos parâmetros  $x_0$  e  $m$  do modelo de Weibull (§ 9.3.1).

Finalmente, de salientar as diferenças entre as distribuições de sementes isodiamétricas e totais, sugerindo a importância da consideração não só do tamanho como também da forma, bem como a existência de diferenças significativas entre as distribuições dos vários pontos

de amostragem que, tal com para totais, impossibilitam a consideração de uma distribuição vertical de referência das sementes isodiamétricas, pré-mobilização, 0-20 cm, com a qual comparar as distribuições resultantes da lavoura e escarificação.

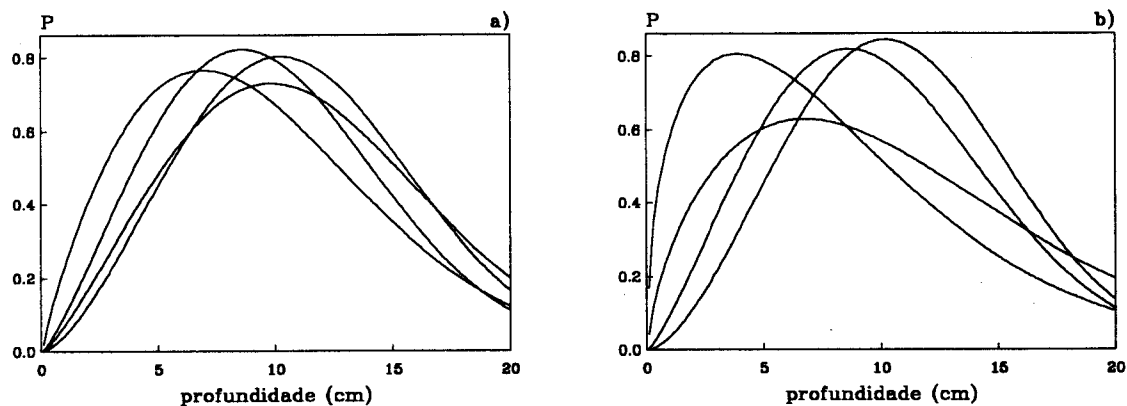
9.3.2.1.3 Sementes anisodiamétricas. Em todas as sementes anisodiamétricas todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=1809$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 9.26 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.26** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de todas as sementes anisodiamétricas em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em todas as sementes anisodiamétricas  $P_{50}$  está compreendida entre 8.2 cm e 10.8 cm, com uma média de 9.2 cm e, apesar das diferenças existentes entre as distribuições, o exame da figura 9.26 torna evidente a distribuição tendencialmente simétrica de todas as sementes anisodiamétricas e, como seria de esperar, mais profunda que todas as totais e, naturalmente, que todas as isodiamétricas.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (7% das sementes anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem que foi possível investigar (ver § 9.2.1) diferem ( $R^2_{aj} = 0.999$ ,  $n=1608$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes, sem  $L1$ ), apresentando-se na figura 9.27 as distribuições dos 8 pontos de amostragem.



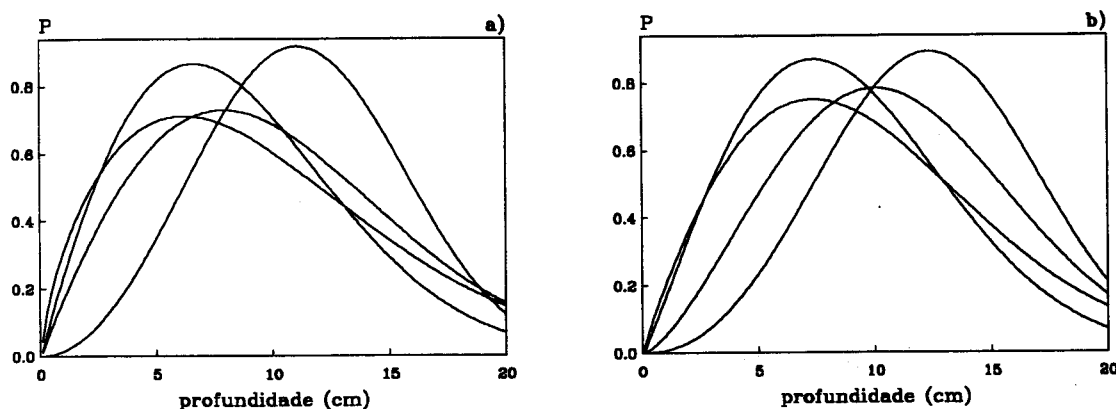
**Figura 9.27** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.1 cm e 10.8 cm, com uma média de 9.6 cm. O exame da figura 9.27 torna evidente as



diferenças entre amostras, com tendência para distribuição simétrica das sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm e, como seria de esperar, mais profunda que totais e, naturalmente, que isodiamétricas da mesma classe de tamanho.

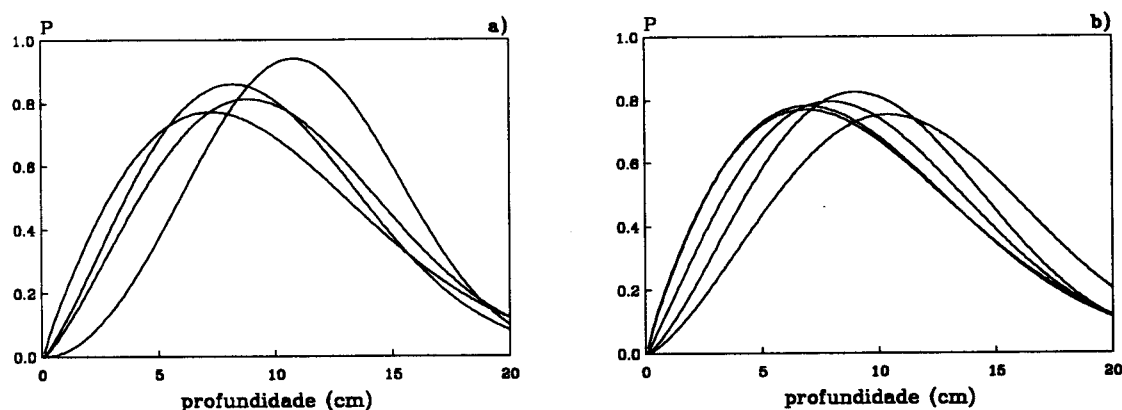
Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (30% das sementes anisodiamétricas) os pontos de amostragem *E1* e *E3* não diferem, ao contrário dos restantes ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=1809$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.002$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.28 as distribuições dos 7 pontos de amostragem diferentes.



**Figura 9.28** Distribuição não acumulada em percentagem (*P*) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 8.0 cm e 12.4 cm, com uma média de 9.8 cm. O exame da figura 9.28 torna evidente as diferenças entre amostras, com tendência para distribuição simétrica das sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm e, como seria de esperar, mais profunda que totais e isodiamétricas da mesma classe de tamanho, bem como que anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm.

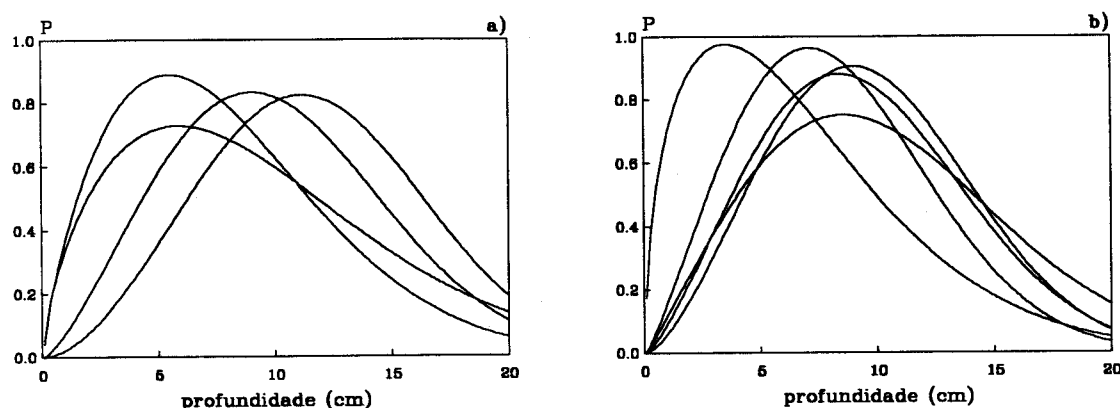
Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (39% das sementes anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}>0.999$ ,  $n=1809$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.010$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.29 as distribuições não acumuladas dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.29** Distribuição não acumulada em percentagem (*P*) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 8.6 cm e 11.1 cm, com uma média de 9.5 cm. O exame da figura 9.29 torna evidente as diferenças entre amostras, com tendência para distribuição simétrica das sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm, mais profunda que totais e, naturalmente que isodiamétricas da mesma classe de tamanho, um pouco mais superficial que a das anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (16% das sementes anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=1809$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.041$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.30 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.

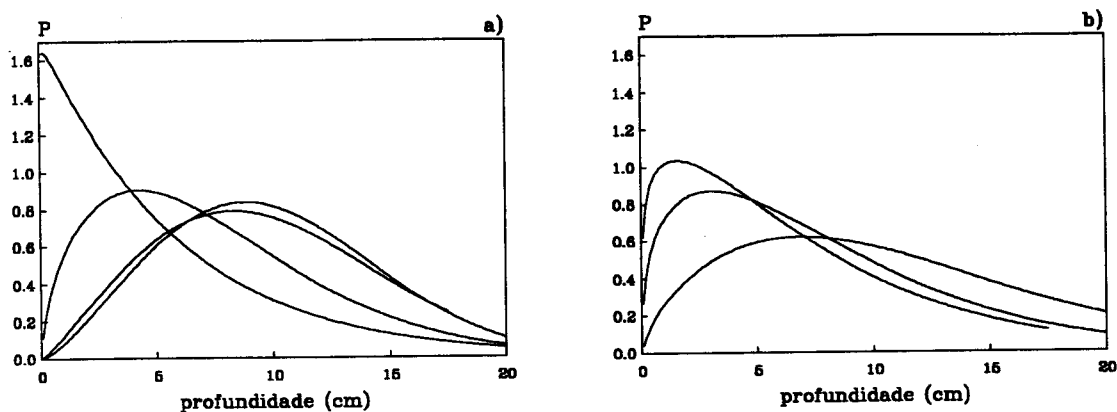


**Figura 9.30** Distribuição não acumulada em percentagem (P) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.2 cm e 11.5 cm, com uma média de 8.8 cm. O exame da figura 9.30 torna evidente as diferenças entre amostras, com tendência para distribuição simétrica das sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm nalguns pontos de amostragem e assimétrica com cauda para a direita noutros, globalmente com poucas diferenças de profundidade mas com menor variabilidade que totais e isodiamétricas da mesma classe de tamanho, localização mais superficial que a das anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm, mantendo-se a tendência para superficialização iniciada com as retidas pelo crivo de malha 0.250 mm.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (3% das sementes anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem que foi possível investigar (ver § 9.2.1) diferem ( $R^2_{aj}=0.991$ ,  $n=1357$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes, sem E2 e G2), apresentando-se na figura 9.31 as distribuições dos 7 pontos de amostragem.

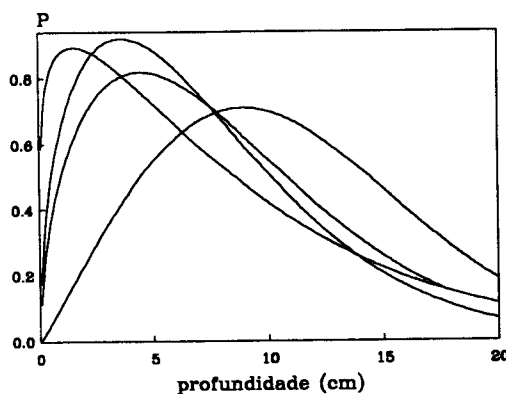
Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.0 cm e 9.9 cm, com uma média de 7.3 cm. O exame da figura 9.31 torna evidente as diferenças entre amostras, com tendência para distribuição simétrica das sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm nalguns pontos de amostragem e assimétrica com cauda para a direita noutros.



**Figura 9.31** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Mais superficiais que sementes totais e naturalmente que isodiamétricas da mesma classe de tamanho, bem como mais superficiais que as anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm, mantem-se a tendência para superficialização iniciada com as retidas pelo crivo de malha 0.250 mm.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (2% das sementes anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem que foi possível investigar (ver § 9.2.1) diferem ( $R^2_{aj}=0.996$ ,  $n=779$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes, só para  $L1$ ,  $L3$ ,  $E1$  e  $E3$ ), apresentando-se na figura 9.32 as distribuições dos 4 pontos de amostragem.

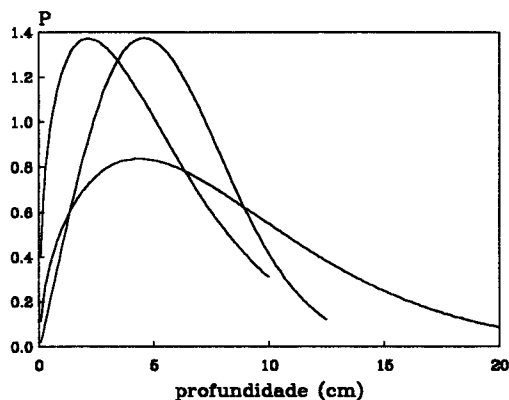


**Figura 9.32** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 6.2 cm e 10.3 cm, com uma média de 7.5 cm. O exame da figura 9.32 torna evidente as diferenças entre amostras, com tendência para distribuição assimétrica com cauda para a direita das anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm, localização mais superficial que totais e, naturalmente, que isodiamétricas da mesma classe de tamanho, embora mais profunda que a das anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm, invertendo-se a tendência para superficialização iniciada com as retidas pelo crivo de malha 0.250 mm.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (1% das sementes anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem que foi possível investigar (ver § 9.2.1)

diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=428$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes, só  $L1$ ,  $E2$  e  $E3$ ), apresentando-se na figura 9.33 as distribuições dos 3 pontos de amostragem.



**Figura 9.33** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.1 cm e 7.0 cm, com uma média de 5.5 cm. O exame da figura 9.33 torna evidente as diferenças entre amostras, com tendência para distribuição assimétrica com cauda para a direita das sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm, localização mais superficial que totais e, naturalmente, que isodiamétricas da mesma classe de tamanho, bem como que as anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm, retomando-se a tendência para superficialização iniciada com as retidas pelo crivo de malha 0.250 mm e interrompida pelas retidas pelo crivo de malha 0.425.

Nas sementes anisodiamétricas retidas por crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (1% das sementes anisodiamétricas) não foi possível tentar ajustamentos para nenhum ponto de amostragem (ver § 9.2.1).

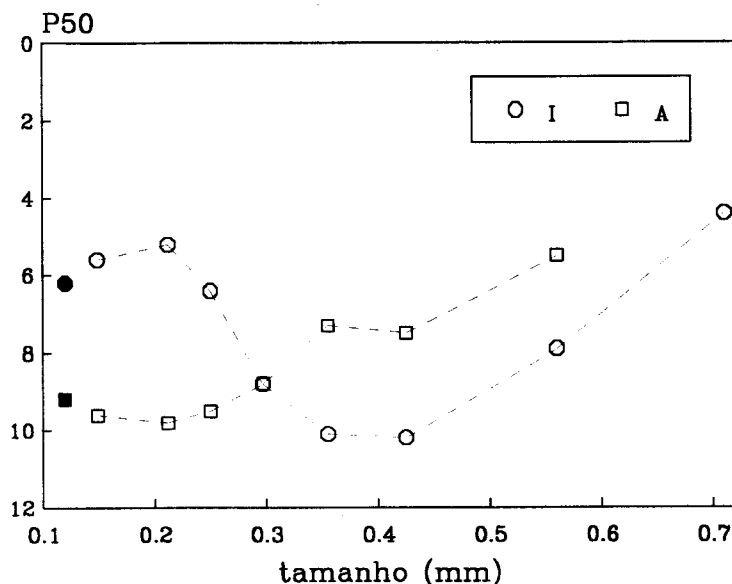
Como conclusão diremos que, após pelo menos dez anos de pastagem natural sem mobilizações, a distribuição vertical do banco de sementes anisodiamétricas se caracteriza por uma localização preferencial das sementes longe da superfície, com pequenas diferenças nas três classes de tamanho menores e tendência para distribuições progressivamente mais superficiais com o aumento do seu tamanho, sugerindo que a tendência para afundamento com o aumento do tamanho poderá ser contrariado pela dificuldade desse movimento resultante do próprio tamanho das sementes.

Adicionalmente, o afundamento parece estar associado à manutenção de distribuições simétricas, e a superficialização a distribuições assimétricas com cauda para a direita. De referir também a concordância geral, embora pior que para sementes totais e isodiamétricas, entre as conclusões que acabamos de apresentar e as tiradas quando analisamos os valores médios dos parâmetros  $x_0$  e  $m$  do modelo de Weibull (§ 9.3.1).

Tal como em sementes totais e isodiamétricas, em anisodiamétricas verificam-se diferenças significativas entre as distribuições dos vários pontos de amostragem que, como anteriormente, impossibilitam a consideração de uma distribuição vertical de referência das

sementes anisodiamétricas, pré-mobilização, 0-20 cm, com a qual comparar as distribuições resultantes da lavoura e escarificação.

9.3.2.1.4 Discussão geral. De salientar em primeiro lugar as diferenças entre as distribuições de todas as sementes anisodiamétricas e isodiamétricas, com as primeiras mais profundas. O mesmo acontece nas anisodiamétricas retidas até ao crivo de malha 0.250 mm, observando-se uma quase igualdade entre as formas para as retidas pelo crivo de malha 0.297 mm e uma localização mais superficial das anisodiamétricas retidas pelos crivos de malha maiores, tal como expresso na figura 9.34.



**Figura 9.34** Profundidade média necessária, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada de sementes ( $P_{50}$ ) em MITRA2, pré-mobilização, 0-20 cm em sementes isodiamétricas (I) e anisodiamétricas (A) em função das classes de tamanho. Pontos a cheio referem-se a todas as classes de tamanho.

Retomando a classificação de Thompson (1987) e Thompson *et al.* (1993) sementes isodiamétricas são tanto mais persistentes quanto menores forem e anisodiamétricas são pouco persistentes independentemente do tamanho.

A profundidade relativamente baixa a que sementes isodiamétricas menores tendem a localizar-se não terá grande influência na sua persistência, com o seu afundamento com o aumento de tamanho a permitir-lhes manter essa persistência, não necessariamente por processos endógenos, mas por se encontrarem a profundidades que limitam a sua germinação.

Em contrapartida, pela sua pequena persistência endógena, sementes anisodiamétricas tenderão a beneficiar de localizações mais profundas, diminuindo estas com o aumento de tamanho devido à dificuldade de movimentação descendente de objectos grandes, de forma análoga às isodiamétricas.

Os resultados obtidos e ilustrados na figura 9.34 sugerem a existência de mecanismos que dificultem o afundamento de sementes isodiamétricas menores ou facilitem, com limites impostos pelo tamanho, o afundamento de sementes isodiamétricas maiores.

Adicionalmente, sugerem a possibilidade de existência de mecanismos, com limites impostos pelo tamanho, que possibilitem o afundamento de sementes anisodiamétricas, podendo admitir-se que, no que diz respeito a sementes maiores, a forma tenha um papel importante nessa possibilidade, com sementes anisodiamétricas maiores a acabarem por se localizar mais superficialmente que as isodiamétricas do mesmo tamanho.

Três observações finais. A primeira relativa à hipótese de processos que facilitem o afundamento de sementes, já que se poderá argumentar não haver necessidade de invocar a sua existência, bastando admitir que a maiores profundidades as sementes não germinarão. No entanto, mesmo não germinando, ou germinando diferencialmente consoante as profundidades, as sementes terão ainda assim que descer verticalmente.

A segunda, relativa à eventual pouca credibilidade de conclusões baseadas num número reduzido de sementes; no entanto, e no caso extremo de sementes anisodiamétricas retidas no crivo de malha 0.560 mm (1.2% das sementes anisodiamétricas e 0.6% de todas as sementes) o total dos três pontos de amostragem corresponde a 17,656 sementes  $m^{-2}$ .

A terceira, relativa à concordância geral entre os resultados agora obtidos, envolvendo uma análise clássica e detalhada das distribuições verticais pré-mobilização dos três tipos de sementes consoante o tamanho, e os anteriormente obtidos quando se tratou da distribuição vertical da frequência de tamanhos (§ 7.5).

De facto, confirma-se a) a tendência para sementes se localizarem tanto mais profundamente quanto maiores são, b) a tendência para sementes anisodiamétricas se localizarem mais profundamente que isodiamétricas e c) essa tendência ser claramente contrariada pelo aumento do tamanho e pela anisodiametria, mas só em sementes intermédias/grandes.

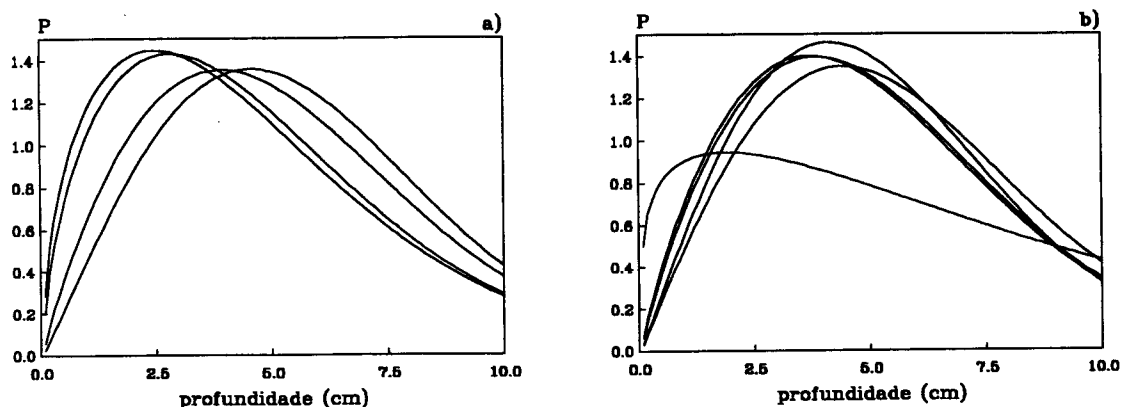
9.3.2.2 Pré-mobilização, 0-10 cm. Correspondendo à profundidade de trabalho da gradagem em MITRA2, o intervalo 0-10 cm servirá essencialmente de referência para o efeito daquela mobilização.

Adicionalmente, a comparação com os resultados de pré-mobilização para 0-20 cm permitirá concluir da existência de diferenças da distribuição vertical de sementes em escalas diferentes.

A abordagem das distribuições verticais nos dois intervalos de profundidade foi essencialmente idêntica; a única diferença reside no total de sementes estar, naturalmente, referido ao intervalo de profundidade considerado, ou seja, agora não se considerarem as sementes encontradas abaixo dos 10 cm..

9.3.2.2.1 Sementes totais. Em todas as sementes totais (62% das sementes totais em 0-20 cm) os pontos de amostragem E1 e G3 não diferem, ao contrário dos restantes ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=909$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.001$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.35 as distribuições dos 7 pontos de amostragem diferentes e média dos não diferentes.

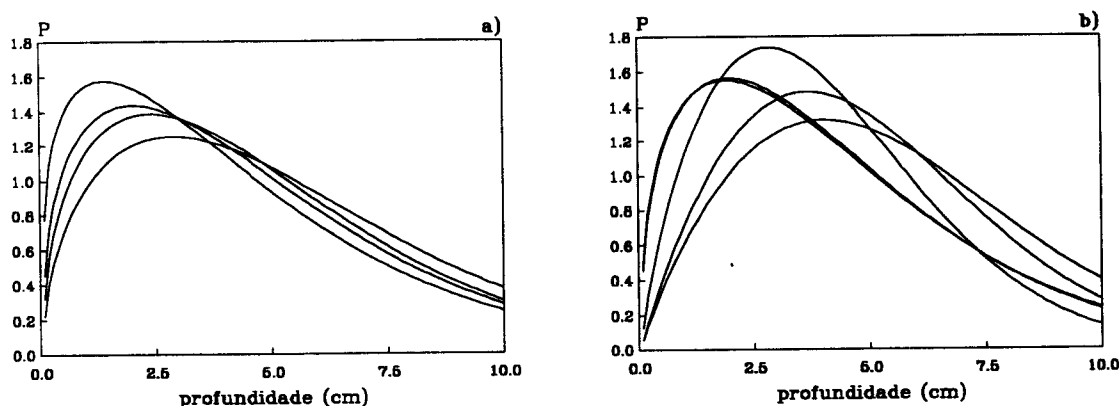
Em todas as sementes totais  $P_{50}$  está compreendida entre 4.0 cm e 5.3 cm, com uma média de 4.7 cm.



**Figura 9.35** Distribuição não acumulada em porcentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de todas as sementes totais em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

O exame da figura 9.35 torna evidente a existência de diferenças entre amostras (maiores que em 0-20 cm, figura 9.8), com pontos de amostragem a apresentarem uma clara tendência para localização superficial, assimétricos com cauda para a direita e outros com maior afundamento e distribuição quase simétrica.

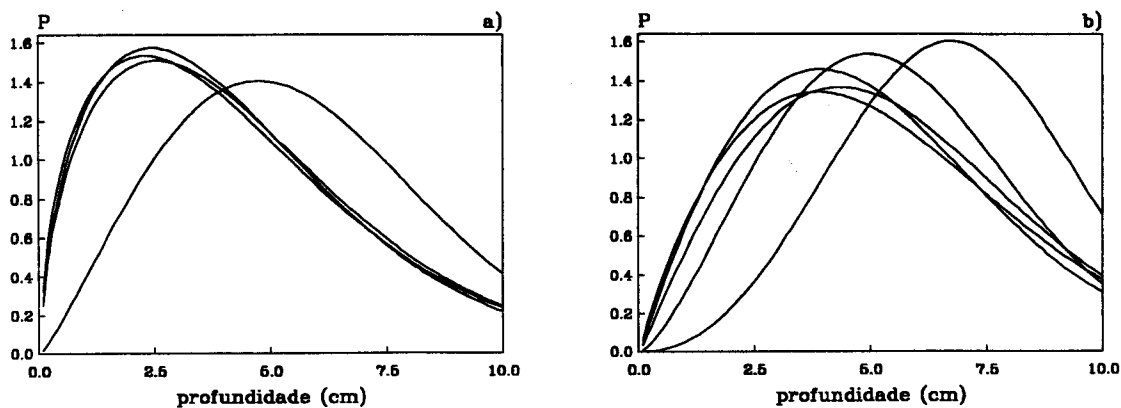
Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (72% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 22% das sementes totais em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.997$ ,  $n=909$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.005$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.36 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.36** Distribuição não acumulada em porcentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.149 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.5 cm e 5.0 cm, com uma média de 4.1 cm e, apesar das diferenças existentes entre as distribuições, o exame da figura 9.36 torna evidente a localização preferencial das sementes retidas pelo crivo 0.149 mm perto da superfície, de forma mais marcada que em todas as totais, com uma cauda mais ou menos pronunciada para a direita.

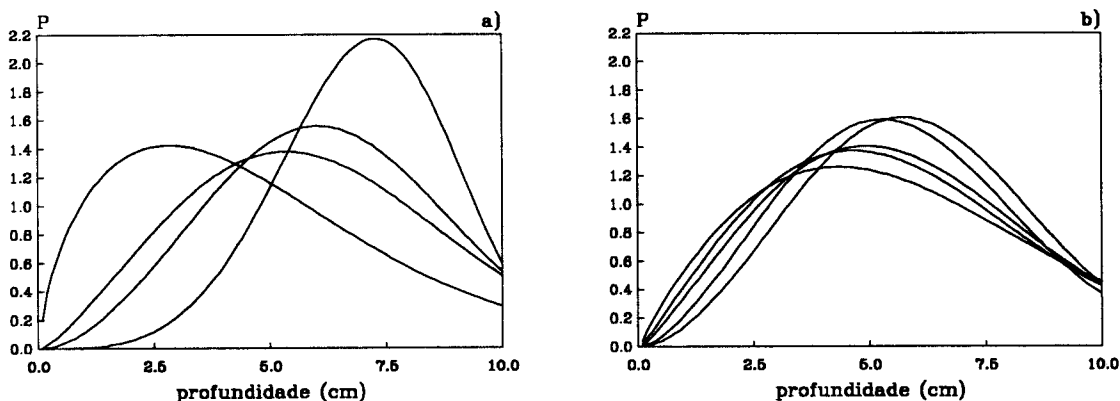
Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (66% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 35% das sementes totais em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=909$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.003$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.37 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.37** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.212 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.7 cm e 6.7 cm, com uma média de 4.8 cm. O exame da figura 9.37 torna evidente a existência de diferenças entre amostras (maiores que em 0-20 cm) com pontos de amostragem a apresentarem uma clara tendência para localização superficial, assimétricos com cauda para a direita e outros com tendência para maior afundamento e distribuição quase simétrica ou assimétrica com cauda para a esquerda.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (56% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 22% das sementes totais em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.027$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.38 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



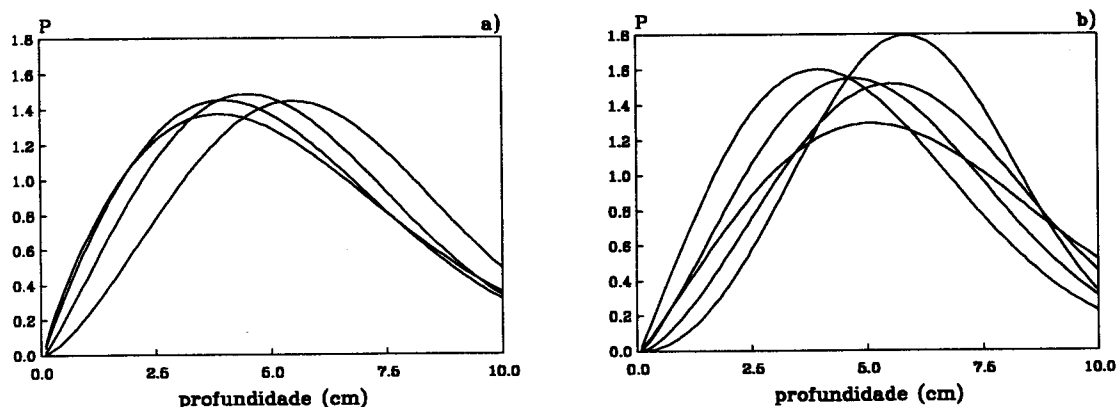
**Figura 9.38** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.250 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.2 cm e 6.2 cm, com uma média de 5.6 cm. O exame da figura 9.38 torna evidente a existência de diferenças entre amostras (maiores que em 0-20 cm) com a maioria dos pontos de amostragem com clara tendência para localização mais profunda e quase simétrica e pontos de amostragem com distribuição claramente assimétrica e cauda para a direita ou para a esquerda.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (53% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 9% das sementes totais em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}>0.999$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.018$  para os coeficientes), apresentando-se na



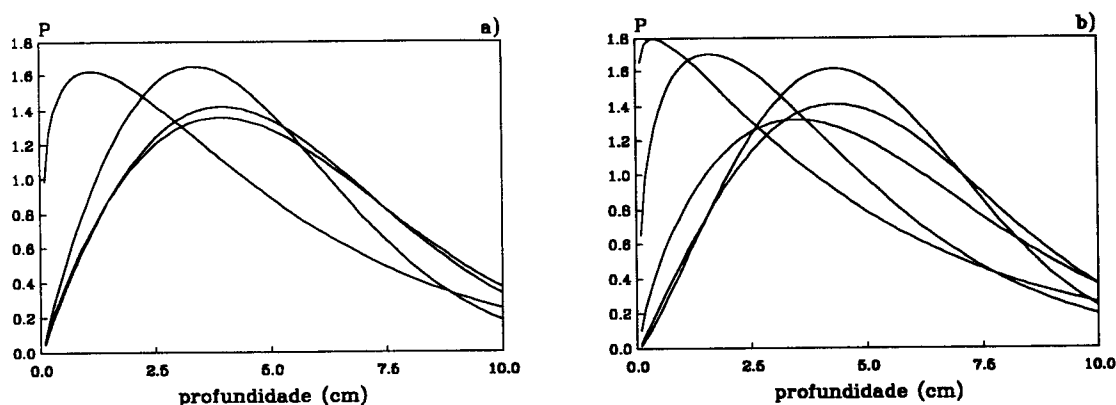
figura 9.39 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.39** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.297 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.5 cm e 5.9 cm, com uma média de 5.3 cm e, apesar das diferenças existentes entre as distribuições, o exame da figura 9.39 torna evidente a localização mais superficial das sementes retidas pelo crivo 0.297 mm, com distribuições quase simétricas, parecendo haver uma inversão da tendência para um afundamento progressivo das sementes totais com o aumento de tamanho.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (53% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 3% das sementes totais em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.993$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.019$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.40 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.

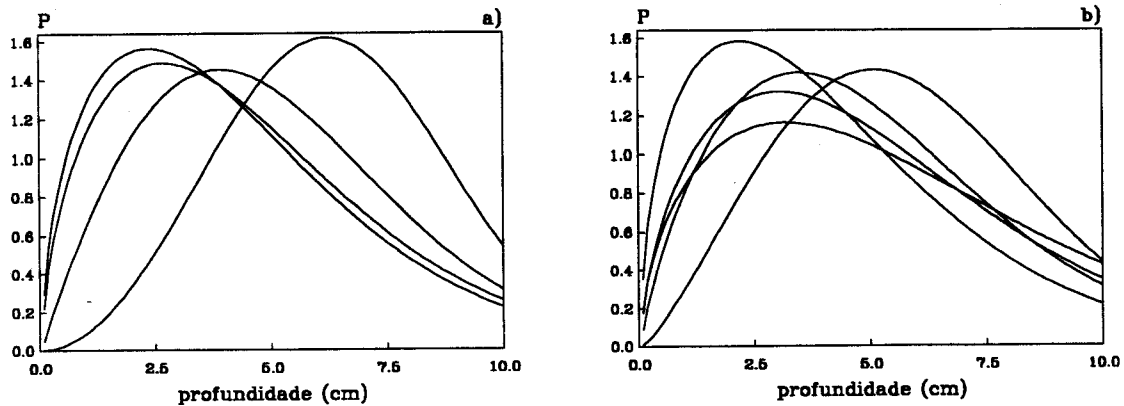


**Figura 9.40** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.355 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.2 cm e 5.0 cm, com uma média de 4.2 cm. O exame da figura 9.40 torna evidente a existência de diferenças entre as amostras (menores que em 0-20 cm) com tendência para localização muito superficial com clara cauda para a direita nalguns pontos de amostragem e mais profunda com distribuição quase simétrica noutros.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (51% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 3% das sementes totais em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.018$  para os coeficientes), apresentando-se na

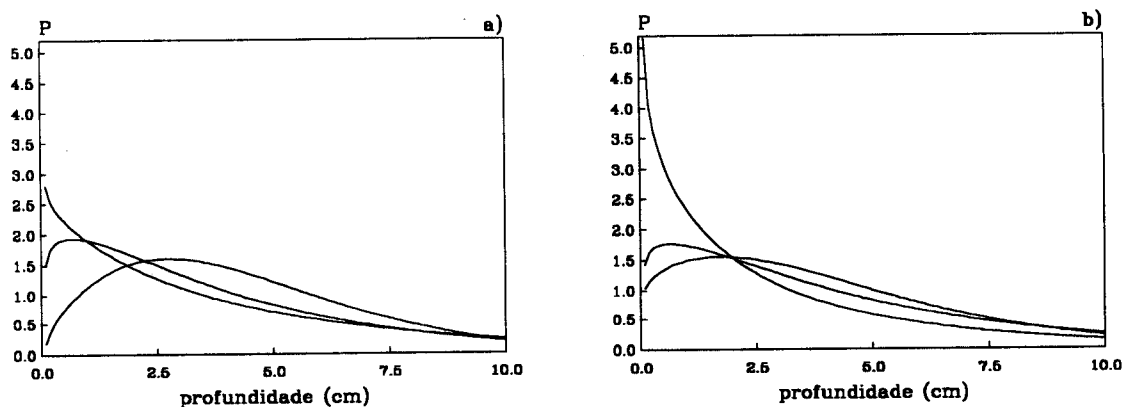
figura 9.41 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.41** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.425 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.6 cm e 6.3 cm, com uma média de 4.6 cm. O exame da figura 9.41 torna evidente a existência de diferenças entre as amostras (maiores que em 0-20 cm), com tendência para localização superficial com clara cauda para a direita nalguns pontos de amostragem e mais profunda com distribuição quase simétrica ou assimétrica com cauda para a esquerda noutros. Globalmente, como em 0-20 cm, surge uma inversão da tendência para subida das sementes com o aumento de tamanho observada a partir das retidas pelo crivo de malha 0.297 mm.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (59% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 3% das totais em 0-10 cm) os pontos de amostragem  $L1$ ,  $L2$ ,  $E3$  e  $G2$  não diferem, ao contrário dos restantes ( $R^2_{aj}=0.963$ ,  $n=909$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.003$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.42 as distribuições dos 5 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.

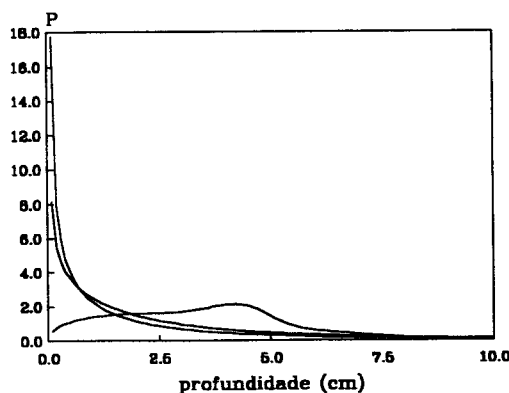


**Figura 9.42** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.560 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 2.0 cm e 3.5 cm, com uma média de 3.0 cm. O exame da figura 9.42 torna evidente a existência de grandes diferenças entre as amostras (maiores que em 0-20 cm), com tendência para localização superficial com clara cauda para a direita. Como em 0-20 cm, retoma-se a tendência para a "subida" das sementes com o aumento de tamanho observada a partir das retidas pelo crivo

de malha 0.297 mm e interrompida pelas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm.

Nos casos em que foi possível (ver § 9.2.1), nas sementes totais retidas pelos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (81% das retidas por estes crivos em 0-20 cm, 2% das sementes totais em 0-10 cm) os pontos de amostragem  $L1$ ,  $E1$ ,  $E2$ ,  $E3$ ,  $G1$  e  $G2$  não diferem, ao contrário dos pontos  $L2$  e  $G3$  ( $R^2_{aj}=0.716$ ,  $n=805$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes, sem  $L3$ ), apresentando-se na figura 9.43 as distribuições dos 2 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.



**Figura 9.43** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes totais retidas pelos crivos de malha 0.710 mm e superiores em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

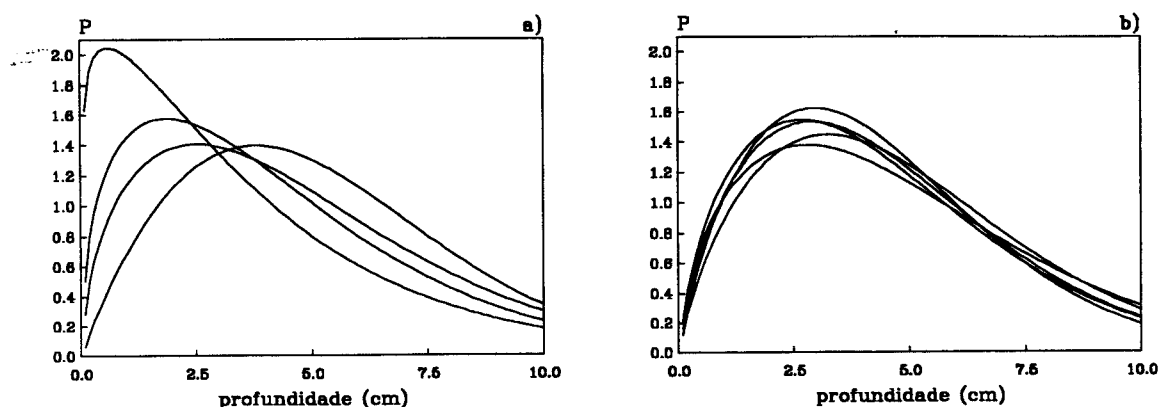
Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 0.8 cm e 3.4 cm, com uma média de 1.9 cm. O exame da figura 9.43 torna evidente a existência de grandes diferenças entre as amostras com tendência para localização superficial. Globalmente, como em 0-20 cm, retoma-se a tendência para a "subida" das sementes com o aumento de tamanho observada a partir das retidas pelo crivo de malha 0.297 mm e interrompida pelas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm.

Como conclusão é de realçar a quase completa sobreposição entre as características das distribuições verticais de 0-20 cm e 0-10 cm, pelo que não iremos repeti-las, remetendo para o fim do § 9.3.2.1.1.

A grande exceção a esta sobreposição parece residir no maior número de pontos de amostragem que não diferem quando se considera 0-10 cm, mas mesmo assim só nas duas classes de tamanho maior, o que não deixa, ainda assim, de impossibilitar a consideração de uma distribuição vertical de referência das sementes totais, pré-mobilização, 0-10 cm, com a qual comparar as distribuições resultantes da gradagem.

**9.3.2.2.2 Sementes isodiamétricas.** Em todas as sementes isodiamétricas (73% das isodiamétricas em 0-20 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.995$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.019$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.44 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.

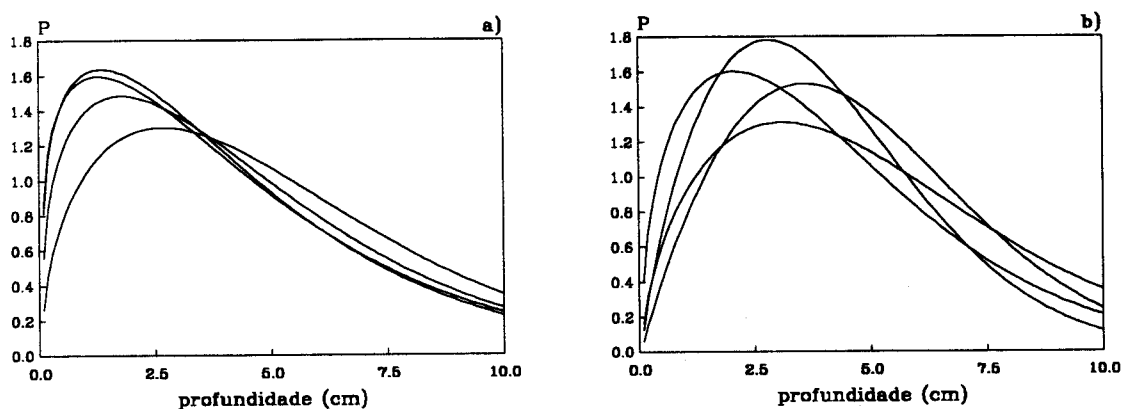
Em todas as sementes isodiamétricas  $P_{50}$  está compreendida entre 2.7 cm e 4.7 cm, com uma média de 3.9 cm.



**Figura 9.44** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de todas as sementes isodiamétricas em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

O exame da figura 9.44 torna evidente a existência de grandes diferenças entre as amostras, com tendência para a localização superficial de todas as sementes isodiamétricas, de forma mais pronunciada que em todas as totais.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (78% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 35% das sementes isodiamétricas em 0-10 cm) os pontos de amostragem  $E3$  e  $G2$  não diferem, ao contrário dos restantes ( $R^2_{aj}=0.996$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.45 as distribuições dos 7 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.

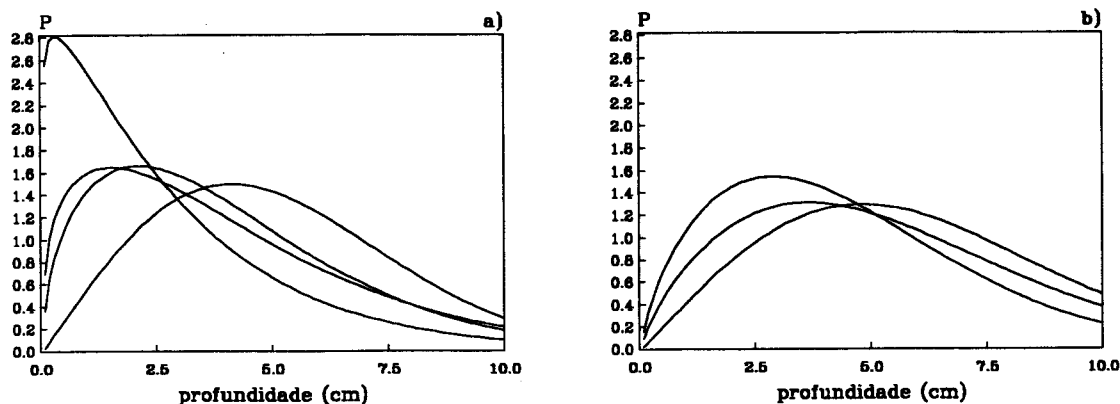


**Figura 9.45** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.4 cm e 4.6 cm, com uma média de 3.9 cm e, apesar das diferenças existentes entre as distribuições, o exame da figura 9.45 torna evidente a localização superficial das sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm, de forma semelhante mas menos variável que em todas as isodiamétricas (ao contrário do que acontecia em 0-20 cm), com distribuições assimétricas com cauda para a direita.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (82% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 41% das sementes isodiamétricas em 0-10 cm) os pontos de amostragem  $E3$ ,  $G2$  e  $G3$  não diferem, ao contrário dos restantes ( $R^2_{aj}=0.991$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.033$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.46 as

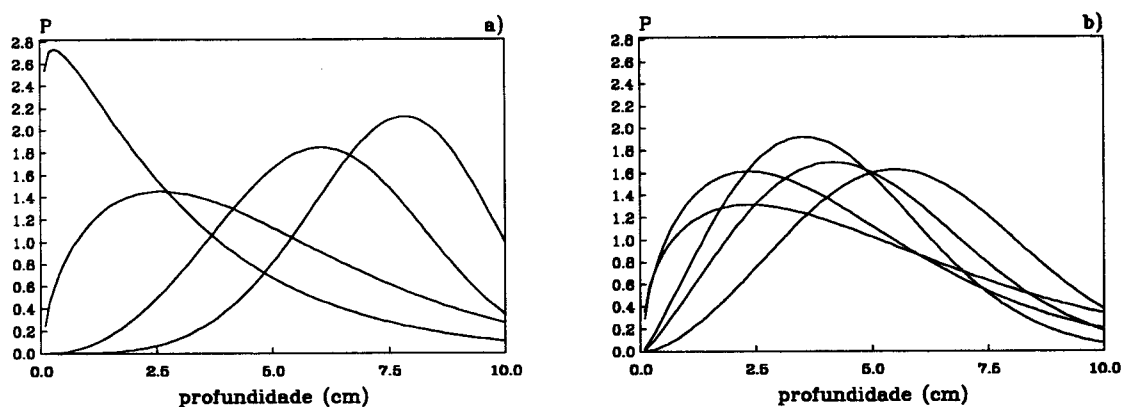
distribuições dos 6 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.



**Figura 9.46** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 2.1 cm e 5.6 cm, com uma média de 4.0 cm. O exame da figura 9.46 torna evidente a existência de diferenças entre amostras, de forma mais marcada que no caso anterior, com distribuições assimétricas com cauda para a direita e distribuições quase simétricas, tendência para a localização superficial das sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm, de forma semelhante mas mais variável que nas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm e mais superficial que em todas as isodiamétricas.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (74% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 9% das sementes isodiamétricas em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.992$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.044$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.47 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.

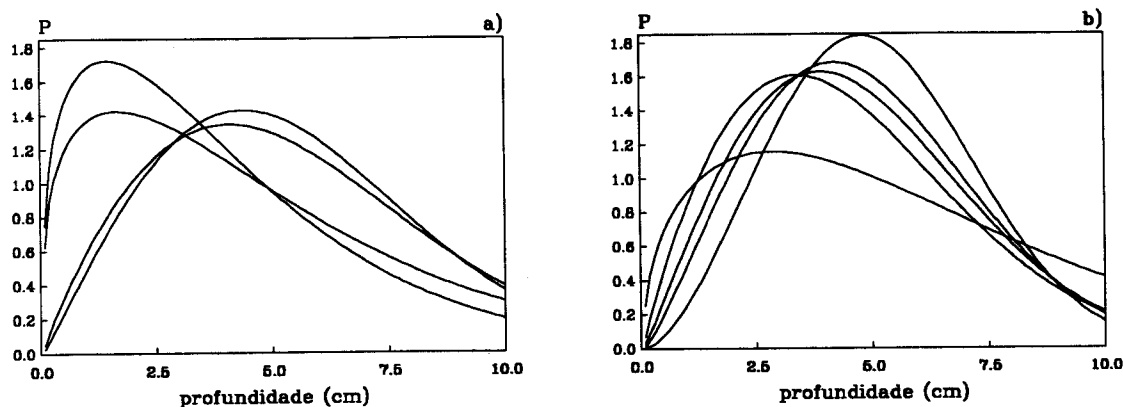


**Figura 9.47** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 2.1 cm e 7.6 cm, com uma média de 4.6 cm. O exame da figura 9.47 torna evidente a existência de diferenças entre amostras, com distribuições assimétricas com cauda para a direita ou para a esquerda e distribuições quase simétricas, tendência para a localização mais profunda das sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm que nas duas classes de

tamanho anteriores, mas mais superficial que em todas as isodiamétricas.

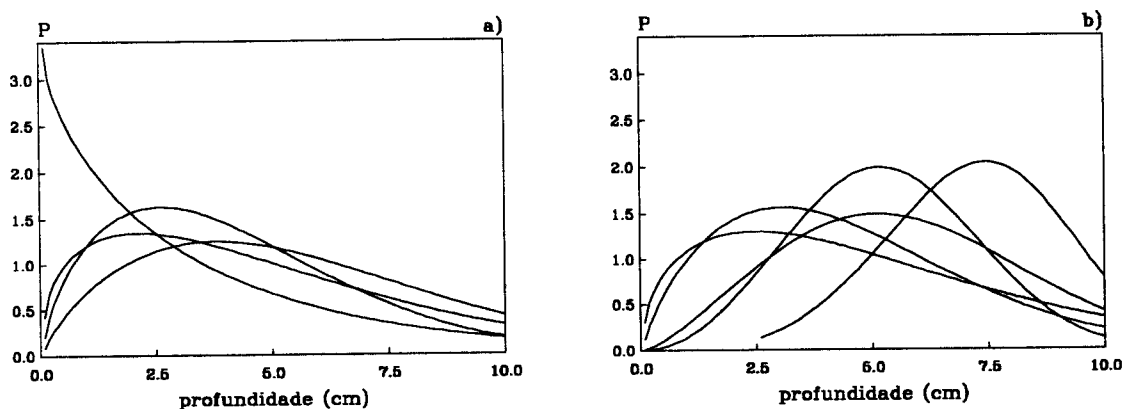
Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (55% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 3% das sementes isodiamétricas em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.997$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.016$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.48 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.48** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.2 cm e 5.1 cm, com uma média de 4.5 cm. O exame da figura 9.48 torna evidente a existência de diferenças entre amostras, distribuições assimétricas com cauda para a direita e distribuições quase simétricas, pouca diferença na localização relativamente à classe de tamanho anterior, embora com uma localização mais superficial que em todas as isodiamétricas.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (47% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 3% das sementes isodiamétricas em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.991$ ,  $n=884$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.033$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.49 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.

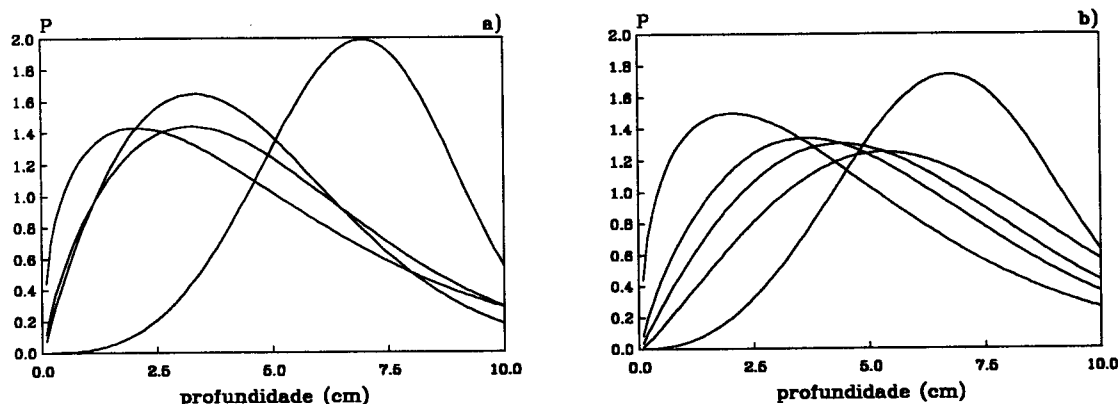


**Figura 9.49** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 2.4 cm e 7.2 cm, com uma média de 4.6 cm. O exame da figura 9.49 torna evidente a existência de grandes diferenças entre amostras, com distribuições assimétricas com cauda para a direita ou para a esquerda e distribuições quase simétricas; apesar da reduzida diferença de

localização média em relação às retidas pelos crivos de malha 0.250 mm e 0.297 mm, é clara a maior variação das retidas por este crivo relativamente às segundas, mas não às primeiras, invertendo-se a tendência para uma localização mais superficial que todas as isodiamétricas.

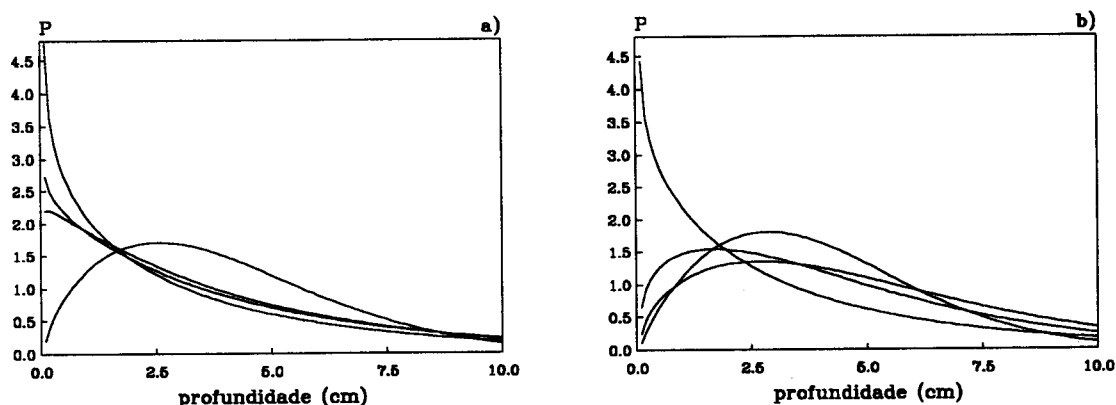
Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (45% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 3% das sementes isodiamétricas em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.013$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.50 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.50** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.8 cm e 6.8 cm, com uma média de 5.1 cm. O exame da figura 9.50 torna evidente a existência de grandes diferenças entre amostras (maiores que em 0-20 cm, figura 9.23), com distribuições assimétricas com cauda para a direita ou para a esquerda e distribuições quase simétricas, tendência para afundamento em comparação com as retidas pelos crivos anteriores, observando-se igualmente uma localização mais profunda que em todas as isodiamétricas.

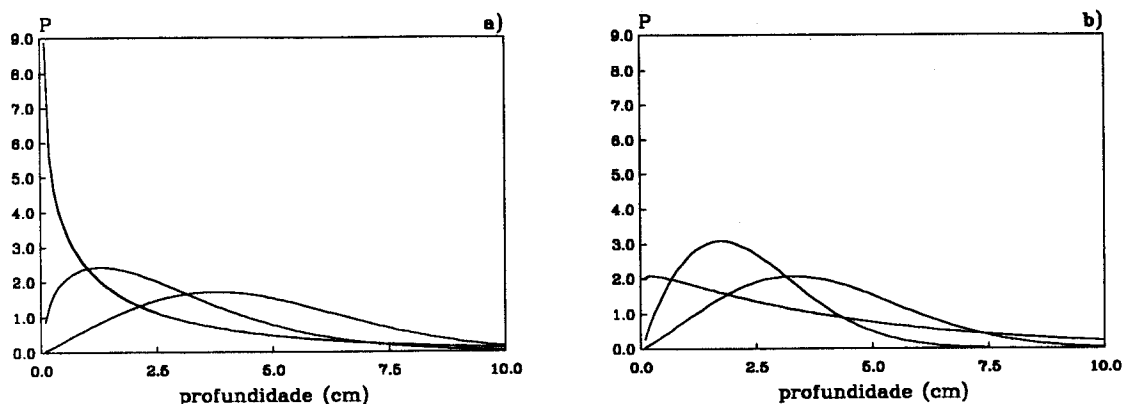
Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (55% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 4% das sementes isodiamétricas em 0-10 cm) os pontos de amostragem  $E1$  e  $E3$  não diferem, ao contrário dos restantes ( $R^2_{aj}=0.964$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.020$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.51 as distribuições dos 7 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.



**Figura 9.51** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 2.2 cm e 4.3 cm, com uma média de 3.2 cm. O exame da figura 9.51 torna evidente a existência de grandes diferenças entre amostras, com distribuições mais ou menos assimétricas com cauda para a direita e localização bastante superficial embora ligeiramente mais profunda que em todas as isodiamétricas.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (73% das retidas por estes crivos em 0-20 cm, 2% das isodiamétricas em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem que foi possível investigar (ver § 9.2.1) diferem ( $R^2_{aj}=0.920$ ,  $n=682$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.010$  para os coeficientes, sem  $L1$  e  $G3$ ), apresentando-se na figura 9.52 as distribuições dos 7 pontos de amostragem.



**Figura 9.52** Distribuição não acumulada em porcentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes isodiamétricas retidas pelos crivos de malha 0.710 mm ou maior em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 1.4 cm e 4.3 cm, com uma média de 2.6 cm. O exame da figura 9.52 torna evidente a existência de grandes diferenças entre amostras, com distribuições mais ou menos assimétricas com cauda para a direita e distribuições quase simétricas, localização ainda mais superficial que nas classes de tamanho anteriores, embora mais profunda que em todas as isodiamétricas.

Ao contrário do que acontecia com sementes totais, em isodiamétricas não se verifica uma sobreposição tão perfeita entre os resultados de 0-20 cm e os de 0-10 cm. Comparando os dois intervalos de profundidade, tal como em 0-20 cm quando se consideram todas as sementes, as isodiamétricas localizam-se mais superficialmente que as totais e, tal como em 0-20 cm, essa localização mais superficial mantém-se nas sementes das classes de tamanho menores (até às retidas pelo crivo de malha 0.250 mm em 0-20 cm, até às retidas pelo crivo de malha 0.297 mm em 0-10 cm), passando a haver, como em 0-20 cm, localizações mais profundas a partir das retidas por crivos de malha 0.355 mm.

Há também ligeiras diferenças na evolução das localizações com o aumento de tamanho. Como em 0-20 cm, há pequenas diferenças entre as duas classes de tamanho menores mas, em vez de afundamento progressivamente maior até às retidas pelo crivo de malha 0.355 mm e estabilização nas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm, em 0-10 cm observa-se um

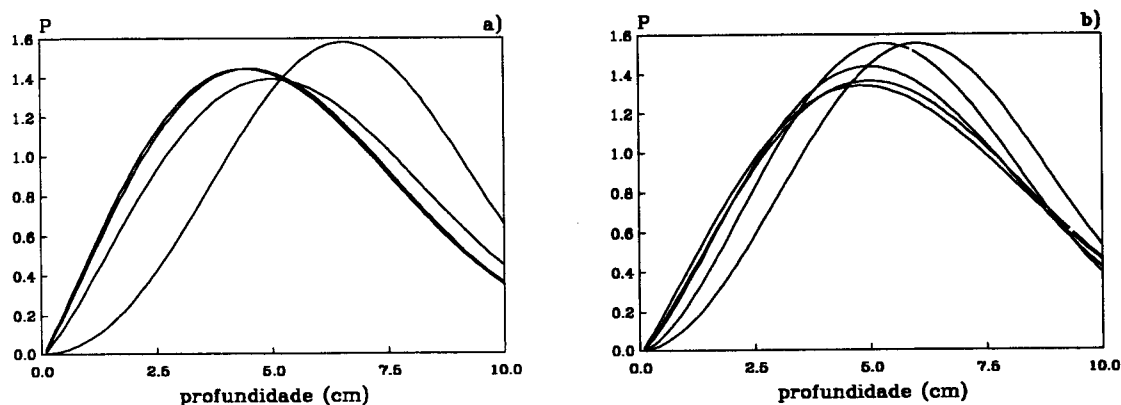


afundamento nas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm, manutenção até às retidas pelo crivo de malha 0.355 mm, seguido de novo afundamento e, como em 0-20 cm, nas sementes das duas classes de tamanho maior uma superficialização crescente com o aumento de tamanho.

Adicionalmente, também a concordância com os valores médios dos parâmetros  $x_0$  e  $m$  do modelo de Weibull (§ 9.3.1) é menos clara.

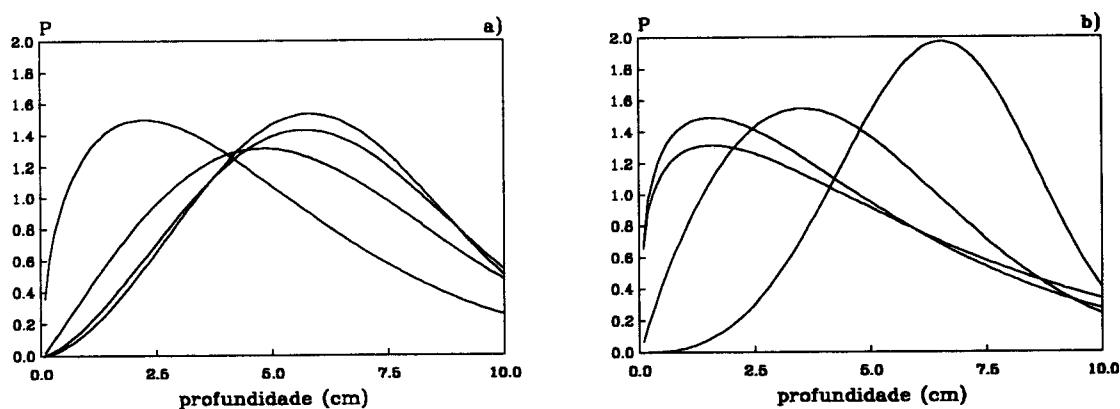
Apesar disso, mantem-se a existência de diferenças entre as totais e as isodiamétricas, mantem-se a tendência para afundamento de sementes com o aumento de tamanho até que o próprio tamanho parece tornar-se impeditivo e mantem-se a impossibilidade de considerar distribuições verticais de referência para as sementes isodiamétricas pré-mobilização, com a qual comparar as distribuições resultantes da gradagem.

9.3.2.2.3 Sementes anisodiamétricas. Em todas as sementes anisodiamétricas (52% das sementes anisodiamétricas 0-20 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=909$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.039$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.53 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



**Figura 9.53** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de todas as sementes anisodiamétricas em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em todas as sementes anisodiamétricas  $P_{50}$  está compreendida entre 5.0 cm e 6.5 cm, com uma média de 5.6 cm e, apesar das diferenças existentes entre as distribuições, a figura 9.53 torna evidente a distribuição tendencialmente simétrica de todas as anisodiamétricas e, como seria de esperar, mais profunda que todas as totais e que todas as isodiamétricas.

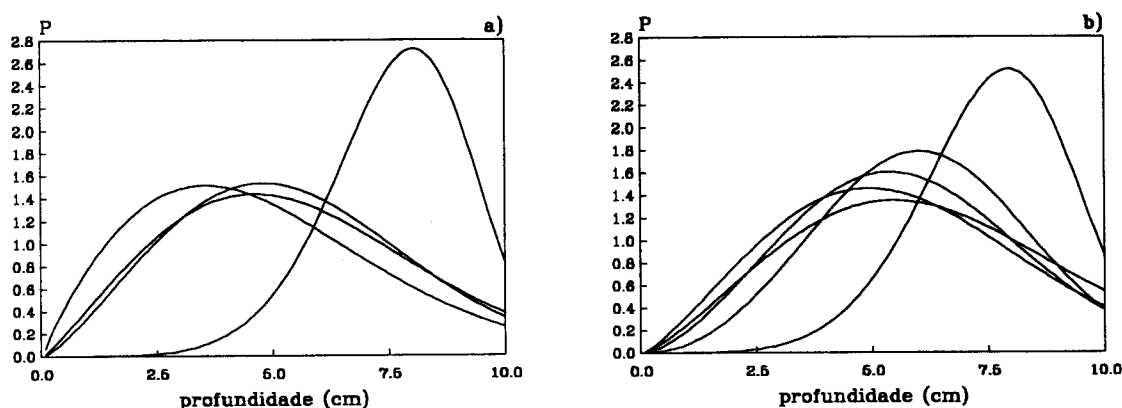


**Figura 9.54** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Nos casos em que foi possível (ver § 9.2.1), nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (48% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 7% das sementes anisodiamétricas em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.997$ ,  $n=808$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.002$  para os coeficientes, sem  $L1$ ), apresentando-se na figura 9.54 as distribuições dos 8 pontos de amostragem.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.7 cm e 6.4 cm, com uma média de 5.0 cm. O exame da figura 9.54 torna evidente as diferenças entre as amostras, com distribuições mais ou menos assimétricas com cauda para a direita ou para a esquerda e distribuições quase simétricas, tendência para localização mais superficial que todas as anisodiamétricas, ao contrário de 0-20 cm, e, naturalmente, mais profunda que em totais e isodiamétricas da mesma classe de tamanho.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (50% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 28% das sementes anisodiamétricas em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=909$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.55 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.



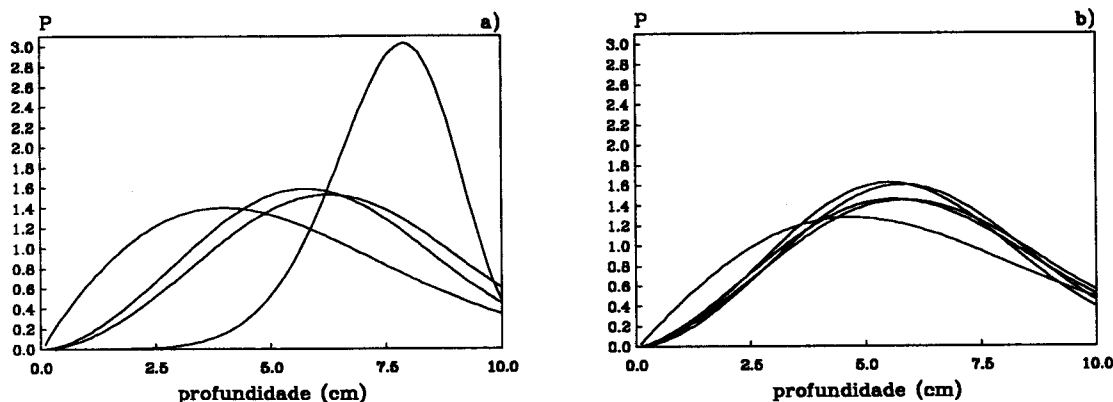
**Figura 9.55** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.4 cm e 7.7 cm, com uma média de 5.9 cm. O exame da figura 9.55 torna evidente as diferenças entre as amostras, com distribuições assimétricas com cauda para a esquerda e distribuições quase simétricas, localização mais profunda que as da classe de tamanho anterior (de forma mais marcada que em 0-20 cm) bem como de todas as anisodiamétricas, totais e, naturalmente, que de isodiamétricas da mesma classe de tamanho.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (52% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 39% das sementes anisodiamétricas em 0-10 cm) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=909$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.029$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.56 as distribuições dos 9 pontos de amostragem.

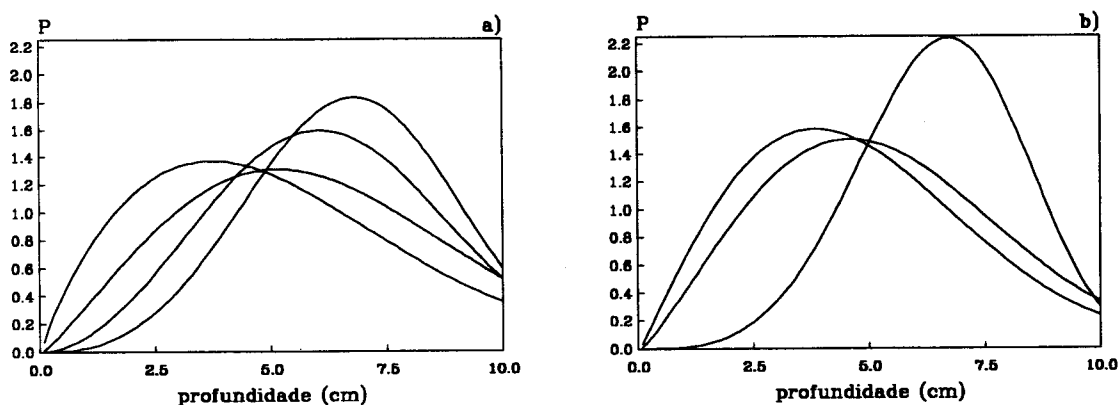
Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.8 cm e 7.6 cm, com uma média de 6.0 cm. O exame da figura 9.56 torna evidente as diferenças entre as amostras, com distribuições assimétricas com cauda para a esquerda e

distribuições quase simétricas, localização aproximadamente igual às da classe de tamanho anterior (ao contrário do que se verificava em 0-20 cm), mais profunda que em todas as anisodiamétricas, totais e, naturalmente, que em isodiamétricas da mesma classe de tamanho.



**Figura 9.56** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (52% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 16% das sementes anisodiamétricas em 0-10 cm) os pontos de amostragem  $L2$ ,  $L3$  e  $G3$  não diferem, ao contrário dos restantes ( $R^2_{aj}=0.997$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.044$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.57 as distribuições dos 6 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.

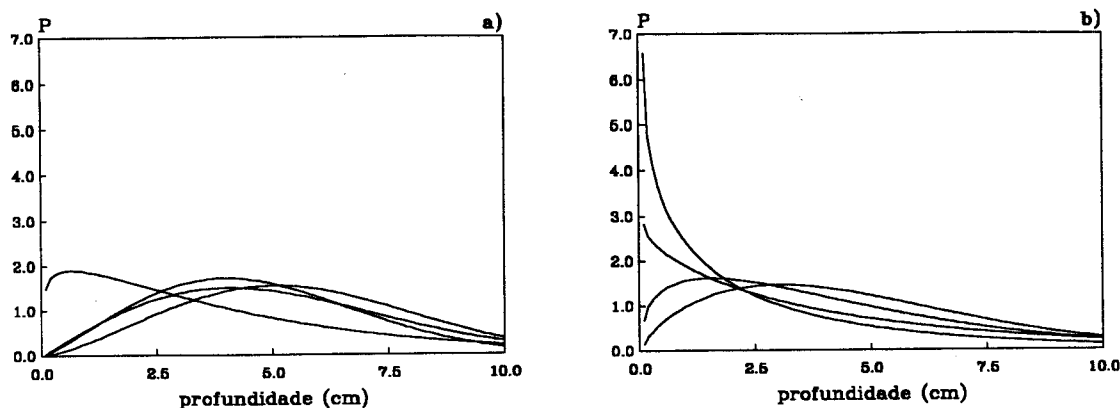


**Figura 9.57** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.5 cm e 6.7 cm, com uma média de 5.7 cm. O exame da figura 9.57 torna evidente as diferenças entre as amostras, com distribuições mais ou menos assimétricas com cauda para a esquerda ou para a direita e distribuições quase simétricas, localização mais superficial que as da classe de tamanho anterior, praticamente igual à de todas as anisodiamétricas, mas mais profunda que totais e, naturalmente, que isodiamétricas da mesma classe de tamanho.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (61% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 4% das sementes anisodiamétricas em 0-10 cm) os pontos de amostragem  $G1$  e  $G3$  não diferem, ao contrário dos restantes ( $R^2_{aj}=0.966$ ,  $n=909$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.002$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.58 as distribuições dos

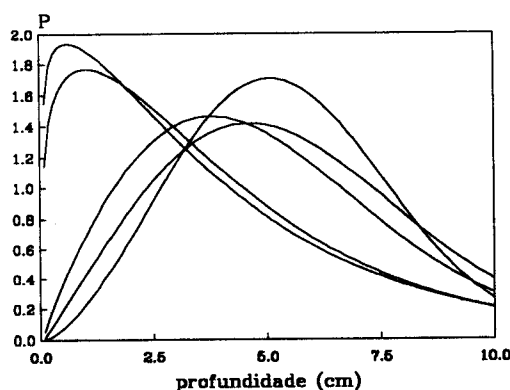
7 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.



**Figura 9.58** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 1.7 cm e 5.4 cm, com uma média de 3.7 cm. O exame da figura 9.58 torna evidente as diferenças entre as amostras, com distribuições assimétricas com cauda para a direita e distribuições quase simétricas, localização mais superficial que as da classe de tamanho anterior, bem como que todas as anisodiamétricas, totais e, naturalmente, que isodiamétricas da mesma classe de tamanho.

Nos casos em que foi possível (§ 9.2.1), nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (66% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 2% das sementes anisodiamétricas em 0-10 cm) os pontos de amostragem  $L2$  e  $E1$  não diferem, ao contrário dos pontos  $L1$ ,  $L2$ ,  $E3$  e  $G3$  ( $R^2_{aj}=0.981$ ,  $n=606$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.016$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.59 as distribuições dos 4 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.

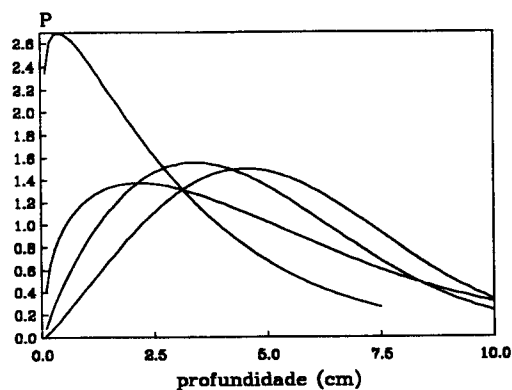


**Figura 9.59** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 2.9 cm e 5.3 cm, com uma média de 4.2 cm. O exame da figura 9.59 torna evidente as diferenças entre as amostras, com distribuições assimétricas com cauda para a direita e distribuições quase simétricas; globalmente parece inverter-se a tendência para

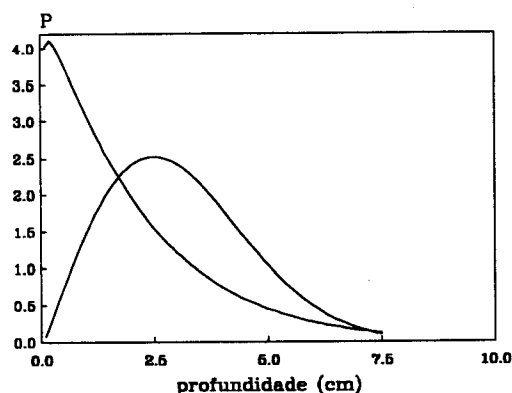
superficialização com o aumento de tamanho iniciada com as retidas pelo crivo de malha 0.297 mm, observando-se ainda assim uma localização mais superficial que em todas as anisodiamétricas, totais e, naturalmente, isodiamétricas da mesma classe de tamanho.

Nos casos em que foi possível (§ 9.2.1), nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (76% das retidas por este crivo em 0-20 cm, 2% das sementes anisodiamétricas em 0-10 cm) os pontos de amostragem  $L1$  e  $L2$  não diferem, ao contrário dos pontos  $E1$ ,  $E2$  e  $E3$  ( $R^2_{aj}=0.845$ ,  $n=375$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.006$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 9.60 as distribuições dos 3 pontos de amostragem diferentes e da média dos não diferentes.



**Figura 9.60** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 2.1 cm e 5.1 cm, com uma média de 3.9 cm. O exame da figura 9.60 torna evidente as diferenças entre as amostras, com distribuições mais ou menos assimétricas com cauda para a direita e distribuições quase simétricas, retomando-se a tendência para superficialização com o aumento de tamanho iniciada nas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm e interrompidas nas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm; observa-se igualmente uma localização mais superficial que em todas as anisodiamétricas, mais profunda que em totais e que em isodiamétricas da mesma classe de tamanho.



**Figura 9.61** Distribuição não acumulada em percentagem ( $P$ ) em função da profundidade, de sementes anisodiamétricas retidas pelos crivos de malha 0.710 mm ou maior em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (92% das retidas por estes crivos em 0-20 cm, 2% das sementes anisodiamétricas em 0-10 cm) só foi possível investigar dois pontos de amostragem (ver § 9.2.1), *L2* e *E1*, que diferem ( $R^2_{aj}=0.957$ ,  $n=152$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 9.61 as distribuições dos 2 pontos de amostragem.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 1.5 cm e 2.9 cm, com uma média de 2.2 cm. O exame da figura 9.61 torna evidente as diferenças entre as amostras, com distribuições menos assimétricas com cauda para a direita e distribuições quase simétricas, mantendo-se a tendência para superficialização com o aumento de tamanho iniciada nas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm e interrompidas nas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm; observa-se igualmente uma localização mais superficial que em todas as anisodiamétricas e totais, mas mais superficial que em isodiamétricas da mesma classe de tamanho.

Tendo em conta a quase total sobreposição das características das distribuições verticais de sementes totais nos dois intervalos de profundidade (§ 9.3.2.2.1) e algumas diferenças entre as características das isodiamétricas nos dois intervalos de profundidade (§ 9.3.2.2.2), não são de estranhar diferenças das distribuições verticais de sementes anisodiamétricas entre os dois intervalos de profundidade.

Tal como em 0-20 cm, quando se consideram todas as sementes, as anisodiamétricas localizam-se mais profundamente que as totais e, tal como em 0-20 cm, mantem-se a localização mais profunda das sementes das classes de tamanho menores (até às retidas pelo crivo de malha 0.250 mm em 0-20 cm, até às retidas pelo crivo de malha 0.297 mm em 0-10 cm), passando a haver, como em 0-20 cm, localizações mais superficiais a partir das retidas pelo crivo de malha 0.355 mm mas agora com uma inversão nas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm.

Em contrapartida, quando se comparam sementes anisodiamétricas e isodiamétricas, se não se observam diferenças nas das classes de tamanho menores (anisodiamétricas mais profundas até às retidas pelo crivo de malha 0.250 mm), o mesmo não acontece nalgumas classes de tamanho maiores.

Desde logo, nas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm, com as anisodiamétricas mais profundas em 0-10 cm, e de novo nas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (anisodiamétricas mais superficiais em 0-20 cm, mais profundas em 0-10 cm).

Adicionalmente, se a tendência geral das sementes anisodiamétricas, quer a 0-20 cm quer a 0-10 cm, parece ser a de afundamento seguido de "subida" com o aumento do tamanho há, apesar de tudo, diferenças na forma como esta tendência se manifesta.

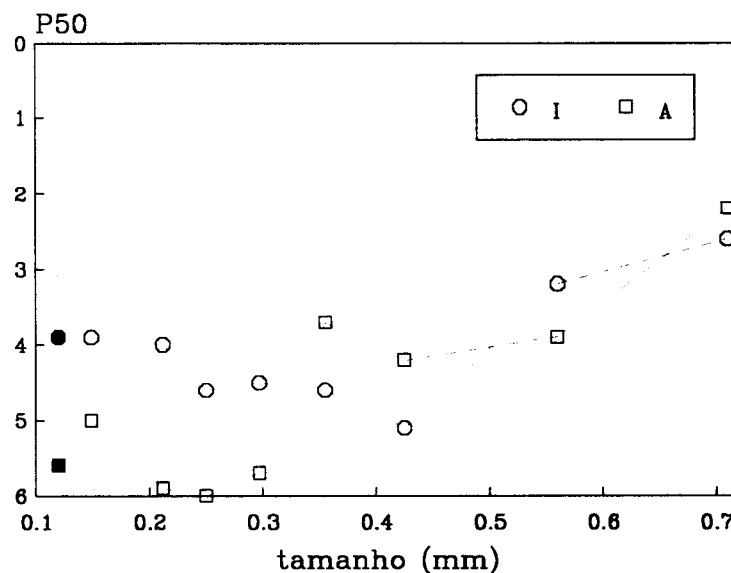
De facto, enquanto em 0-20 cm se observam localizações mais profundas mas pouco diferentes entre si nas três classes de tamanho menores e uma "subida" progressiva com o aumento de tamanho, interrompida pelas sementes retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (ou

"demasiado" acelerada nas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm), já em 0-10 cm se observa uma tendência para menor afundamento das sementes de menor tamanho, seguida de afundamento, com poucas diferenças nas duas classes de tamanho seguintes, mantendo-se para as sementes maiores o padrão descrito para 0-20 cm.

Finalmente, a concordância com os valores médios dos parâmetros  $x_0$  e  $m$  do modelo de Weibull (§ 9.3.1) é também menos clara que em 0-20 cm.

Apesar das diferenças, mantem-se a existência de diferenças entre anisodiamétricas e totais ou e isodiamétricas, mantem-se a tendência geral para o afundamento das sementes com o aumento do tamanho até que este parece tornar-se impeditivo e mantem-se a impossibilidade de considerar distribuições verticais de referência para as sementes anisodiamétricas pré-mobilização, com as quais comparar as distribuições resultantes da gradagem.

9.3.2.2.4 Discussão geral. Apesar de haver diferenças entre as características das distribuições verticais das sementes isodiamétricas e anisodiamétricas (mas não das totais) quando se comparam as duas profundidades, globalmente as conclusões são muito semelhantes sugerindo que a diferença de escala não acarreta alterações substanciais da distribuição vertical das sementes. Assim, a discussão feita sobre as distribuições verticais em 0-20 cm (§ 9.3.2.1.4) pode ser aplicada, quase sem alteração, às distribuições verticais em 0-10 cm, apresentando-se na figura 9.62 a variação de  $P_{50}$  média em 0-10 cm, de forma análoga ao que se fez para 0-20 cm (figura 9.34).



**Figura 9.62** Profundidade média necessária, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada de sementes ( $P_{50}$ ) em MITRA2, pré-mobilização, 0-10 cm em sementes isodiamétricas (I) e anisodiamétricas (A) em função das classes de tamanho. Pontos a cheio referem-se a todas as classes de tamanho.

Finalmente, de realçar que, como em 0-20 cm, a contradição referida no § 7.5 não parece ser uma criação dos modelos adoptados para modelar a distribuição de frequências de tamanhos das sementes.

## 9.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Encarando o banco de sementes na sua totalidade, a ausência prolongada de mobilizações tem como consequência a concentração de sementes em camadas relativamente superficiais. Esta conclusão, confirmada por diversos autores (por exemplo Barralis *et al.* 1990, Carneiro 1993, Dessaint *et al.* 1990a,b, Moss 1985b, Peyronel 1953), é relativamente inquestionável.

No entanto, os resultados obtidos sugerem que o banco de sementes dificilmente pode ser considerado como um todo, não só em termos taxonômicos habituais, mas igualmente quanto à forma e tamanho das sementes que o constituem.

De facto, e numa primeira aproximação pode concluir-se pela existência de duas componentes, com características diferentes.

A das sementes isodiamétricas, de localização globalmente mais superficial e o das sementes anisodiamétricas de localização mais profunda, correspondendo a primeira a sementes persistentes e temporárias, consoante o tamanho, a segunda a sementes persistentes.

Numa segunda aproximação, transversal à primeira, surgem três componentes. A primeira, constituída por sementes menores localizadas perto da superfície, a segunda por sementes intermédias e localização profunda e, finalmente, a terceira, formada por sementes maiores e localização ainda mais superficial que a das sementes menores.

Conjugando as duas aproximações, e tendo em conta a discussão feita ao longo deste capítulo, diremos que a) sementes persistentes (isodiamétricas e pequenas) localizam-se mais superficialmente, b) com a redução da persistência (resultante da anisodiametria ou do aumento de tamanho em isodiamétricas) ocorrerão localizações mais profundas e c) a tendência para afundamento em sementes temporárias é contrariado pelo seu aumento de tamanho.

Daí resulta que sementes grandes se localizam muito superficialmente (mais em anisodiamétricas que em isodiamétricas), embora, como seria de esperar, sementes grandes (qualquer que seja a sua forma) apresentam frequências relativas muito baixas.

Haverá pois que admitir, ao menos como hipótese, a existência de mecanismos que facilitem o afundamento de sementes com a diminuição da sua persistência (ou inversamente que dificultem o afundamento com o aumento da persistência) e, consequentemente, que a eficácia desses mecanismos depende em grande medida do tamanho e forma das sementes.

Que mecanismos poderão ser esses, caso existam, é uma pergunta cuja resposta não pode verdadeiramente ser aqui começada.

No entanto, tendo em conta o capítulo 5 em geral (em particular os §§ 5.1.2 e 5.1.4.2) podemos admitir que ornamentos, apêndices e mucilagem possam ter algum papel (Oomes e Elberse 1976), como a textura do solo a poder ser importante (Chambers e MacMahon 1994, Chambers *et al.* 1991, Johnson e Fryer 1992), particularmente no que diz respeito à alteração da eficácia desses mecanismos.



De acordo com os resultados obtidos, poderemos admitir a existência de dois tipos de persistência no banco de sementes. Uma, já reconhecida por Thompson (1987) e Thompson *et al.* (1993) e retomada por Thompson *et al.* (1997), a que chamaremos *persistência intrínseca*, característica de sementes isodiamétricas pequenas.

A segunda, cuja existência é sugerida pelos resultados de MITRA2 pré-mobilização, e a que chamaremos *persistência de posição*, ocorrerá em sementes sem *persistência intrínseca* (em MITRA2 pré-mobilização, isodiamétricas de tamanho intermédio e anisodiamétricas com exceção das maiores) e resulta da sua localização em profundidade maiores não lhes permitir germinar.

Naturalmente que será em relação à *persistência de posição* que as alterações da distribuições verticais provocadas pelas mobilizações poderão ser mais importantes, nomeadamente na sua perda ou ganho, respectivamente por subida ou descida de sementes intrinsecamente não persistentes.

## 10. MOBILIZAÇÕES E BANCO DE SEMENTES. III DISTRIBUIÇÃO DE ABUNDÂNCIAS PÓS-MOBILIZAÇÃO

*ainda que uma rocha caia mais depressa que uma pena,  
uma e outra têm, por igual, tendência para esta viagem*  
Cyrano de Bergerac

No capítulo anterior concluímos haver diferenças importantes na distribuição vertical de abundâncias do banco de sementes associadas à forma e ao tamanho, sendo possível interpretar essas diferenças em termos do que chamamos *persistência intrínseca*, própria de sementes isodiamétricas menores e *persistência de posição*, característica de sementes anisodiamétricas menores e de sementes iso ou anisodiamétricas de tamanho intermédio, com as sementes a localizarem-se tanto mais superficialmente quanto maior a sua *persistência intrínseca* ou quanto mais o seu tamanho as impede de descer e atingirem localizações mais profundas.

Após uma descrição e discussão da abordagem adoptada para a análise e expressão dos resultados, examinaremos o efeito de cada tipo de mobilização realizado na distribuição vertical de abundância de sementes, distinguindo sempre formas e tamanhos, separadamente para cada tipo de mobilização, culminando com uma comparação entre as várias mobilizações, sempre que possível à luz dos dois tipos de persistência referidos acima.

Finalmente, e adoptando uma abordagem diferente, examinaremos a capacidade preditiva das matrizes de probabilidades condicionais de transição entre profundidades apresentadas e descritas anteriormente (§ 8.3), usando os valores pré e pós-mobilização de MITRA2.

### 10.1 ANÁLISE E EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

Tendo em conta que já foi feita anteriormente (§ 9.1.2) não repetiremos a caracterização geral das distribuições verticais de abundância de sementes pós-mobilização nem, pela mesma razão (início do § 9.3), abordaremos a metodologia de modelação da distribuição vertical da abundância de sementes. Também não iremos examinar os valores médios dos parâmetros do modelo de Weibull como expresso em (9.2), devido às conclusões sobre o parâmetro  $m$  (§ 9.3.1) e à concordância geral entre as conclusões obtidas dos valores médios de  $x_0$  e as das estimativas da profundidade  $P_{50}$  à qual se obtém 50% da distribuição acumulada.

Em contrapartida, iremos examinar a distribuição vertical após cada mobilização de forma idêntica à seguida anteriormente para a distribuição pré-mobilização (início do § 9.3.2).

Assim, estimaremos as distribuições verticais pós-mobilização a intervalos de 0.1 cm a partir das equações obtidas pelo ajustamento do modelo de Weibull tal como expresso em (9.2), apresentando os resultados de forma não acumulada. Tal como para pré-mobilização, a análise numérica dos dados não acumulados envolverá o ajustamento de modelos de

regressão forçados à origem pelo método dos mínimos quadrados por regressão sequencial ascendente usando os procedimentos de StatgraphicsPlus (Anónimo 1998), considerando um modelo polinomial incluindo a profundidade até ao quarto grau, as 3 variáveis mudas necessárias para a total separação dos pontos de amostragem e todas as interações entre os termos profundidade e variáveis mudas, num total de no máximo 19 variáveis candidatas.

Usaremos igualmente como valor de referência os valores de  $P_{50}$  obtidos a partir dos ajustamentos do modelo de Weibull. Sempre que justificado apresentaremos entre parêntesis rectos os valores pré-mobilização correspondentes.

Salvo raras excepções, os pontos de amostragem pré-mobilização apresentavam diferenças significativas de distribuição não acumulada. Como veremos adiante, o mesmo se verifica pós-mobilização pelo que, como anteriormente (§ 9.1.3), iremos considerar a distribuição vertical de cada ponto de amostragem pré-mobilização como um estado possível da distribuição vertical de cada ponto pós-mobilização.

Consequentemente, para cada mobilização e cada combinação de tipo de semente (totais, iso e anisodiamétricas) e classe de tamanho, teremos 27 comparações possíveis, correspondentes a 9 pontos de amostragem pré-mobilização e 3 em cada tipo de mobilização. Sempre que, pré ou pós-mobilização, haja pontos de amostragem que não diferem significativamente na distribuição vertical não acumulada de sementes usaremos a sua média, pelo que as 27 comparações correspondem ao máximo possível.

Tendo em conta os objectivos deste trabalho, as comparações serão feitas dividindo, em cada intervalo de profundidade de 0.1 cm, a frequência não acumulada de cada ponto de amostragem pós-mobilização pela frequência não acumulada de cada ponto de amostragem pré-mobilização e logaritmando as razões obtidas por forma a manter a simetria.

Desta forma haverá até 27 distribuições do logaritmo da razão entre a distribuição pós e pré-mobilização ( $R$ ), sendo  $R > 0$  quando a frequência é superior pós-mobilização,  $R < 0$  quando a frequência é superior pré-mobilização e  $R = 0$  quando são idênticas.

Seguidamente haverá que tipificar e caracterizar as respostas fornecidas pelas distribuições de  $R$ . Sendo o objectivo essencial a caracterização do efeito das mobilizações na distribuição vertical de frequências, optámos por considerar a média das distribuições de  $R$ , considerada como a melhor estimativa disponível do efeito de cada mobilização.

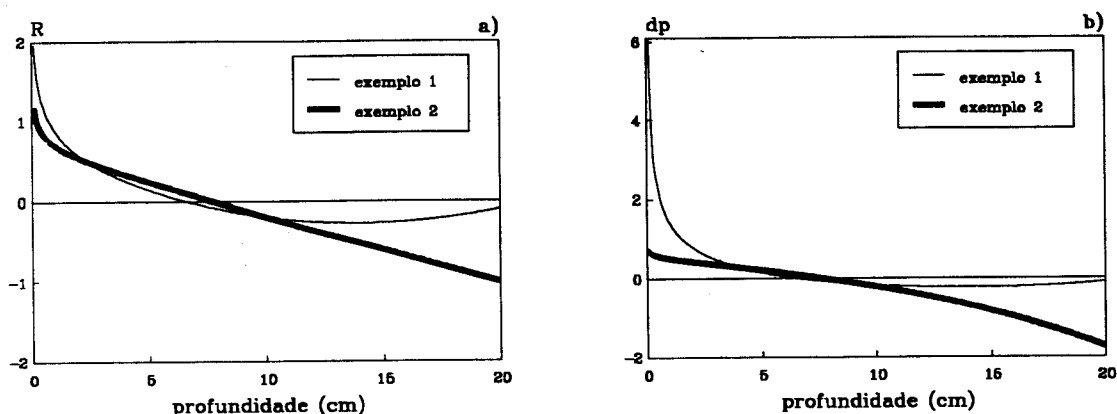
Tendo em conta que o efeito das mobilizações é imediatamente importante no que diz respeito às alterações nas distribuições de frequências superficiais, definimos adicionalmente dois tipos de resposta à mobilização de acordo com o que acontecia nas profundidades mais superficiais.

Por um lado, distribuições de  $R$  com valores positivos nas profundidades superficiais (aumento da frequência pós-mobilização) e que passaremos a referir como *MAS* (*Mobilização Aumenta a frequência à Superfície*), por outro distribuições de  $R$  com valores negativos nas profundidades superficiais (diminuição da frequência pós-mobilização) e que passaremos a referir como *MDS* (*Mobilização Diminui a frequência à Superfície*),

calculando-se, para as duas respostas, o seu valor médio e frequência relativa.

Graficamente representaremos o valor médio de todas as distribuições de  $R$  por um traço contínuo grosso e o valor das distribuições de tipo  $MAS$  por um traço contínuo fino se forem as mais frequentes ( $MDS$  a tracejado) ou por tracejado se forem as menos frequentes ( $MDS$  a contínuo fino).

As distribuições de  $R$  apresentam basicamente três aspectos, cujo significado iremos examinar antecipadamente. Assim, a) valores de  $R$  variando com a profundidade, com aumentos ou diminuições mais ou menos intensas nas profundidades mais superficiais e diminuições ou aumentos de valor tendencialmente constantes nas restantes (exemplo 1 da figura 10.1), b) valores de  $R$  variando com a profundidade em todas as profundidades (exemplo 2 da figura 10.1) e c) valores de  $R$  praticamente iguais em todas as profundidades ( $R_i \approx 0$  para todas as profundidades) significando que a mobilização pouco ou nada alterou a distribuição vertical das sementes.



**Figura 10.1** Exemplos da distribuição a) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-mobilização ( $R$ ) e b) da diferença entre a frequência pós e pré-mobilização ponderada pela frequência pré-mobilização ( $dp$ ) em função da profundidade.

Nos dois exemplos observa-se um aumento da frequência de sementes em profundidades mais superficiais, de forma diferente mas sempre de intensidade decrescente com a profundidade, revelando a subida de sementes mais profundas para profundidades mais superficiais. No entanto, a natureza dessa subida é claramente diferente. Sendo ambos de tipo  $MAS$ , a discussão do significado das subidas aplica-se a distribuições de tipo  $MDS$ , bastando para tanto trocar subidas e descidas.

Assim, no exemplo 1, o valor de  $R$  é negativo e aproximadamente constante a partir dos 6.6 cm de profundidade (figura 10.1a), o que significa que a proporção de sementes que sobe em cada profundidade abaixo dos 6.6 cm é aproximadamente constante.

Em contrapartida, no exemplo 2, o valor de  $R$  é negativo a partir dos 7.8 cm de profundidade (figura 10.1a) mas não é constante, ou seja a proporção de sementes que sobe depende da profundidade. Naturalmente que de profundidades com poucas sementes nunca poderão subir muitas, mas haverá profundidades em que o efeito de subida da mobilização é claramente maior que noutras.

Outra forma de ilustrar a questão envolve o cálculo da diferença entre a frequência pós e pré-mobilização ponderada pela frequência pré-mobilização (figura 10.1b) que na situação 1 é aproximadamente constante em qualquer profundidade abaixo dos 6.6 cm. Ou seja, a proporção de sementes que sobe para menores profundidades é basicamente independente da profundidade, ao contrário da situação 2.

## 10.2 DISTRIBUIÇÃO DE ABUNDÂNCIA DE SEMENTES PÓS-MOBILIZAÇÃO

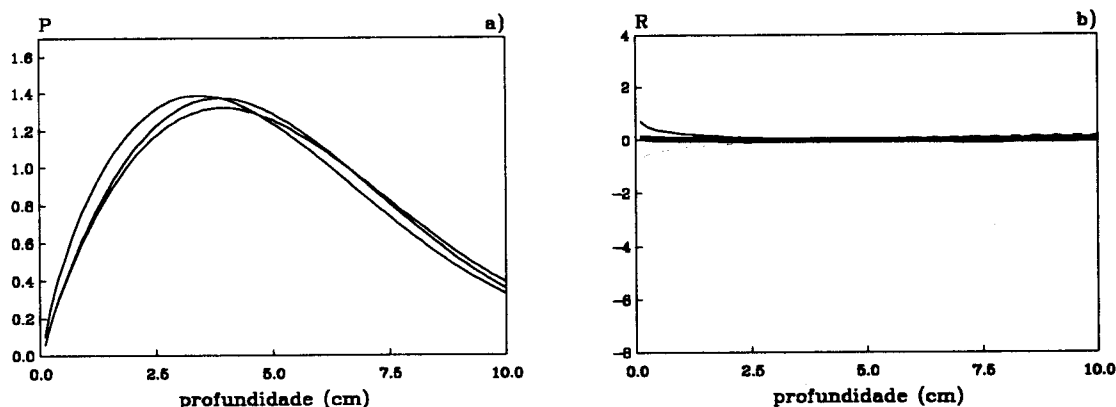
Ao contrário do que temos vindo a fazer, examinaremos em primeiro lugar os efeitos da gradagem, e só depois os da lavoura e escarificador. As razões para esta alteração têm essencialmente que ver com o facto de, na lavoura em MITRA2, ter havido intervenção de charrua e de grade de discos. Assim, será útil conhecer os efeitos do cultivo por grade de discos antes de examinar os da lavoura. No primeiro caso, cultivo por grade de discos, haverá revolvimento do solo enquanto no segundo, poderá esperar-se que da gradagem após inversão da leiva não resulte muito mais que o desfazer de torrões (Cerqueira 1991).

Ou seja, poderá esperar-se que o cultivo por grade de discos tenha maior impacto na distribuição vertical de sementes que a gradagem após charrua e portanto, quanto menor for o efeito da mobilização por gradagem, mais razoável será atribuir os efeitos da lavoura exclusivamente à inversão da leiva pela charrua.

### 10.2.1 Pós-gradagem

Dizendo respeito apenas a 10 cm de profundidade, nos 3 pontos de amostragem pós-gradagem (no sentido de cultivo por grade de discos) registaram-se 6,052 sementes, 38% [55%] das quais isodiamétricas e 62% [45%] anisodiamétricas (como referido atrás, os valores entre parêntesis rectos dizem respeito à situação pré-mobilização correspondente).

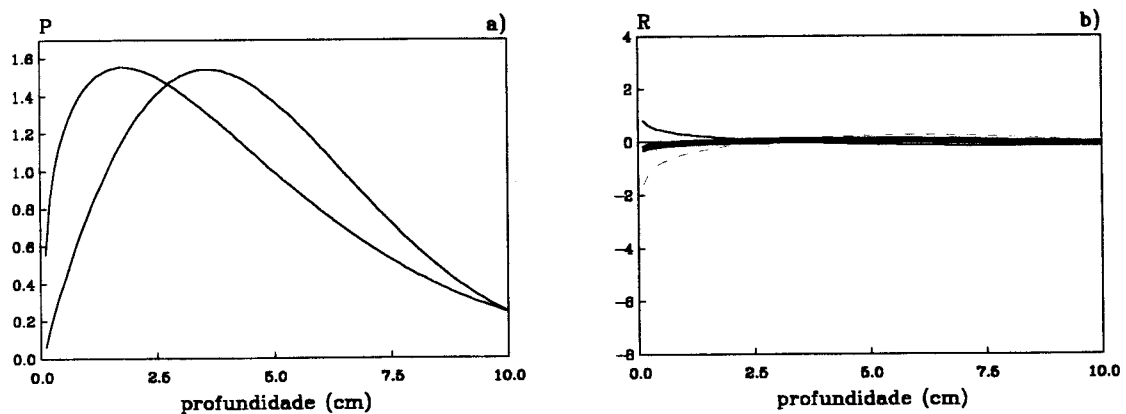
10.2.1.1 Sementes totais. Em todas as sementes totais todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=303$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.2 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.



**Figura 10.2** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de todas as sementes totais pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

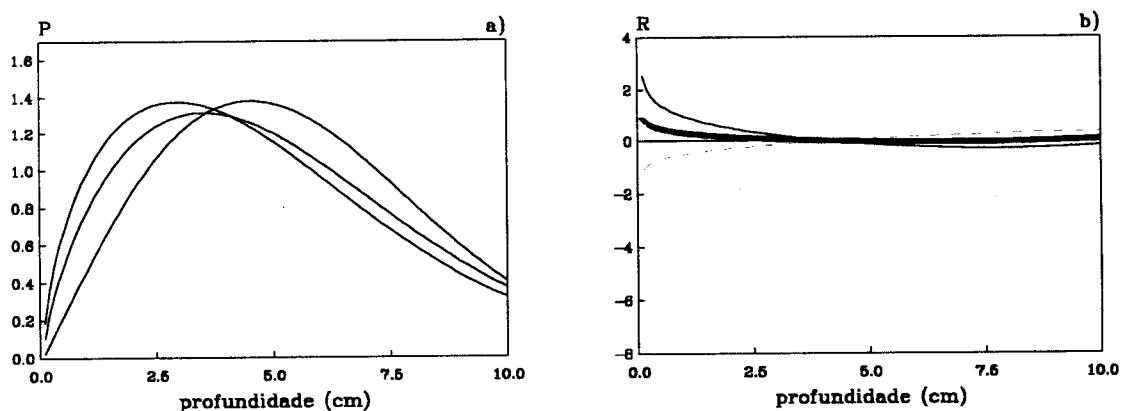
Em todas as sementes totais  $P_{50}$  está compreendida entre 4.6 cm e 5.0 cm [4.0-5.3 cm], com uma média de 4.8 cm [4.7 cm] e, apesar das diferenças entre as distribuições, a figura 10.2a torna evidente uma localização quase simétrica das sementes. Considerando todas as comparações (figura 10.2b), as subidas e descidas quase se anulam; 58% das comparações são *MAS* e 42% *MDS*, de fraca intensidade, só dependentes da profundidade à superfície.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (25% [22%] das totais) os pontos de amostragem  $G1$  e  $G2$  não diferem ( $R^2_{aj}=0.995$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.3 a distribuição do ponto de amostragem diferente, da média dos não diferentes e das 18 comparações.



**Figura 10.3** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.149 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.6 cm e 4.4 cm [3.5-5.0 cm], com uma média de 4.0 cm [4.1 cm]. A figura 10.3a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais ou mais simétricas. Considerando todas as comparações (figura 10.3b), as subidas e descidas de sementes praticamente anulam-se; 56% das comparações são *MAS* e 44% *MDS*, ligeiramente mais intensas em *MDS*, só dependentes da profundidade superficialmente.

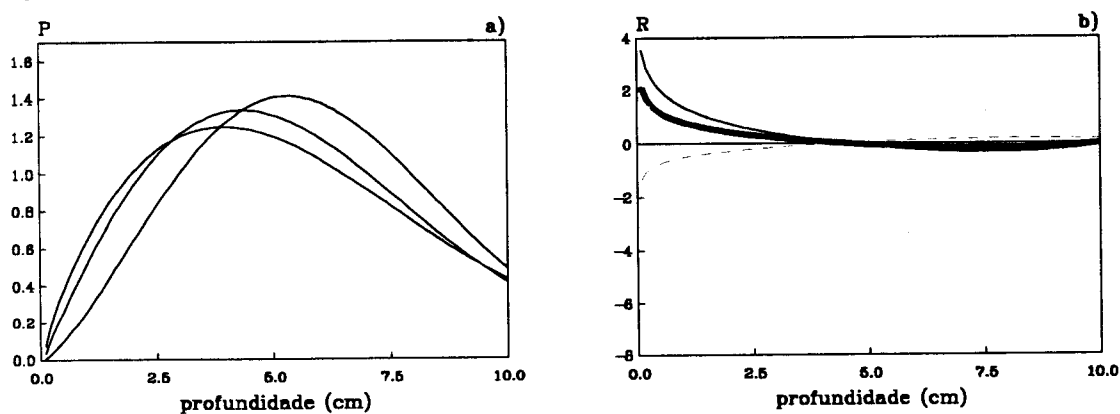


**Figura 10.4** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.212 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (36% [35%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=303$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.4 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.4 cm e 5.2 cm [3.7-6.7 cm], com uma média de 4.8 cm [4.8 cm]. A figura 10.4a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações mais simétricas. Considerando todas as comparações (figura 10.4b), as subidas e descidas de sementes praticamente anulam-se a não ser em profundidades muito superficiais, em que as subidas prevalecem; 56% das comparações são *MAS* e 44% *MDS*, com aumento da intensidade de *MAS*, só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (27% [22%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=303$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.5 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

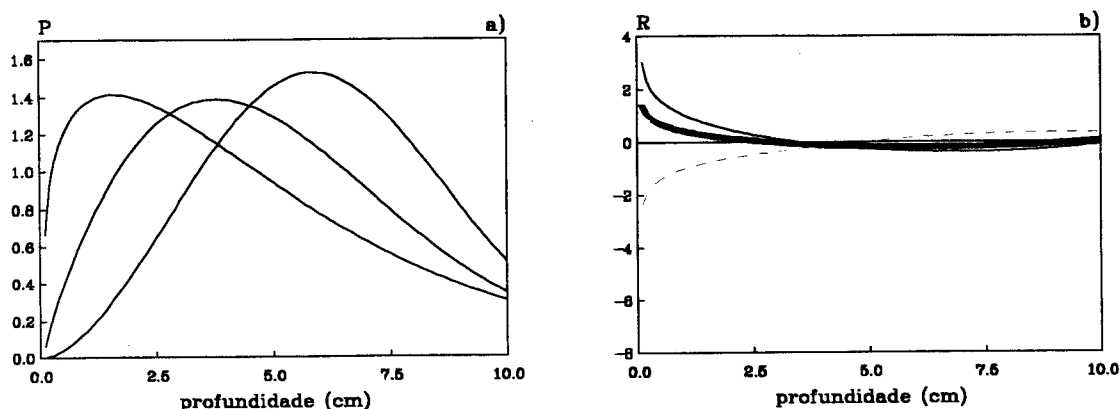


**Figura 10.5** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.250 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínua grosso valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 5.1 cm e 5.7 cm [4.2-6.2 cm], com uma média de 5.3 cm [5.6 cm]. A figura 10.5a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações quase simétricas e localizações mais profundas, mantendo-se a tendência para localizações mais profundas com o aumento do tamanho, embora mais superficiais que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.5b), as subidas e descidas de sementes tendem a anular-se a profundidades maiores que na classe de tamanho anterior, com prevalência das subidas a profundidades menores; 70% das comparações são *MAS* e 30% *MDS*, mantendo-se a tendência para aumento da intensidade de *MAS* e da profundidade para a qual se tornam independentes da profundidade.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (7% [9%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} = 0.996$ ,  $n=303$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes),

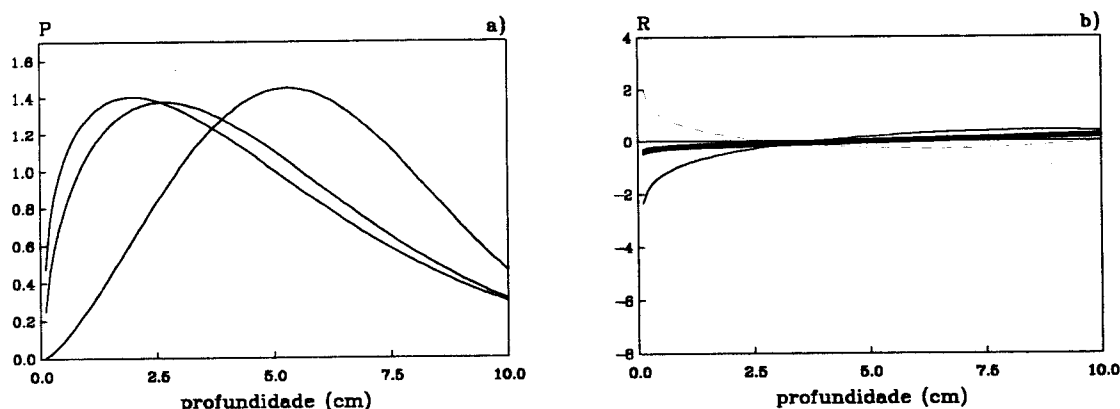
apresentando-se na figura 10.6 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.



**Figura 10.6** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.297 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.9 cm e 6.0 cm [4.5-5.9 cm], com uma média de 4.9 cm [5.3 cm]. A figura 10.6a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais, quase simétricas e mais profundas, invertendo-se a tendência para localizações mais profundas com o aumento do tamanho, mas mantendo-se mais superficiais que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.6b), as subidas e descidas de sementes tendem a anular-se, mas a profundidades menores que na classe de tamanho anterior, com prevalência das subidas a profundidades menores; 70% das comparações são  $MAS$  e 30%  $MDS$ , diminuindo a intensidade de  $MAS$  e aumentando a de  $MDS$ , só dependentes da profundidade à superfície.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (2% [3%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=303$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.7 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

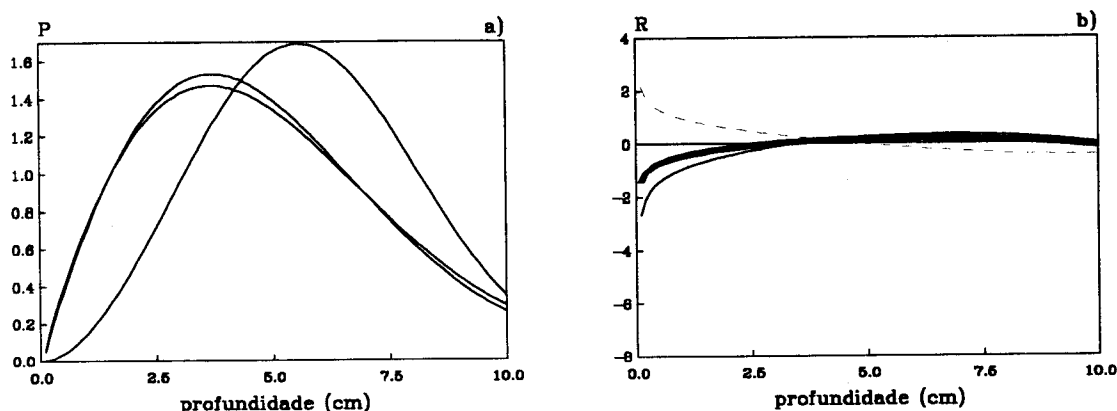


**Figura 10.7** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.355 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .



Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.0 cm e 5.7 cm [3.2-5.0 cm], com uma média de 4.6 cm [4.2 cm]. A figura 10.7a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações quase simétricas, mantendo-se a tendência para localizações mais superficiais com o aumento do tamanho, invertendo-se a tendência para serem mais superficiais que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.7b), as subidas e descidas de sementes tendem a anular-se a não ser para profundidades muito superficiais, de forma análoga ao que acontecia nas duas classes de tamanho menores; 56% das comparações são *MAS* e 44% *MDS*, diminuindo a intensidade de *MAS* e mantendo-se a de *MDS*, reduzindo-se a profundidade a que são independentes da profundidade.

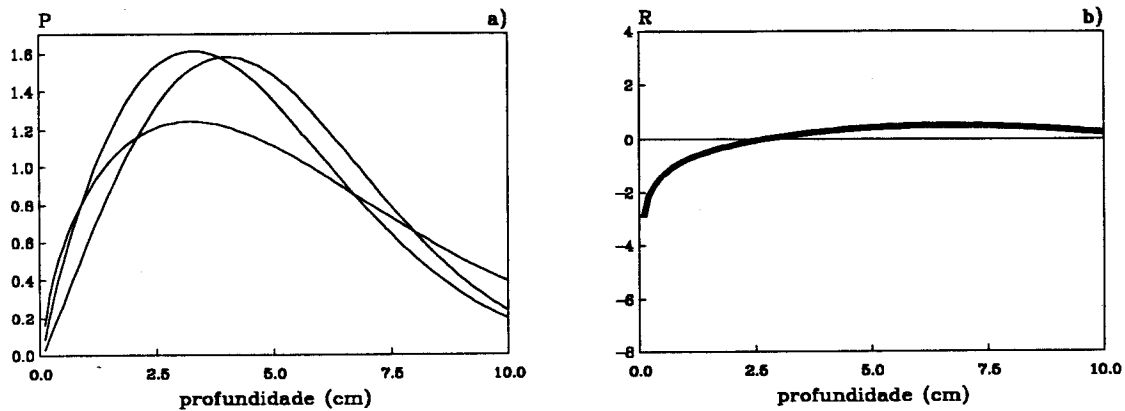
Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (2% [3%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=303$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.002$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.8 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.



**Figura 10.8** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.425 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de *MAS*, a contínuo fino valor médio de *MDS*.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.5 cm e 5.7 cm [3.6-6.3 cm], com uma média de 4.9 cm [4.6 cm]. A figura 10.8a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais semelhantes que na classe de tamanho anterior, invertendo-se a tendência para localizações mais superficiais com o aumento do tamanho, com localização mais profunda que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.8b), as subidas e descidas de sementes tendem a anular-se a não ser para profundidades muito superficiais, com prevalência de descidas; 26% das comparações são *MAS* e 74% *MDS*, mantendo-se a intensidade de *MAS* e de *MDS* e aumentando de novo a profundidade em que são independentes da profundidade.

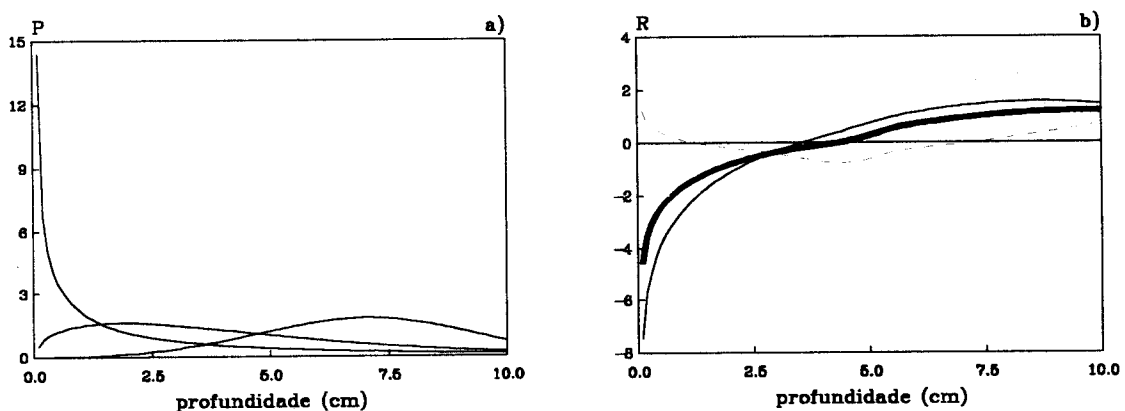
Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (2% [3%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=303$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.038$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.9 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 18 comparações.



**Figura 10.9** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.560 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ .

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.1 cm e 4.8 cm [2.0-3.5 cm], com uma média de 4.5 cm [3.0 cm]. A figura 10.9a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações ainda mais semelhantes que na classe de tamanho anterior, retomando-se a tendência para localizações mais superficiais com o aumento do tamanho pós-gradagem, e mantendo-se a tendência para localizações mais profundas que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.9b), as subidas e descidas de sementes tendem a anular-se a não ser para profundidades superficiais, com prevalência de descidas; todas as comparações são *MDS* mantendo-se a intensidade e a profundidade a que são independentes da profundidade.

Nas sementes totais retidas pelos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (1% [2%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.791$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.10 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 9 comparações.



**Figura 10.10** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.710 mm ou superior pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de *MAS*, a contínuo fino valor médio de *MDS*.

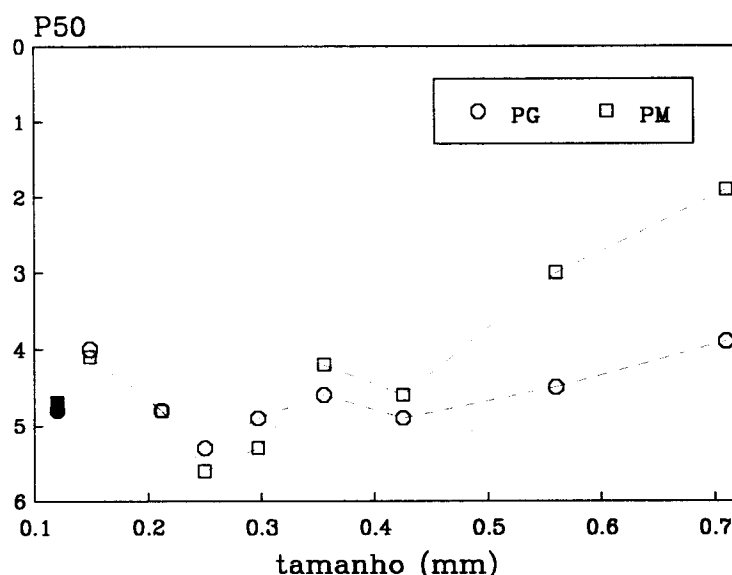
Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 1.2 cm e 6.9 cm [0.8-3.4 cm], com uma média de 3.9 cm [1.9 cm]. A figura 10.10a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações muito superficiais e mais profundas, mantendo-

-se a tendência para localizações mais superficiais com o aumento do tamanho e para localizações mais profundas que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.10b), as subidas e descidas de sementes não tendem a anular-se, com prevalência de descidas; 33% das comparações são *MAS* e 67% *MDS*, mantendo-se a intensidade de *MAS*, aumentando muito a de *MDS*, sendo sempre dependentes da profundidade.

Como conclusão diremos que a distribuição vertical do banco de sementes (todas as sementes totais) praticamente não se alterou após 5 passagens de grade de discos como pode ser visto na figura 10.11.

Considerando as sementes totais por classes de tamanho, conclui-se não haver praticamente alterações na distribuição vertical das sementes menores, havendo uma ligeira subida nas retidas pelos crivos de malha 0.250 mm e 0.297 mm, situação que se inverte para as retidas por todos os crivos de malha maior. Verifica-se uma ligeira descida nas retidas pelos crivos de malha 0.355 mm e 0.425 mm e descidas mais importantes nas sementes maiores, tanto mais importantes quanto maiores (e mais superficiais) são, resultando deste conjunto de movimentações uma distribuição de  $P_{50}$  muito menos variável.

Quando se compara a evolução das sementes retidas pelo crivo de malha 0.149 mm com a das retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (valores de  $P_{50}$  quase iguais a pré-mobilização) verifica-se que nas menores não houve alteração enquanto nas maiores houve descida, o mesmo acontecendo quando se compara a evolução das sementes retidas pelo crivo de malha 0.212 mm com a das retidas pelo crivo de malha 0.425 mm, sugerindo que se a localização pré-mobilização pode ser importante, o tamanho das sementes não é menos. Parece haver uma clara tendência para a gradagem não alterar a localização de sementes menores, subir e descer a de intermédias (subir as intermédias menores, descer as intermédias maiores) e descer claramente as sementes maiores.

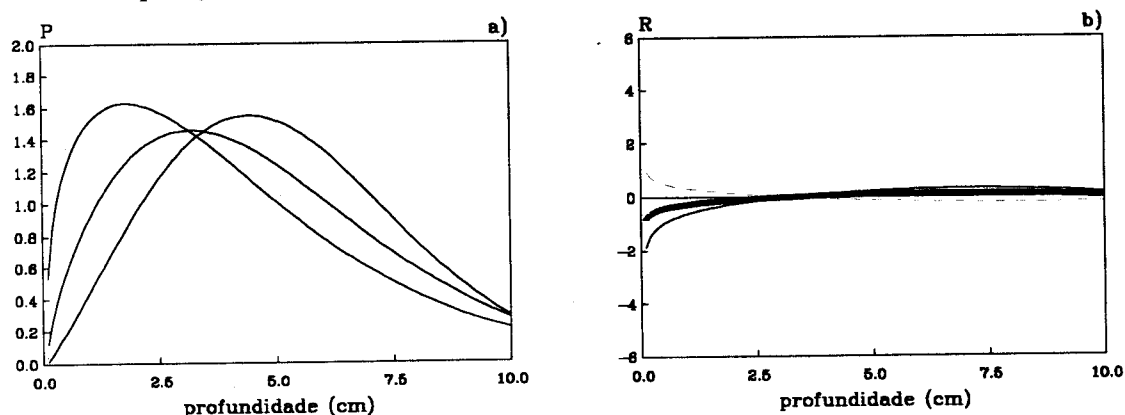


**Figura 10.11** Profundidade média necessária, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada de sementes totais ( $P_{50}$ ) pós-gradagem (*PG*) e pré-mobilização (*PM*), em função das classes de tamanho em MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

Considerando agora todas as comparações, ressalta em primeiro lugar o facto das subidas e descidas só dependerem da profundidade superficialmente, sugerindo que a gradagem afecta diferencialmente profundidades pequenas. A única excepção parece residir nas sementes retidas pelos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm em que os efeitos da gradagem variam sempre com a profundidade.

Em geral, para todas as sementes totais e para as pequenas há probabilidades muito aproximadas de pequenas subidas ou descidas à superfície. Com o aumento do tamanho das sementes aumenta a probabilidade de um determinado tipo de resposta (subida ou descida à superfície), em simultâneo com a diminuição da intensidade da resposta menos provável.

10.2.1.2 Sementes isodiamétricas. Em todas as sementes isodiamétricas todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.997$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.005$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.12 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

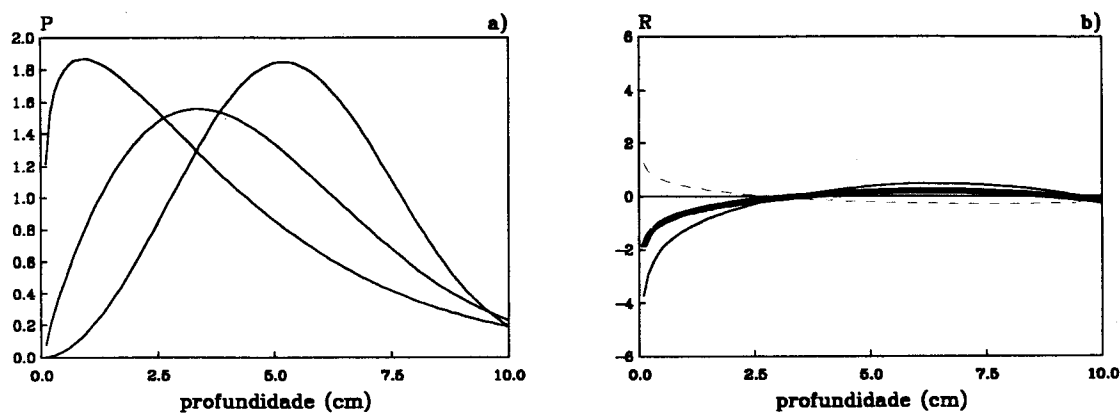


**Figura 10.12** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de todas as sementes isodiamétricas pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em todas as sementes isodiamétricas  $P_{50}$  está compreendida entre 3.5 cm e 4.9 cm [2.7-4.7 cm], com uma média de 4.2 cm [3.9 cm]. A figura 10.12a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações bastante superficiais e localizações quase simétricas. Todas as isodiamétricas localizam-se mais superficialmente que todas as totais e um pouco mais profundamente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.12b), as subidas e descidas de sementes anulam-se a não ser a profundidades muito superficiais; 37% das comparações são  $MAS$  e 63%  $MDS$ , mais intensas em  $MDS$ , só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (53% [35%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.985$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.13 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.

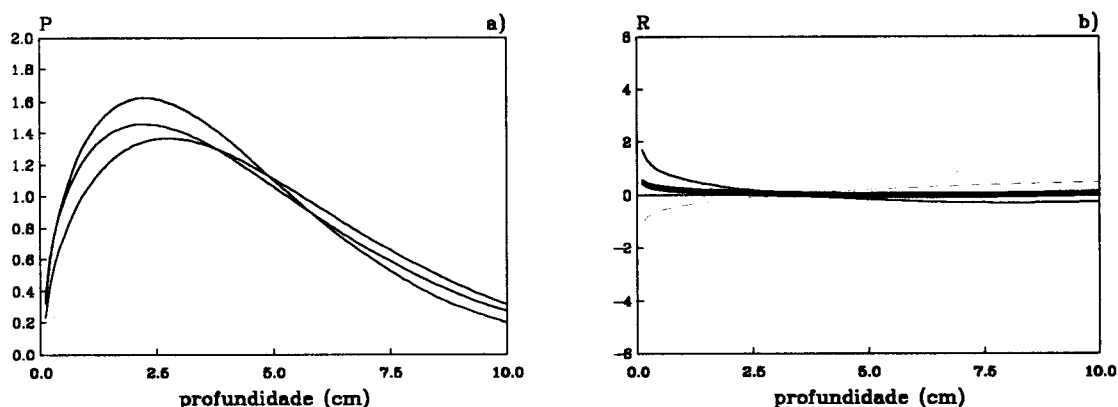
Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.0 cm e 5.3 cm [3.4-4.6 cm], com uma média de 4.2 cm [3.9 cm].



**Figura 10.13** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

A figura 10.13a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações mais profundas. Em pós-gradagem as sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se um pouco mais profundamente que as totais e que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.13b), as subidas e descidas tendem a anular-se a não ser a profundidades superficiais, com prevalência de descidas; 38% das comparações são  $MAS$  e 62%  $MDS$ , mais intensas em  $MDS$ , sem alteração em  $MAS$ , só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (32% [41%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.004$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.14 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 21 comparações.

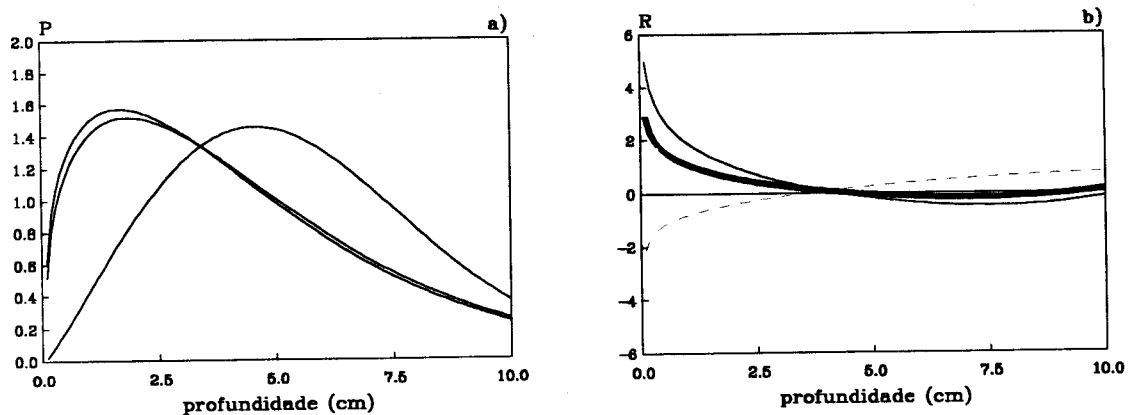


**Figura 10.14** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.6 cm e 4.3 cm [2.1-5.6 cm], com uma média de 3.9 cm [4.0 cm]. A figura 10.14a torna evidentes as diferenças entre amostras, embora com localizações essencialmente superficiais. As sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais superficialmente que as

totais e que as da classe anterior e praticamente à mesma profundidade que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.14b), as subidas e descidas de sementes tendem a anular-se a não ser a profundidades muito superficiais, com ligeira prevalência de subidas; 57% das comparações são *MAS* e 43% *MDS*, praticamente com a mesma intensidade em *MAS*, só dependendo da profundidade superficialmente em *MAS*, parecendo sempre independente em *MDS*.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (5% [9%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.995$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.028$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.15 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

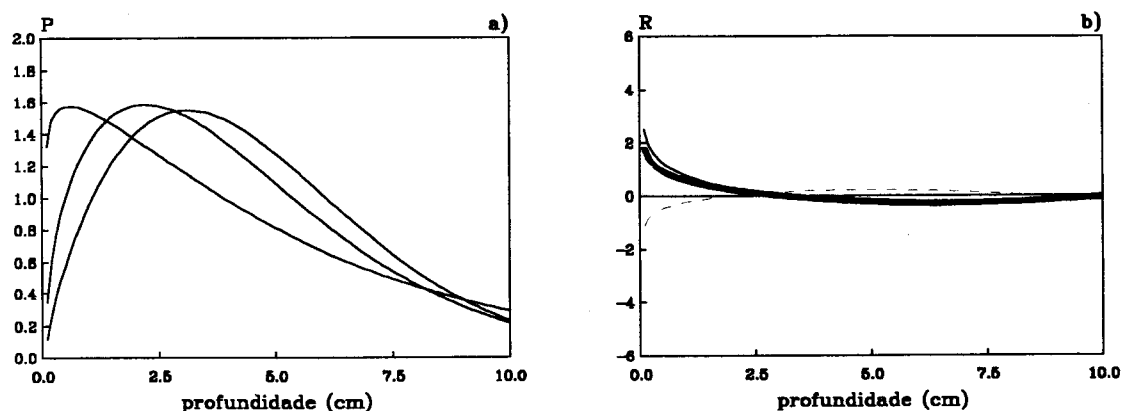


**Figura 10.15** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.6 cm e 5.1 cm [2.1-7.6 cm], com uma média de 4.1 cm [4.6 cm]. A figura 10.15a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações quase simétricas. Em pós-gradagem as sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais superficialmente que as totais, um pouco mais profundamente que as da classe anterior e mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.15b), as subidas e descidas tendem a anular-se a maiores profundidades que nas classes anteriores, com clara prevalência de subidas; 70% das comparações são *MAS* e 30% *MDS*, com aumento de intensidade nos dois tipos, maior em *MAS*, só dependendo da profundidade superficialmente em *MAS*, sempre independente da profundidade em *MDS*.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (3% [3%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.993$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.16 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

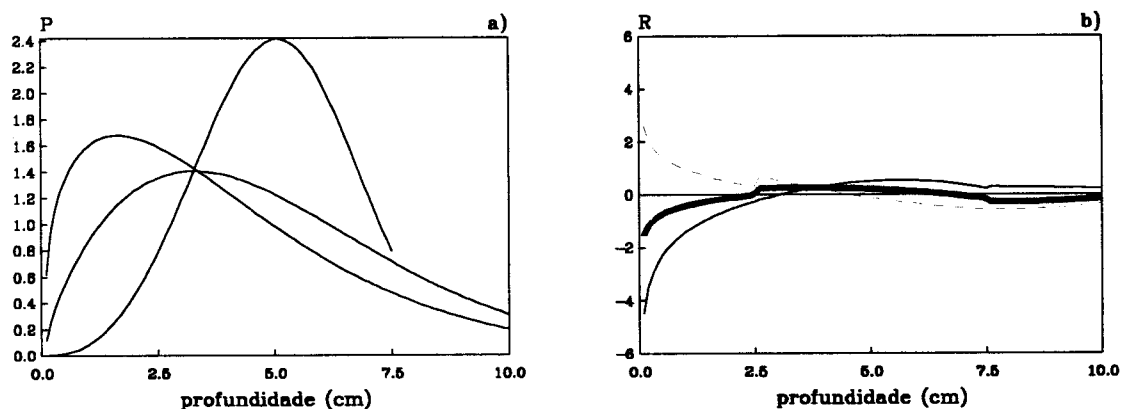
Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.7 cm e 4.1 cm [3.2-5.1 cm], com uma média de 3.8 cm [4.5 cm]. A figura 10.16a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais ou menos superficiais.



**Figura 10.16** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

As sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais superficialmente que as totais, um pouco mais que as da classe anterior e mais que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.16b), as subidas e descidas tendem a anular-se a menores profundidades que na classe anterior, com prevalência de subidas; 82% das comparações são  $MAS$  e 18%  $MDS$ , com maior redução de intensidade em  $MAS$ , só dependente da profundidade superficialmente.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (2% [3%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.996$ ,  $n=278$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.17 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

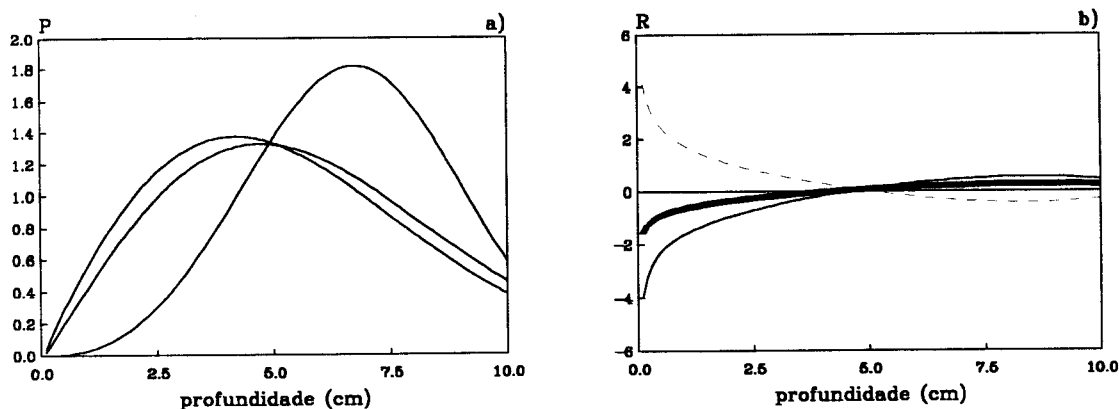


**Figura 10.17** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.3 cm e 5.0 cm [2.4-7.2 cm], com uma média de 4.2 cm [4.6 cm]. A figura 10.17a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações superficiais ou quase simétricas. Em pós-gradagem as sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais superficialmente que as totais, um pouco mais profundamente que as da classe anterior e

mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.17b), as subidas e descidas de sementes tendem a anular-se às mesmas profundidades que na classe anterior, mas agora com prevalência de descidas; 48% das comparações são *MAS* e 52% *MDS*, com aumento da intensidade em *MDS*, só dependente da profundidade superficialmente mas menos que na classe de tamanho anterior.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (2% [3%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.041$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.18 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.



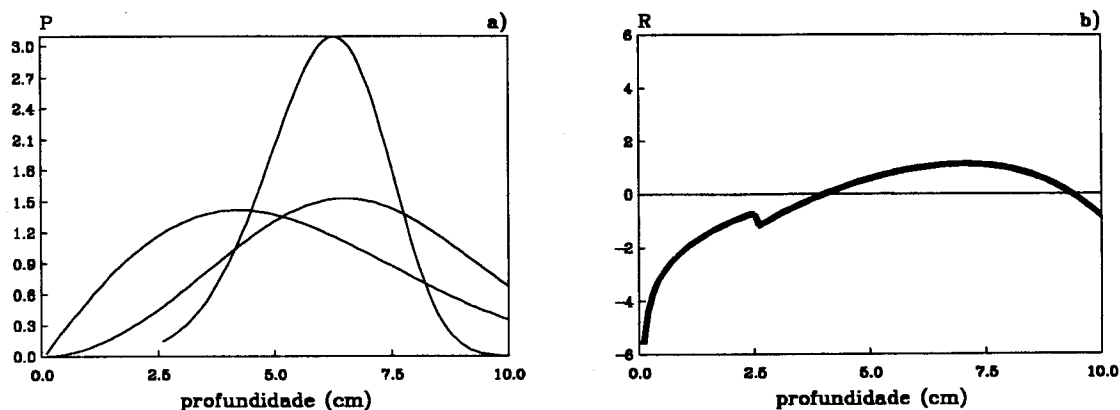
**Figura 10.18** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de *MAS*, a contínuo fino valor médio de *MDS*.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 5.0 cm e 6.6 cm [3.8-6.8 cm], com uma média de 5.7 cm [5.1 cm]. A figura 10.18a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações quase simétricas e localizações mais profundas. As sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais profundamente que as totais, que as da classe anterior, mantendo-se a tendência para uma localização mais profunda com o aumento de tamanho, e mais profundamente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.18b), as subidas e descidas tendem a anular-se a profundidades maiores que na classe anterior, com prevalência de descidas; 30% das comparações são *MAS* e 70% *MDS*, com aumento da intensidade em *MAS* e redução em *MDS*, só dependente da profundidade superficialmente, mas menos que na classe de tamanho anterior.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (2% [4%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.996$ ,  $n=278$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.19 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 5.0 cm e 6.0 cm [2.2-4.3 cm], com uma média de 5.9 cm [3.2 cm]. A figura 10.19a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações quase simétricas e mais profundas.



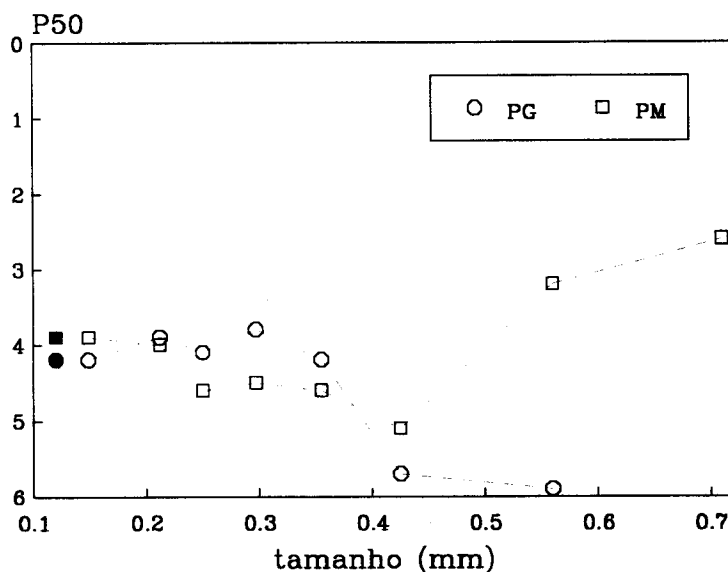


**Figura 10.19** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ .

As sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais profundamente que as totais, um pouco mais que as da classe anterior, mantendo-se a tendência para uma localização mais profunda com o aumento de tamanho, e mais profundamente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.19b), as subidas e descidas de sementes não tendem a anular-se, com prevalência de descidas; todas as comparações são *MDS* (como em totais), com maior intensidade, sempre dependentes da profundidade.

Nas sementes isodiamétricas retidas por crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (menos de 1% [2%] das isodiamétricas) não foi possível tentar ajustamentos para qualquer ponto de amostragem (ver § 9.2.1).

Como conclusão diremos que a distribuição vertical de todas as sementes isodiamétricas pouco se alterou após 5 passagens de grade de discos, como pode ser visto na figura 10.20.



**Figura 10.20** Profundidade média necessária, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada de sementes isodiamétricas ( $P_{50}$ ) pós-gradagem (PG) e pré-mobilização (PM), em função das classes de tamanho em MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

Considerando as sementes isodiamétricas por classes de tamanho, conclui-se haver poucas

ou nenhuma alteração na distribuição vertical das sementes menores, subidas mais ou menos importantes nas retidas pelos crivos de malha 0.250 mm e 0.355 mm e o inverso nas retidas nos crivos de malhas maiores, com descidas tanto mais importantes quanto maiores as sementes. Destas movimentações, não resulta, ao contrário de sementes totais, uma distribuição de  $P_{50}$  menos variável. Há, pois, diferenças entre a resposta à gradagem das sementes isodiamétricas e das totais, embora menos pronunciadas que em pré-mobilização.

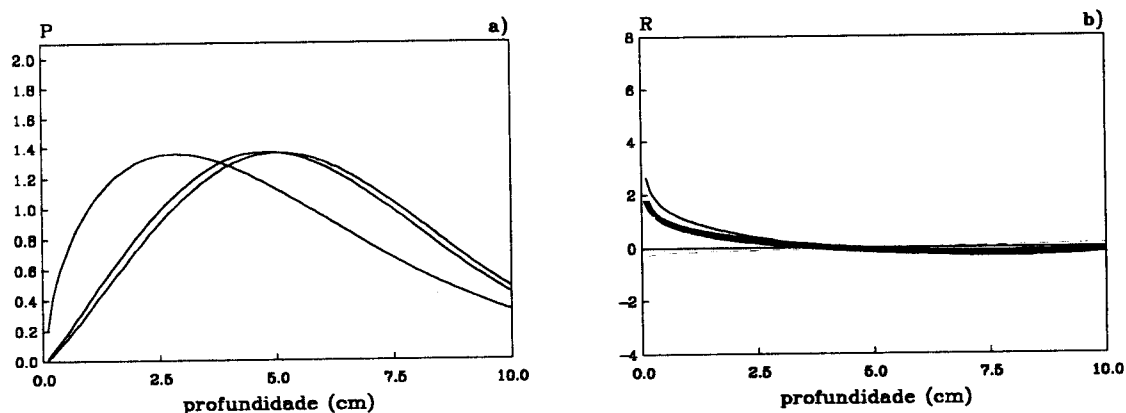
Quando se compara a evolução das sementes retidas pelos crivos de malha 0.250 mm, 0.297 mm e 0.355 mm (valores de  $P_{50}$  praticamente iguais a pré-mobilização) verifica-se que houve sempre subidas, para valores igualmente semelhantes, sugerindo que o tamanho das sementes poderá ser menos importante que em totais. No entanto, examinando a evolução das sementes retidas pelos crivos de malha 0.425 mm e 0.560 mm (as primeiras bastante mais profundas em pré-mobilização) conclui-se que a gradagem, apesar de provocar sempre a descida destas sementes, afecta mais as maiores.

Globalmente parece haver tendência para a gradagem não alterar a localização de sementes menores (como em totais), subir a de intermédias e descer claramente as maiores.

Considerando agora todas as comparações, ressalta o facto das subidas e descidas só serem dependentes da profundidade superficialmente, excepto nas retidas pelos crivos de malha 0.560 mm.

Ao contrário do que acontecia em sementes totais, em isodiamétricas não há um padrão claro de variação da probabilidade e intensidade de subidas e descidas à superfície com o aumento de tamanho, não se podendo dizer, por exemplo, que aumentos da probabilidade de uma resposta estejam associados à diminuição da intensidade da outra (veja-se o caso das sementes retidas pelos crivos de malha 0.355 mm e 0.425 mm).

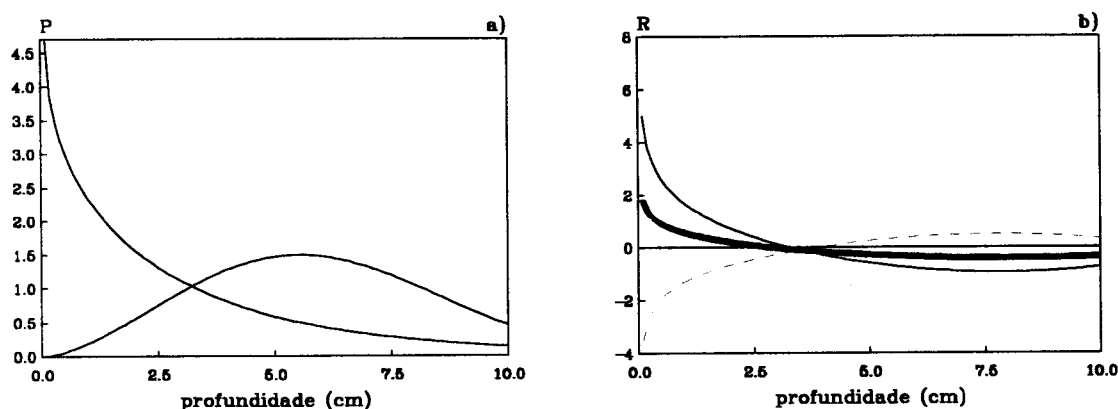
10.2.1.3 Sementes anisodiamétricas. Em todas as sementes anisodiamétricas todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=303$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.034$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.21 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.



**Figura 10.21** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de todas as sementes anisodiamétricas pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Em todas as sementes anisodiamétricas  $P_{50}$  está compreendida entre 4.4 cm e 5.6 cm [5.0-6.5 cm], com uma média de 5.1 cm [5.6 cm]. A figura 10.21a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações quase simétricas. Todas as sementes anisodiamétricas localizam-se mais profundamente que todas as totais e todas as isodiamétricas, e mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.21b), as subidas e descidas anulam-se a não ser a profundidades superficiais, com prevalência de subidas; 70% das comparações são *MAS* e 30% *MDS*, quase nulas em *MDS*, só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (8% [7%] das anisodiamétricas) os pontos de amostragem  $G1$  e  $G3$  não diferem ( $R^2_{aj}=0.958$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.22 a distribuição do ponto de amostragem diferente, da média dos não diferentes e das 16 comparações.

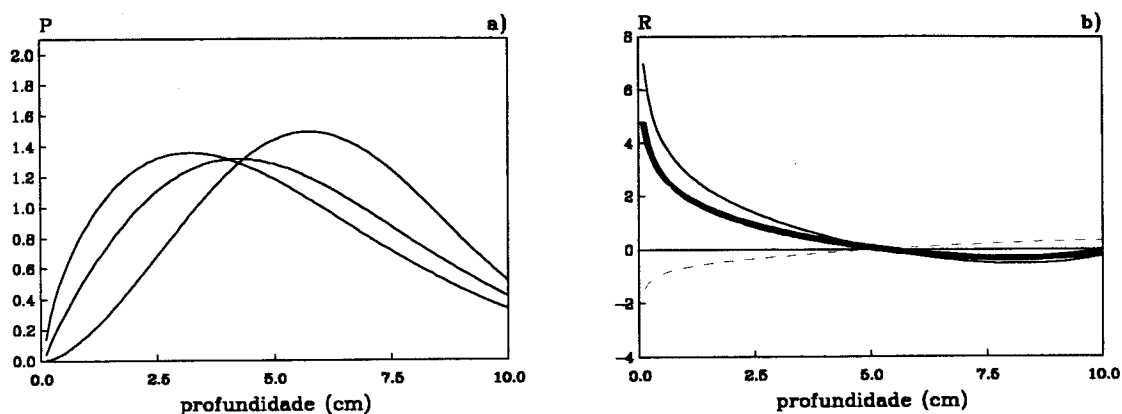


**Figura 10.22** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 2.0 cm e 5.8 cm [3.7-6.4 cm], com uma média de 3.9 cm [5.0 cm]. A figura 10.22a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações muito superficiais e localizações mais profundas. Em pós-gradagem estas sementes anisodiamétricas localizam-se quase à mesma profundidade que as totais, um pouco mais superficialmente que as isodiamétricas e mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.22b), as subidas e descidas tendem a anular-se a não ser em profundidades superficiais, com prevalência de subidas; 62% das comparações são *MAS* e 38% *MDS*, um pouco mais intensas em *MAS* só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (38% [28%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}>0.999$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.008$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.23 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

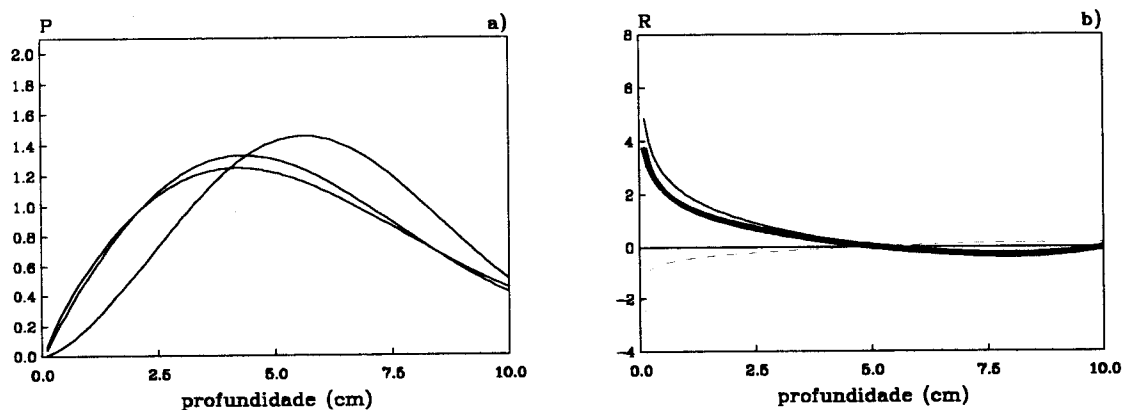
Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.5 cm e 6.0 cm [4.4-7.7 cm], com uma média de 5.2 cm [5.9 cm].



**Figura 10.23** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

A figura 10.23a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações mais profundas. As sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais profundamente que as totais, que as isodiamétricas, que as da classe anterior, mas mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.23b), as subidas e descidas só tendem a anular-se a profundidades maiores, com prevalência de subidas; 74% das comparações são  $MAS$  e 26%  $MDS$ , mais intensas em  $MAS$ , e menos em  $MDS$ , só dependentes da profundidade até maiores profundidades que na classe de tamanho anterior.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (40% [39%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=303$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.24 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

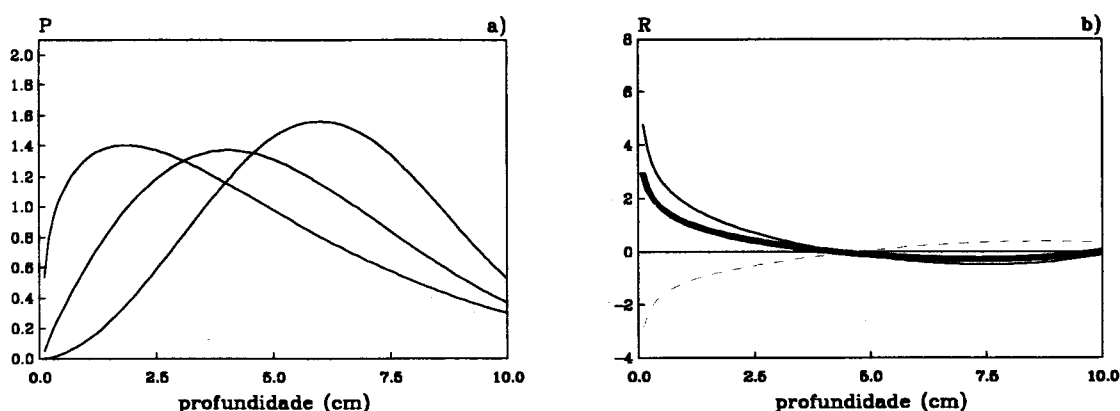


**Figura 10.24** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 5.2 cm e 5.9 cm [4.8-7.6 cm], com uma média de 5.4 cm [6.0 cm]. A figura 10.24a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações quase simétricas e localizações

mais profundas. Em pós-gradagem as anisodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se quase à mesma profundidade que as totais, mais profundamente que as isodiamétricas, um pouco mais que as da classe anterior, mas mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.24b), as subidas e descidas tendem a anular-se a profundidades semelhantes às da classe anterior, com prevalência de subidas; 82% das comparações são *MAS* e 18% *MDS*, menos intensas em *MAS*, pouco menos em *MDS*, só dependentes da profundidade até valores semelhantes às da classe anterior.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (9% [16%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.020$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.25 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 21 comparações.



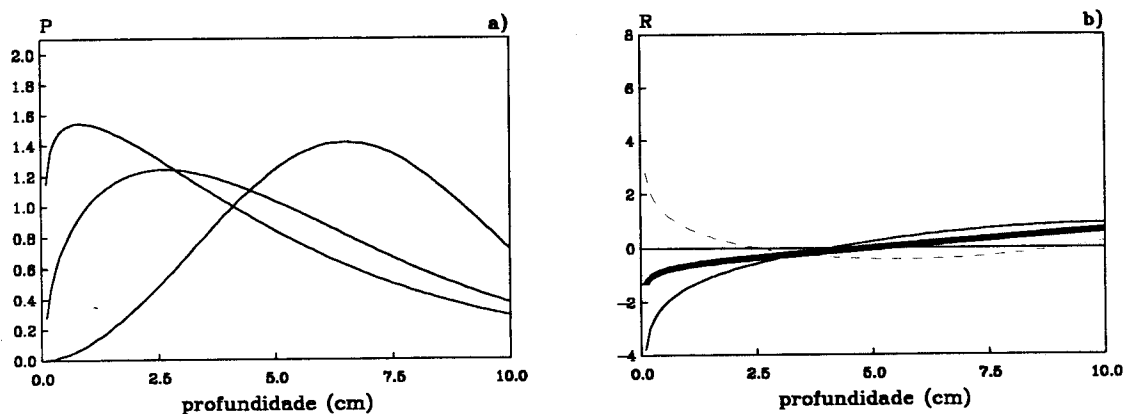
**Figura 10.25** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.0 cm e 6.1 cm [4.5-6.7 cm], com uma média de 5.0 cm [5.7 cm]. A figura 10.25a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais, quase simétricas e mais profundas. As sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se quase à mesma profundidade que as totais, mais profundamente que as isodiamétricas, mais superficialmente que as da classe anterior, invertendo-se a tendência para afundamento com o aumento de tamanho, e mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.25b), as subidas e descidas só tendem a anular-se a profundidades semelhantes às das classes anteriores, com prevalência de subidas; 76% das comparações são *MAS* e 24% *MDS*, de igual intensidade em *MAS*, mais intensas em *MDS*, só dependentes da profundidade para valores semelhantes aos das classes anteriores.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (1% [4%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.993$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.26 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.7

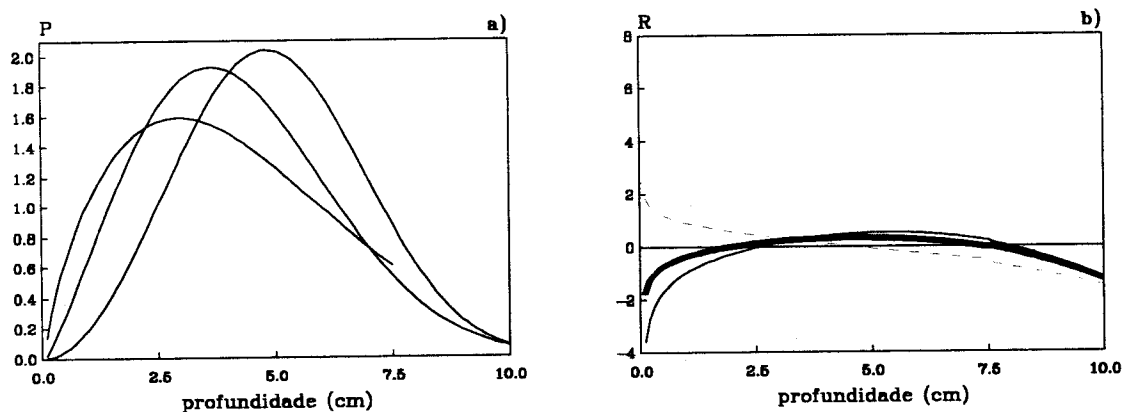
cm e 6.7 cm [1.7-5.4 cm], com uma média de 5.0 cm [3.7 cm].



**Figura 10.26** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

A figura 10.26a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações mais profundas. Em pós-gradagem as sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais profundamente que as totais e que as isodiamétricas, à mesma profundidade que as da classe anterior, mas mais profundamente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.26b), as subidas e descidas tendem a anular-se a profundidades menores que as das classes anteriores, agora com prevalência de descidas; 38% das comparações são  $MAS$  e 62%  $MDS$ , de menor intensidade em  $MAS$ , mais intensas em  $MDS$ , sempre dependentes da profundidade, particularmente em  $MDS$ .

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (1% [2%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=278$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.27 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 15 comparações.

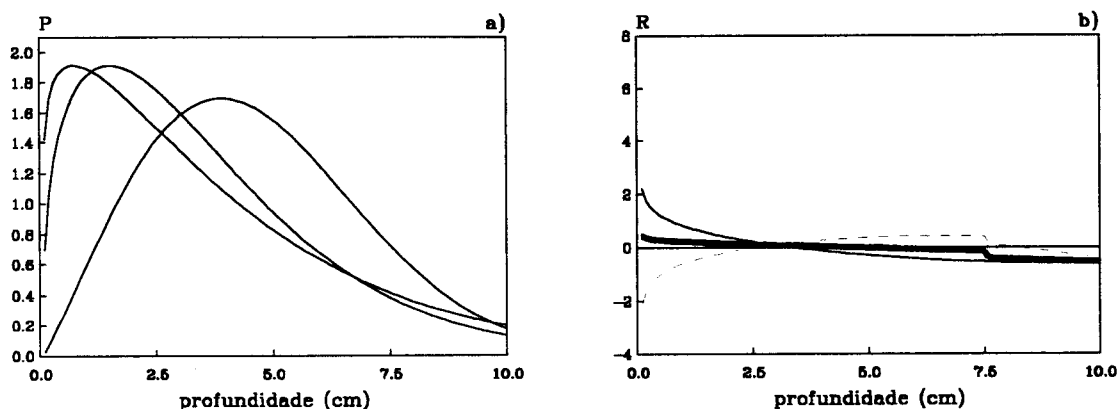


**Figura 10.27** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.0

cm e 4.9 cm [2.9-5.3 cm], com uma média de 4.3 cm [4.2 cm]. A figura 10.27a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações mais profundas. As sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais superficialmente que as totais, isodiamétricas e que as da classe anterior, e quase à mesma profundidade que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.27b), as subidas e descidas tendem a anular-se com exceção de profundidades superficiais e elevadas, agora com prevalência de descidas; 33% das comparações são *MAS* e 67% *MDS*, de menor intensidade em *MAS*, sempre dependentes da profundidade.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (2% [2%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.989$ ,  $n=303$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.010$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.28 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 12 comparações.



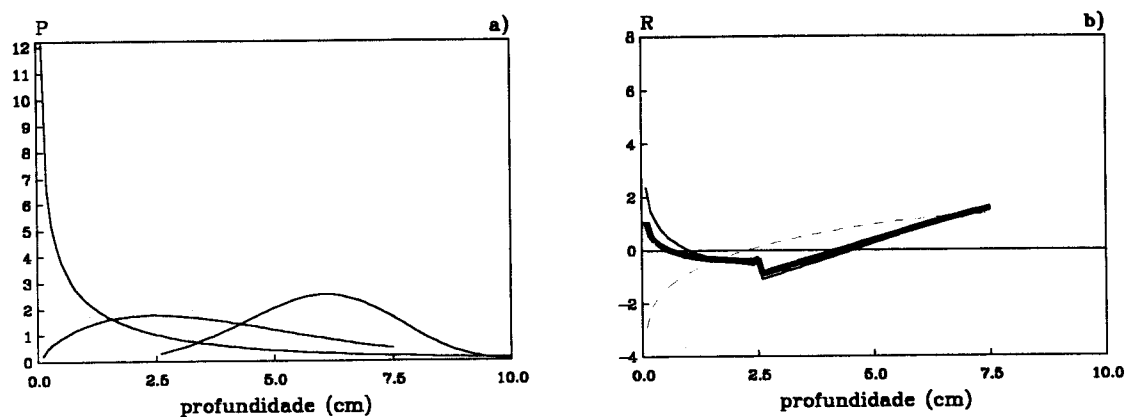
**Figura 10.28** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 2.9 cm e 4.4 cm [2.1-5.1 cm], com uma média de 3.4 cm [3.9 cm]. A figura 10.28a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações quase simétricas. Em pós-gradagem estas sementes localizam-se mais superficialmente que as totais, isodiamétricas, as da classe anterior e que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.28b), as subidas e descidas tendem a anular-se em todas as profundidades; 58% das comparações são *MAS* e 42% *MDS*, de igual intensidade em *MAS*, menos intensas em *MDS*, sempre dependentes da profundidade.

Nas anisodiamétricas retidas pelos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (1% [2%] das anisodiamétricas) todos os pontos diferem ( $R^2_{aj}=0.860$ ,  $n=253$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.002$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.29 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 6 comparações.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 1.2 cm e 5.9 cm [1.5-2.9 cm], com uma média de 4.5 cm [2.2 cm]. A figura 10.29a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações muito superficiais e mais profundas,

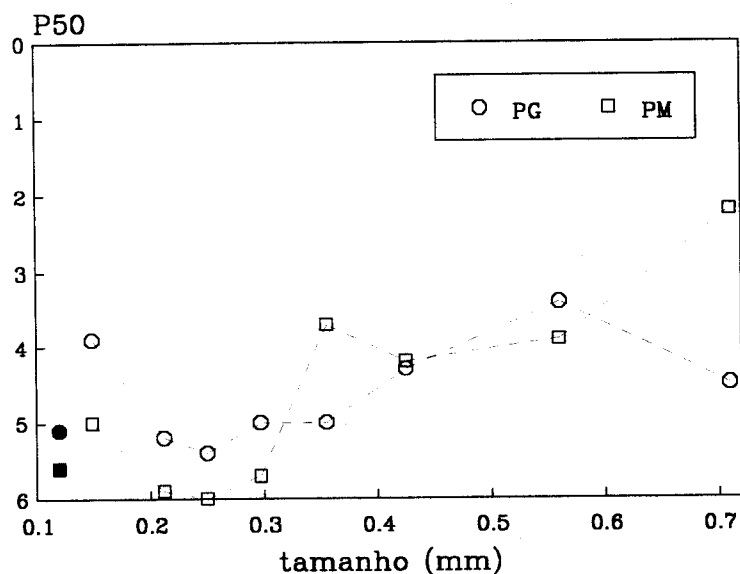
com sementes abaixo dos 7.5 cm ao contrário de pré-mobilização (figura 9.61).



**Figura 10.29** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelos crivos de malha 0.710 mm ou maior pós-gradagem e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-gradagem ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

As sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais profundamente que as totais, que as da classe anterior, e que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.29b), as subidas e descidas praticamente nunca se anulam; 83% das comparações são  $MAS$  e 17%  $MDS$ , de igual intensidade em  $MAS$ , mais intensas em  $MDS$ , sempre dependentes da profundidade.

Como conclusão diremos que a distribuição vertical de todas as sementes anisodiamétricas pouco se alterou (subida muito ligeira) após 5 passagens de grade de discos, como pode ser visto na figura 10.30, conclusão análoga à obtida para todas as isodiamétricas (descida muito ligeira) e, naturalmente, para as totais.



**Figura 10.30** Profundidade média necessária, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada de sementes anisodiamétricas ( $P_{50}$ ) pós-gradagem ( $PG$ ) e pré-mobilização ( $PM$ ), em função das classes de tamanho em MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

Considerando as sementes anisodiamétricas por classes de tamanho, conclui-se haver



alterações na distribuição vertical das menores, que não se verificava em isodiamétricas e totais, com maiores subidas pós-gradagem nas sementes menores e subidas de intensidade praticamente independente do tamanho nas retidas pelos crivos de malha 0.212 mm, 0.250 mm e 0.297 mm. Nas maiores sementes constatam-se subidas e descidas relativamente à distribuição pré-mobilização, de intensidade máxima nas maiores, aparentemente sem relação com o tamanho e localização das sementes.

Destas movimentações resulta, ao contrário do observado em isodiamétricas, uma distribuição de  $P_{50}$  menos variável. Há, pois, diferenças entre a resposta à gradagem das sementes anisodiamétricas e das isodiamétricas.

Já vimos que nas sementes retidas até ao crivo de malha 0.297 mm há sempre subidas, aparentemente sem depender do tamanho, mas só da localização pré-mobilização. No entanto, quando se compara a evolução das sementes retidas pelos crivos de malha 0.355 mm e 0.560 mm (valores de  $P_{50}$  praticamente iguais pré-mobilização) observa-se pós-gradagem uma clara descida das sementes menores e uma subida das maiores, com o efeito mais intenso, de novo de descida, a ocorrer nas sementes maiores (crivos 0.710 mm ou superiores), sugerindo que, como em isodiamétricas, o tipo e intensidade da movimentação possa depender do tamanho mas só em sementes maiores.

Globalmente, parece haver tendência para a gradagem subir as sementes menores, descer ou pouco alterar as intermédias e descer claramente as maiores.

Considerando agora todas as comparações, sobressai o facto das subidas e descidas só serem dependentes da profundidade superficialmente, ocorrendo até profundidades maiores que em sementes isodiamétricas e só até às retidas pelos crivos de malha 0.297 mm; em sementes maiores há sempre dependência.

Ao contrário de sementes totais, tal como acontecia em isodiamétricas, as probabilidades de subidas e descidas só raramente são semelhantes nas anisodiamétricas; adicionalmente, mas só até às retidas pelo crivo de malha 0.297 mm, o aumento da probabilidade de subidas tende a estar associado ao aumento de tamanho e à diminuição da intensidade da resposta menos provável, neste caso descidas, tal como registado em sementes totais e ao contrário das isodiamétricas.

10.2.1.4 Discussão geral. O efeito mais provável da gradagem consiste numa ligeira subida das sementes, mas em média, os efeitos de 5 passagens com grade de discos na distribuição vertical das sementes são praticamente nulos.

Do reduzido número de trabalhos em que o cultivo por grade de discos foi estudado de forma comparável a MITRA2, conclui-se pelo afundamento de sementes (Feldman *et al.* 1997, Pareja *et al.* 1985, Staricka *et al.* 1990), ao contrário das conclusões a que chegámos para todas as sementes totais.

No entanto, nestes trabalhos, só uma parte do banco de sementes terá sido realmente amostrada, tendo em conta os procedimentos de crivagem prévia (§ 3.1.1.1). De facto, em Feldman *et al.* (1997) foram usados crivos de 0.5 mm, em Pareja *et al.* (1985) de 0.85 mm e

em Staricka *et al.* (1990) as sementes de *Setaria italica* seriam retidas em MITRA2 pelo crivo de malha 0.850 mm (ver Anexo).

De forma análoga, tendo em conta que pré-mobilização as sementes maiores se localizavam superficialmente, se os efeitos das grades forem equivalentes o modelo de Mead *et al.* (1998) para o efeito de grade rotativa em contas grandes permite esperar o afundamento das sementes localizadas superficialmente, (ver figura 8.12a), a subida de sementes localizadas profundamente (figura 8.12b), com efeitos sempre dependentes da profundidade, situação perfeitamente compatível com a dependência da profundidade do efeito da gradagem em sementes maiores de qualquer forma que observámos.

Assim, as conclusões não seriam que do cultivo com grade de discos resulta o afundamento de sementes mas sim o afundamento de sementes maiores (eventualmente só se localizadas à superfície), conclusão análoga à dos resultados de MITRA2. A consideração da forma das sementes não altera esta concordância, já que em sementes iso e anisodiamétricas também se observa um afundamento das maiores.

Apesar de em sementes anisodiamétricas maiores parecer o contrário (por exemplo ver figura 10.29b) convirá ter presente que em dois dos três pontos de gradagem surgiram sementes anisodiamétricas nos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm abaixo de 7.5 cm (figura 10.29a) ao contrário de pré-mobilização (figura 9.61).

Em sementes totais (iso e anisodiamétricas conjuntamente) da gradagem resulta uma homogeneização da distribuição vertical avaliada por  $P_{50}$ , com a consequente redução das diferenças de localização entre tamanhos observada pré-mobilização (figura 10.11), essencialmente devida ao afundamento de sementes maiores e à não movimentação de sementes menores. Ou seja, a gradagem parece reforçar a *persistência de posição*.

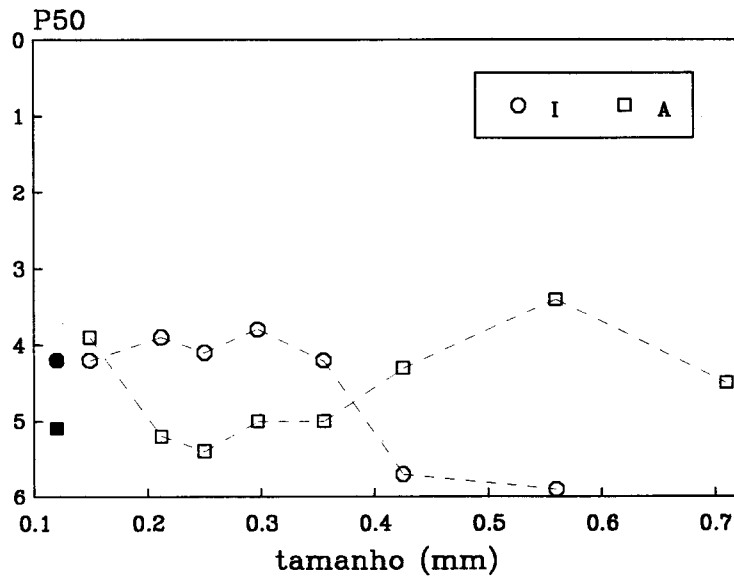
Quanto às isodiamétricas, a gradagem também homogeniza a distribuição vertical, avaliada por  $P_{50}$ , mas só até sementes intermédias (figura 10.20). No entanto, devido ao grande afundamento de sementes isodiamétricas maiores, continua a haver diferenças de localização associadas ao tamanho, mas simétricas em relação à situação pré-mobilização. De novo, a gradagem parece não afectar a *persistência intrínseca* mas reforçar fortemente a *persistência de posição*.

Nas anisodiamétricas, da gradagem resulta a homogeneização da distribuição vertical avaliada por  $P_{50}$ , com a redução das diferenças de localização entre tamanhos observada pré-mobilização (figura 10.30) a dever-se essencialmente ao afundamento de sementes maiores e à subida de menores. Ou seja, reduzirá a *persistência de posição* em sementes anisodiamétricas menores e reforçará em anisodiamétricas maiores.

Globalmente, a gradagem parece tornar a distribuição vertical de sementes iso e anisodiamétricas menos diferente que pré-mobilização em sementes menores e mais diferente que pré-mobilização em maiores (figura 9.62 e 10.31).

Consequentemente, enquanto a forma surgia como importante na distribuição vertical de sementes menores pré-mobilização, a sua influência atenua-se pós-gradagem. Em

contrapartida, adquire em sementes maiores uma importância que não tinha pré-mobilização.



**Figura 10.31** Profundidade média necessária pós-gradagem, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada ( $P_{50}$ ) de sementes isodiamétricas (I) e anisodiamétricas (A), em função das classes de tamanho em MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

Finalmente, os efeitos da gradagem na movimentação vertical de sementes dependem da profundidade só em profundidades superficiais, sendo independentes em profundidades maiores, com exceção das maiores sementes isodiamétricas, em que as movimentações resultantes da gradagem são sempre como dependente da profundidade.

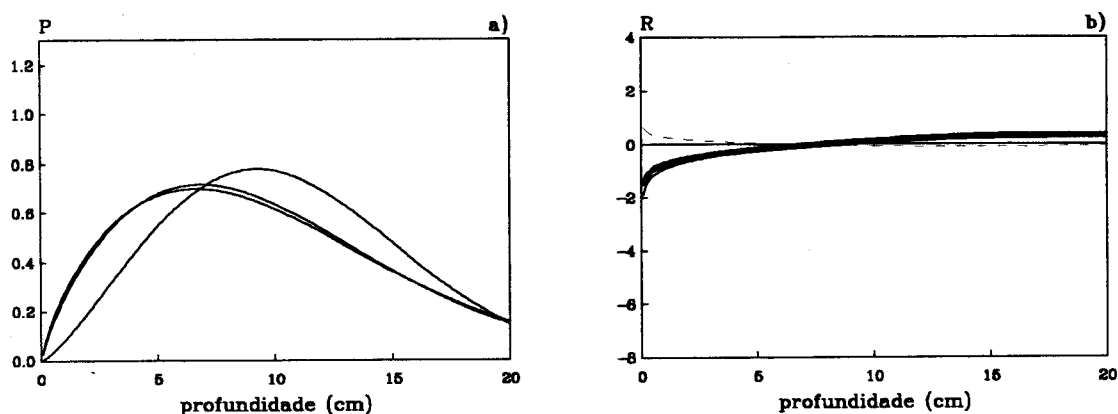
### 10.2.2 Pós-lavoura

Dizendo respeito a 20 cm de profundidade, nos 3 pontos de amostragem pós-lavoura (no sentido de charrua seguida de grade de discos) registaram-se 17,371 sementes, 46% [47%] das quais isodiamétricas e 54% [53%] anisodiamétricas.

Tal como em gradagem, *MAS* significa aumentos ( $\ln R > 0$ ) e *MDS* reduções ( $\ln R < 0$ ) de frequência nas profundidades superficiais pós-mobilização, qualquer deles representado graficamente a contínuo fino quando mais frequentes, a tracejado quando ocorrem com menor frequência. Significado e interpretação da relação entre *R* e a profundidade como discutido anteriormente (§ 10.1).

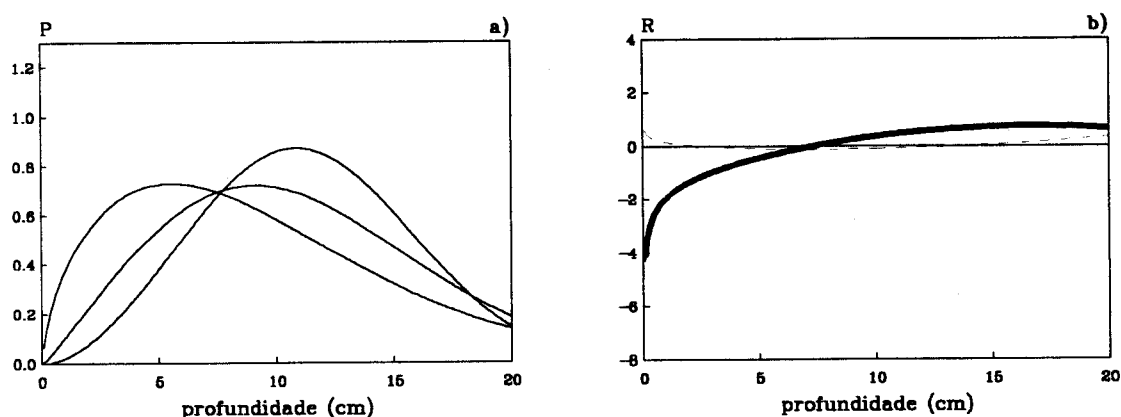
10.2.2.1 Sementes totais. Em todas as sementes totais todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.32 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

Em todas as sementes totais  $P_{50}$  está compreendida entre 9.0 cm e 10.2 cm [5.9-9.7 cm], com uma média de 9.4 cm [7.8 cm]. A figura 10.32a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações muito superficiais e quase simétricas. Considerando todas as comparações (figura 10.32b), as subidas e descidas tendem a anular-se, a não ser em profundidades relativamente superficiais, com prevalência de descidas; 85% são *MDS* e 15% *MAS*, só dependentes de forma clara da profundidade em *MAS*, onde são menos intensas.



**Figura 10.32** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de todas as sementes totais pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (32% [19%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.33 as distribuições dos 3 pontos e das 27 comparações.



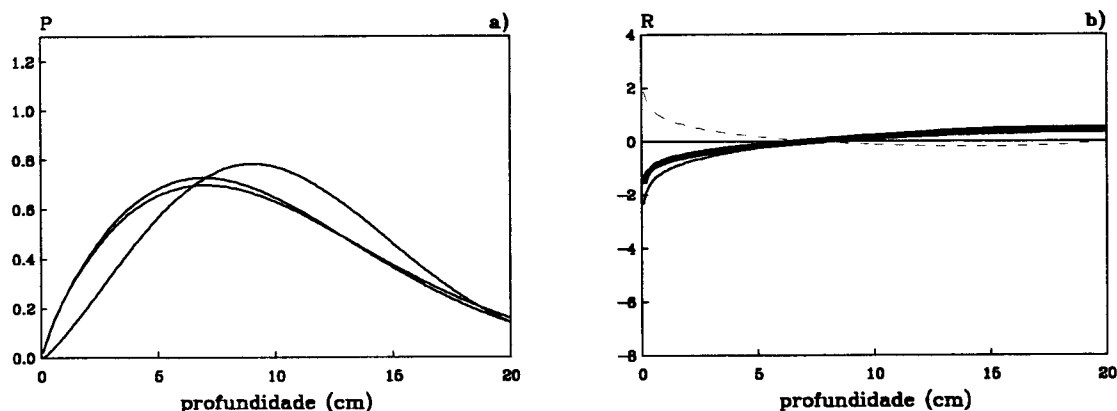
**Figura 10.33** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.149 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 8.2 cm e 11.1 cm [5.4-8.3 cm], com uma média de 9.9 cm [6.5 cm]. A figura 10.33a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações quase simétricas. Considerando todas as comparações (figura 10.33b), as subidas e descidas praticamente nunca se anulam, com prevalência de descidas em profundidades superficiais e subidas em profundidades maiores; 96% das comparações são  $MDS$  e 4%  $MAS$ , quase nulas em  $MAS$ , bastante intensas em  $MDS$ , sempre dependentes da profundidade.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (41% [33%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.34 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 8.9 cm e 10.0

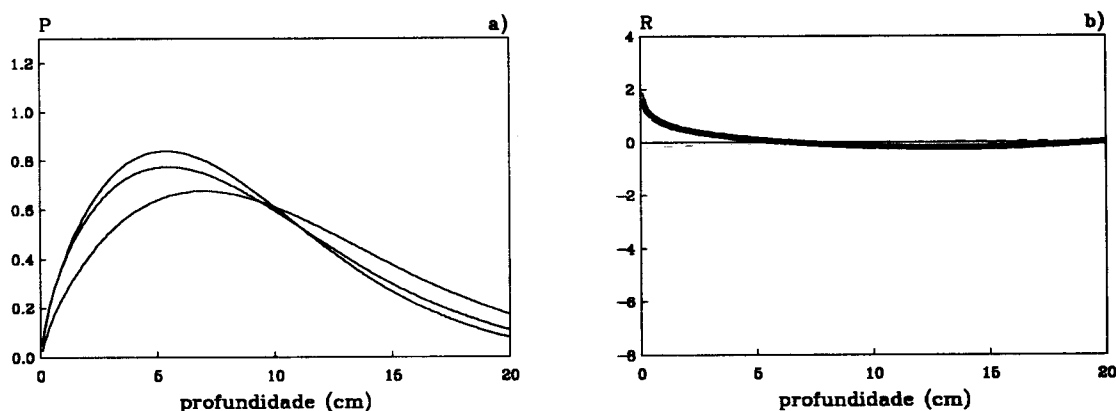
cm [5.2-10.8 cm], com uma média de 9.4 cm [7.6 cm].



**Figura 10.34** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.212 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

A figura 10.34a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e quase simétricas. Considerando todas as comparações (figura 10.34b), as subidas e descidas praticamente anulam-se a não ser em profundidades relativamente superficiais, com prevalência de descidas; 82% das comparações são  $MDS$  e 18%  $MAS$ , com intensidades semelhantes, embora com redução da de  $MDS$ , só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (18% [25%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.35 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

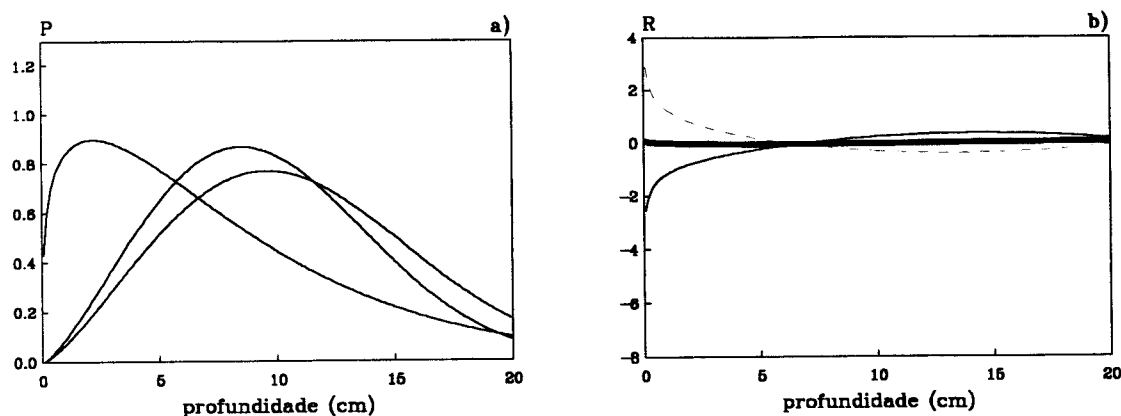


**Figura 10.35** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.250 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.4 cm e 9.3 cm [8.1-10.3 cm], com uma média de 8.2 cm [9.2 cm]. A figura 10.35a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais, mantendo-se a tendência para localizações mais superficiais com o aumento do tamanho. Considerando todas as

comparações (figura 10.35b), as subidas e descidas praticamente anulam-se a não ser em profundidades superficiais, mais que na classe de tamanho anterior, agora com prevalência de subidas; 11% das comparações são *MDS* e 89% *MAS*, as primeiras de intensidade quase nula, as segundas de intensidade semelhante à classe de tamanho anterior, só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (4% [11%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.996$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.033$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.36 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

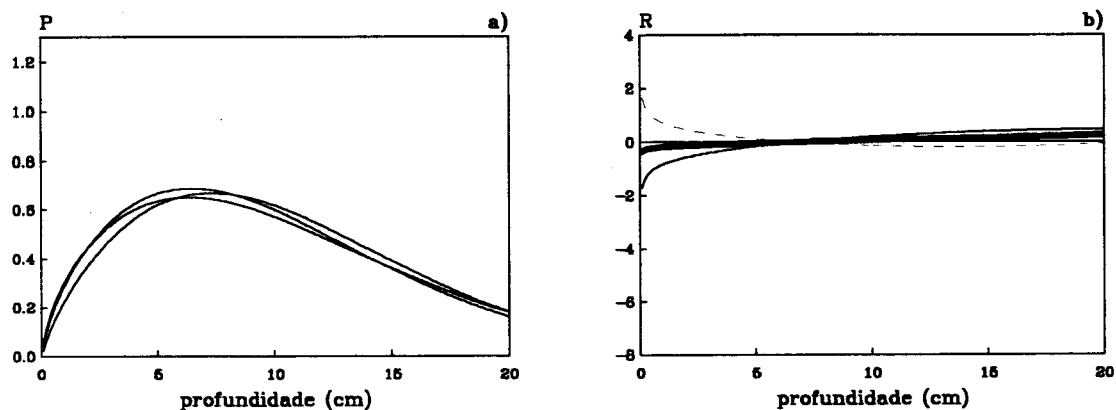


**Figura 10.36** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.297 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 6.2 cm e 10.5 cm [6.3-11.2 cm], com uma média de 8.7 cm [8.7 cm]. A figura 10.36a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e quase simétricas, invertendo-se a tendência de localizações mais superficiais com o aumento de tamanho. Considerando todas as comparações (figura 10.36b), as subidas e descidas anulam-se; 52% das comparações são *MDS* e 48% *MAS*, as primeiras de muito maior intensidade, as segundas de maior intensidade que as da classe de tamanho anterior, só dependentes da profundidade superficialmente.

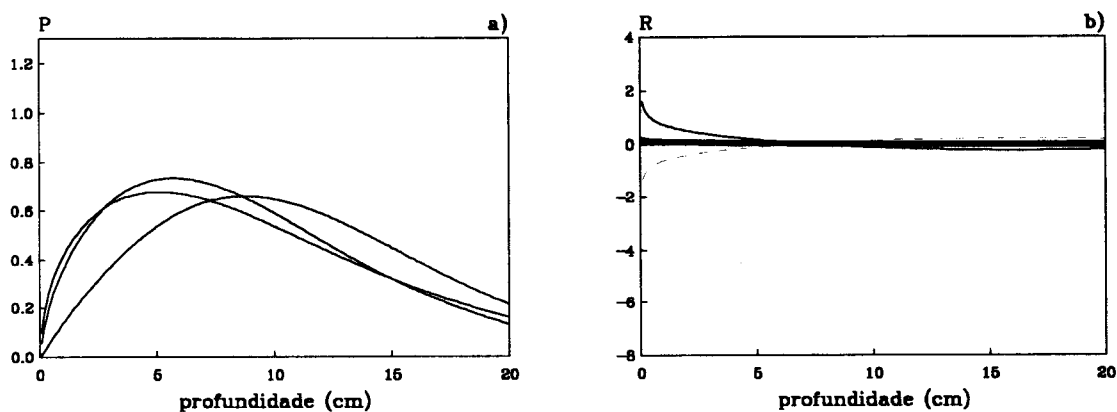
Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (1% [4%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}>0.999$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.37 as distribuições dos 3 pontos e das 27 comparações.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 9.0 cm e 9.6 cm [4.9-10.9 cm], com uma média de 9.3 cm [8.2 cm] e, apesar das diferenças entre as distribuições, A figura 10.37a torna evidente uma localização mais superficial das sementes. Considerando todas as comparações (figura 10.37b), as subidas e descidas anulam-se, com uma ligeira prevalência de descidas; 59% das comparações são do tipo *MDS* e 41% *MAS*, de intensidades semelhantes mas menores que as da classe de tamanho anterior, só dependentes da profundidade superficialmente.



**Figura 10.37** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totis retidas pelo crivo de malha 0.355 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

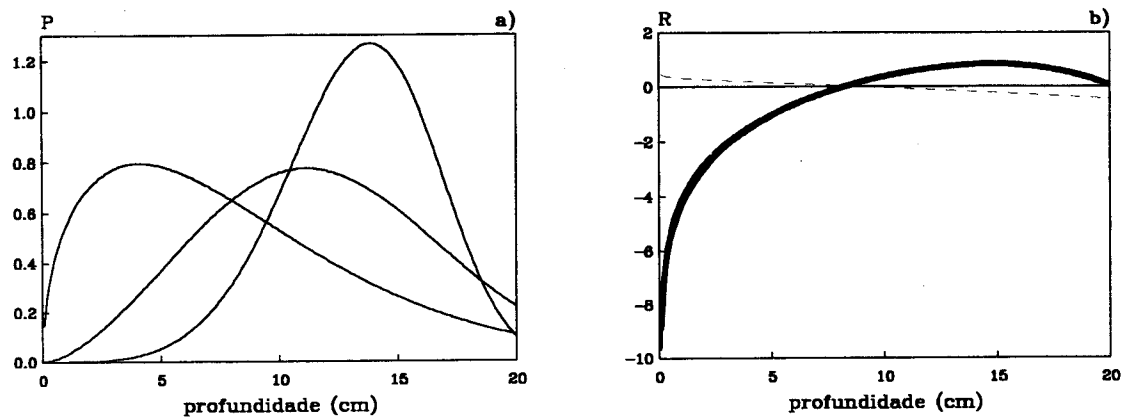
Nas sementes totis retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (1% [4%] das totis) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.014$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.38 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.



**Figura 10.38** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totis retidas pelo crivo de malha 0.425 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Em sementes totis desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 8.3 cm e 10.5 cm [7.4-11.2 cm], com uma média de 9.1 cm [9.3 cm]. A figura 10.38a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e quase simétricas, interrompendo-se a tendência para localizações mais profundas com o aumento de tamanho. Considerando todas as comparações (figura 10.38b), as subidas e descidas anulam-se; 48% das comparações são  $MDS$  e 52%  $MAS$ , de intensidades semelhantes, quase iguais às da classe de tamanho anterior, só dependentes da profundidade superficialmente.

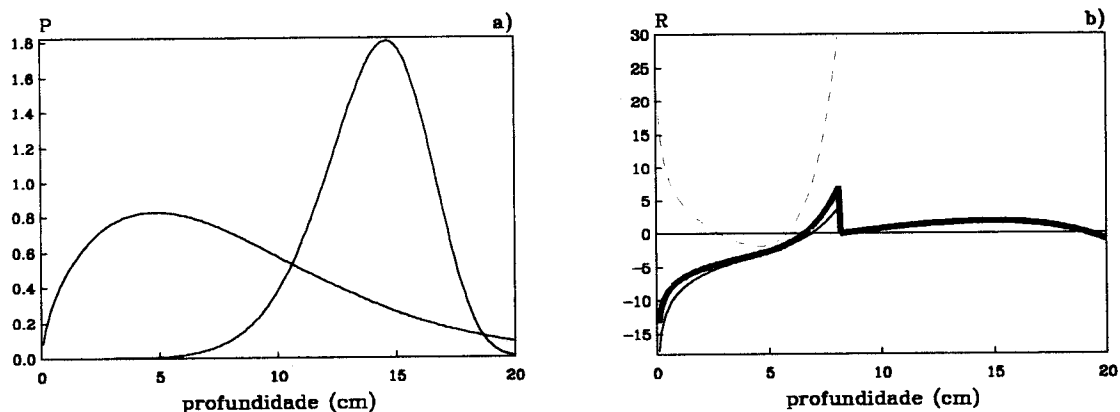
Nas sementes totis retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (2% [3%] das totis) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.989$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.006$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.39 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.



**Figura 10.39** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.560 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.2 cm e 13.4 cm [5.3-8.8 cm], com uma média de 10.4 cm [7.1 cm]. A figura 10.39a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais, quase simétricas e mais profundas, retomando-se a tendência para as últimas com o aumento do tamanho das sementes. Considerando todas as comparações (figura 10.39b), as subidas e descidas nunca se anulam com prevalência de descidas a menores profundidades e subidas a maiores; 93% das comparações são  $MDS$  e 7%  $MAS$ , de intensidades elevadas e afectando mais fortemente as profundidades menores em  $MDS$ , praticamente nulas em  $MAS$ , sempre dependentes da profundidade, particularmente em  $MDS$ .

Nos casos em que foi possível (ver § 9.2.1), nas sementes totais retidas pelos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (1% [2%] das totais) os pontos de amostragem  $L1$  e  $L2$  diferem ( $R^2_{aj}=0.945$ ,  $n=403$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.009$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.40 as distribuições dos 2 pontos de amostragem e das 8 comparações.



**Figura 10.40** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.710 mm ou superior pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.2 cm e 14.1

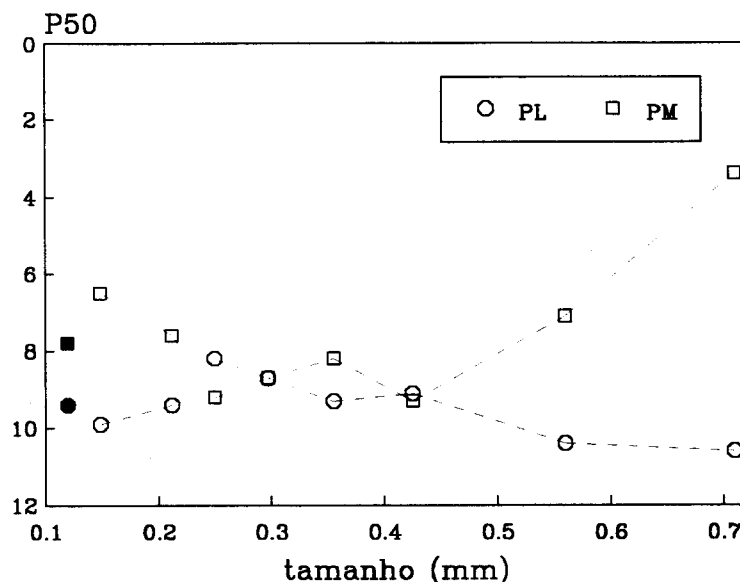


cm [2.0-4.7 cm], com uma média de 10.6 cm [3.4 cm]. A figura 10.40a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações mais profundas. Considerando todas as comparações (figura 10.40b), as subidas e descidas só tendem a anular-se nas profundidades maiores, com prevalência de descidas; 88% das comparações são *MDS* e 12% *MAS*, de intensidades muito elevadas, sempre dependentes da profundidade, particularmente em *MAS*.

Como conclusão diremos que a distribuição vertical do banco de sementes (todas as sementes totais) alterou-se após 3 passagens de charrua de aivecas seguida de 1 passagem de grade de discos, com descida das sementes superficiais como pode ser visto na figura 10.32 e 10.41.

Considerando as sementes totais por classes de tamanho, conclui-se haver descidas das menores, nomeadamente das retidas pelos crivos de malha 0.149 mm e 0.212 mm, descidas essas de intensidade decrescente com o aumento de tamanho e claramente dependentes da profundidade no que diz respeito ao seu destino.

Situação inversa parece ocorrer nas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm, com clara subida para profundidades superficiais, movimentando-se de forma independente da profundidade. Nas três classes de tamanho seguintes (crivos 0.297 mm, 0.355 mm e 0.425 mm) não parece haver efeitos da lavoura, com as subidas e descidas a anularem-se completamente e as movimentações a só dependerem da profundidade superficialmente.



**Figura 10.41** Profundidade média necessária, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada de sementes totais ( $P_{50}$ ) pós-lavoura (*PL*) e pré-mobilização (*PM*), em função das classes de tamanho em MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

De referir, no entanto, a inconsistência entre as conclusões para as retidas pelo crivo de malha 0.355 mm a partir de  $P_{50}$  (subida clara das sementes) e de  $R$  (subida muito ténue).

Finalmente, em sementes maiores (crivos 0.560 mm e 0.710 mm ou maiores) há, de novo, uma clara descida das sementes superficiais, sempre dependente da profundidade, resultando

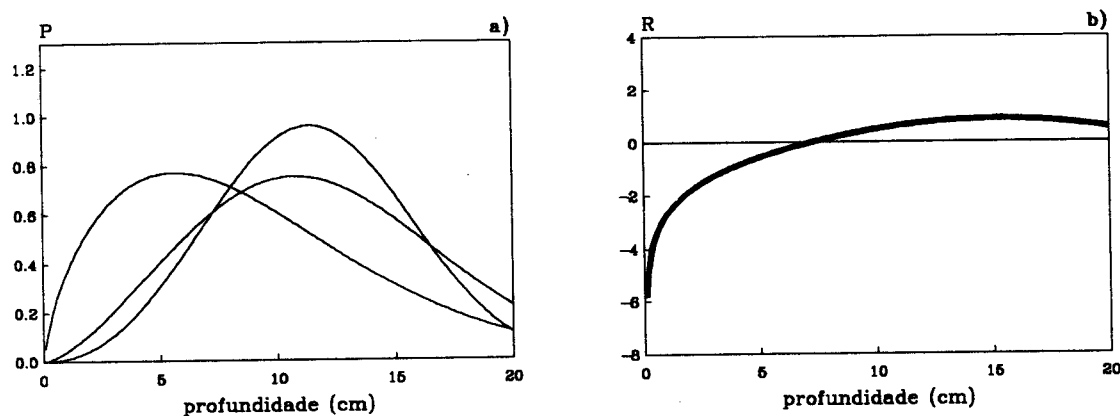
destas movimentações uma distribuição de  $P_{50}$  muito menos variável que pré-mobilização.

Quando se compara a evolução das sementes retidas pelo crivo de malha 0.250 mm com a das retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (valores de  $P_{50}$  pré-mobilização quase iguais) verifica-se que nas menores houve uma subida enquanto nas maiores não houve praticamente alteração.

De forma análoga, as retidas pelos crivos de malha 0.560 mm e 0.710 mm ou maiores, com valores de  $P_{50}$  pré-mobilização bastante diferentes, têm valores quase iguais pós-lavoura, sugerindo que se a localização pré-mobilização pode ser importante, o tamanho das sementes não é menos, com a lavoura a ter efeitos de intensidade relativa sempre dependente da profundidade quando sementes menores e maiores estão envolvidas, mas a só dependentes da profundidade em profundidade superficiais quando sementes de tamanho intermédio estão envolvidas.

Em geral, a ausência de movimentações de sementes intermédias surge associada a probabilidades muito aproximadas de subida e descida e não a reduzidas intensidades de movimento. Em contrapartida, nas situações em que há claramente movimentações, observam-se elevadas probabilidades de uma das respostas, frequentemente associada a baixas intensidades de movimentação da outra.

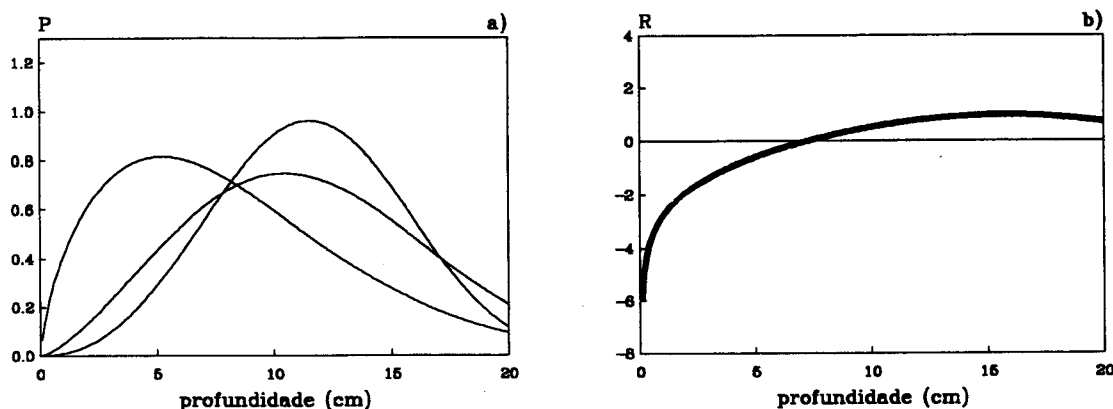
10.2.2.2 Sementes isodiamétricas. Em todas as sementes isodiamétricas todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.42 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.



**Figura 10.42** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de todas as sementes isodiamétricas pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ .

Em todas as sementes isodiamétricas  $P_{50}$  está compreendida entre 8.0 cm e 11.4 cm [4.6-8.1 cm], com uma média de 10.3 cm [6.2 cm]. A figura 10.42a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações quase simétricas. Em pós-lavoura, todas as sementes isodiamétricas localizam-se mais profundamente que todas as totais e que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.42b), as subidas e descidas de sementes não tendem a anular-se, com prevalência de descidas; todas as comparações são *MDS*, sempre fortemente dependentes da profundidade.

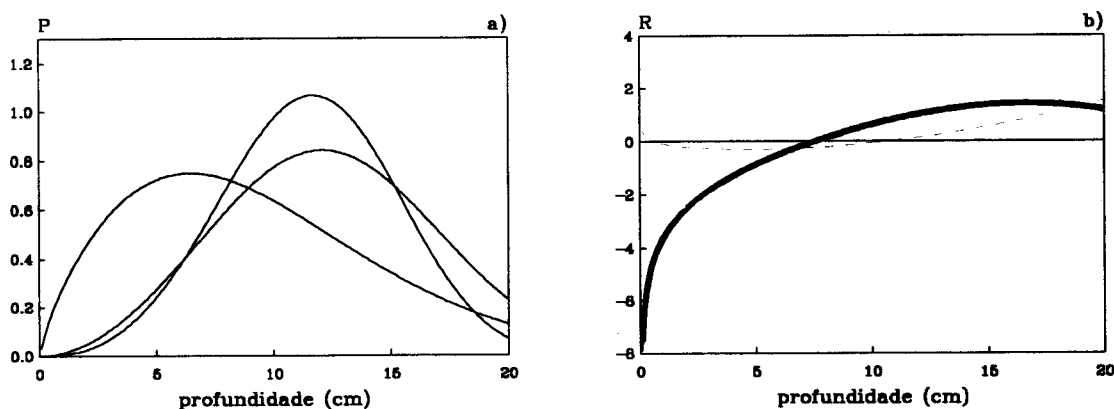
Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (54% [33%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.43 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.



**Figura 10.43** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ .

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.5 cm e 11.5 cm [4.6-7.8 cm], com uma média de 10.1 cm [5.6 cm]. A figura 10.43a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e quase simétricas. As sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais profundamente que as totais e que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.43b), as subidas e descidas de sementes não tendem a anular-se, com prevalência de descidas; todas as comparações são *MDS*, sempre dependentes da profundidade.

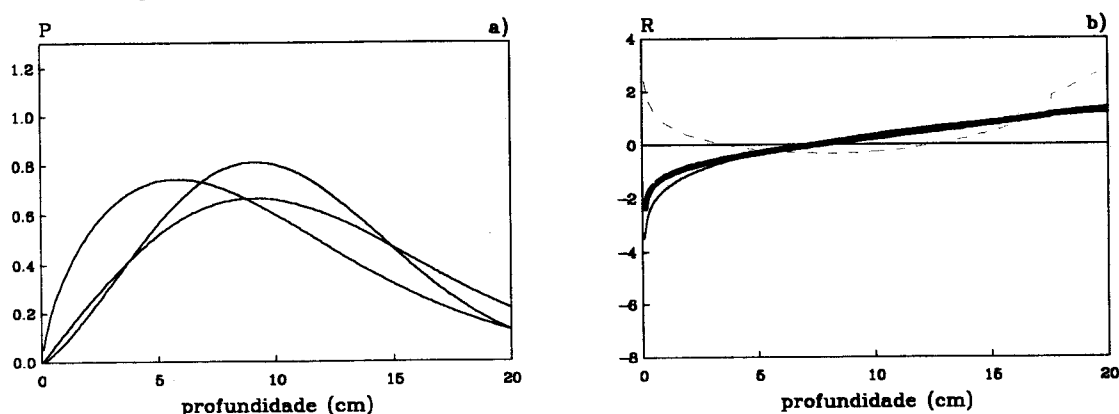
Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (35% [36%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.997$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.003$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.44 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.



**Figura 10.44** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de *MAS*, a contínuo fino valor médio de *MDS*.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 8.5 cm e 12.2 cm [2.9-7.0 cm], com uma média de 10.7 cm [5.2 cm]. A figura 10.44a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e mais profundas. Estas sementes localizam-se mais profundamente que as totais e que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.44b), as subidas e descidas não tendem a anular-se, com prevalência de descidas; 4% das comparações são *MAS* e 96% *MDS*, muito mais intensas em *MDS* e que na classe de tamanho anterior, sempre dependentes da profundidade, sobretudo em *MDS*.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (4% [8%] isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.45 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

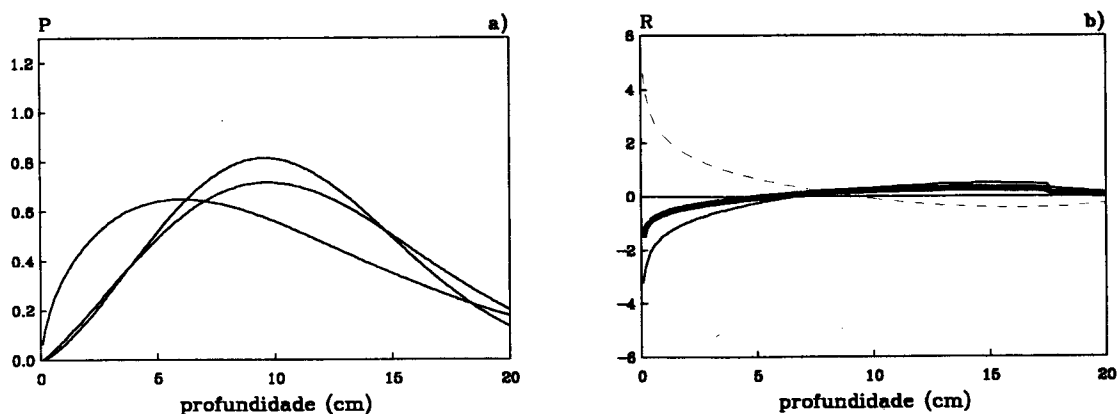


**Figura 10.45** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de *MAS*, a contínuo fino valor médio de *MDS*.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 8.2 cm e 10.7 cm [3.8-9.1 cm], com uma média de 9.6 cm [6.4 cm]. A figura 10.45a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e localizações quase simétricas. As sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais profundamente que as totais e que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.45b), as subidas e descidas não tendem a anular-se, com prevalência de descidas; 18% das comparações são *MAS* e 82% *MDS*, com aumento da intensidade de *MAS*, diminuição da intensidade de *MDS*, sempre dependentes da profundidade em *MDS*, dependentes da profundidade superficial e profundamente em *MAS*.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (1% [4%] isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.46 as distribuições dos 3 pontos e das 27 comparações.

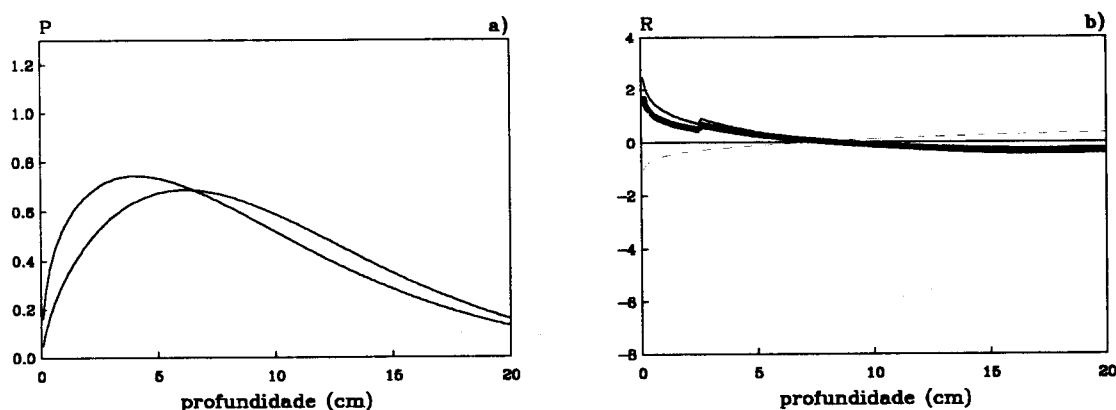
Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 9.2 cm e 10.8 cm [4.6-13.2 cm], com uma média de 10.1 cm [8.8 cm].



**Figura 10.46** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

A figura 10.46a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e outras quase simétricas. Sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais profundamente que as totais e que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.46b), as subidas e descidas tendem a anular-se, excepto em profundidades superficiais, com prevalência de descidas; 22% das comparações são  $MAS$  e 78%  $MDS$ , com aumento da intensidade de  $MAS$  e ligeira diminuição da intensidade de  $MDS$ , só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (1% [4%] das isodiamétricas) os pontos de amostragem  $L1$  e  $L2$  não diferem ( $R^2_{aj}=0.997$ ,  $n=603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.47 as distribuições do ponto de amostragem diferente, da média dos não diferentes e das 16 comparações.

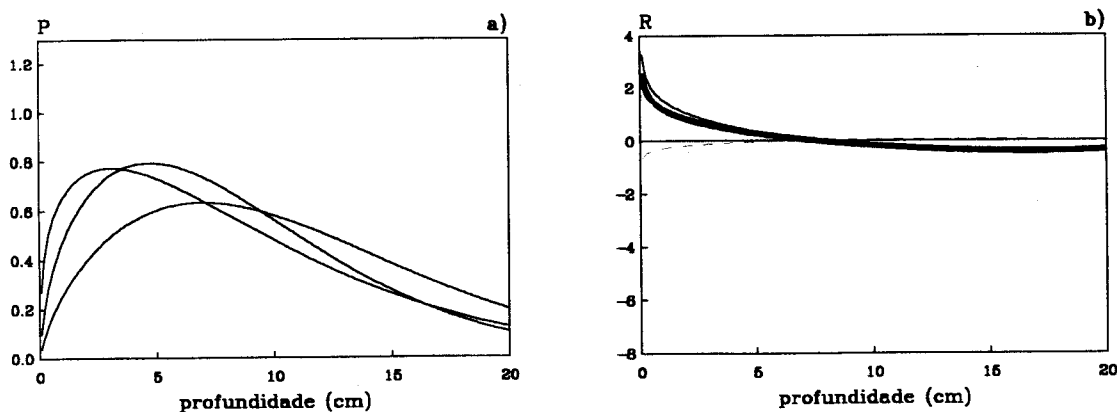


**Figura 10.47** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.6 cm e 8.9 cm [6.2-13.0 cm], com uma média de 8.2 cm [10.1 cm]. A figura 10.47a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais ou menos superficiais. As sementes desta classe de tamanho localizam-se mais superficialmente que as totais e que pré-

mobilização, ao contrário do observado nas classes de tamanho anteriores. Considerando todas as comparações (figura 10.47b), as subidas e descidas tendem a anular-se a não ser para profundidades superficiais, com prevalência de subidas; 81% das comparações são *MAS* e 19% *MDS*, com redução da intensidade, só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (2% [6%] das isodiamétricas) os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.997$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.48 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.



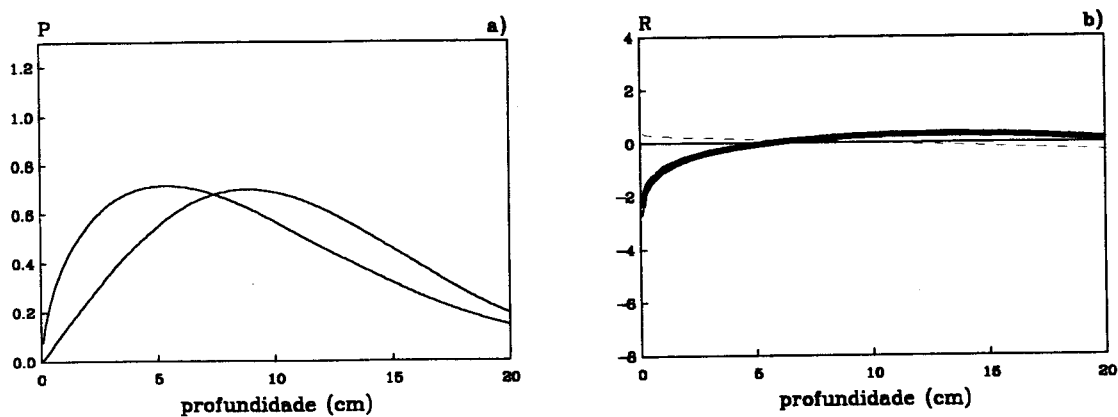
**Figura 10.48** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.2 cm e 9.8 cm [7.8-12.1 cm], com uma média de 8.1 cm [10.2 cm]. A figura 10.48a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais ou menos superficiais. Em pós-lavoura, estas sementes localizam-se mais superficialmente que as totais e que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.48b), as subidas e descidas tendem a anular-se a não ser para profundidades superficiais, com prevalência de subidas; 82% das comparações são *MAS* e 18% *MDS*, com aumento da intensidade de *MAS*, quase sem variação em *MDS*, só dependentes da profundidade superficialmente em *MAS*.

Nos casos em que foi possível (ver § 9.2.1), nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (2% [6%] das isodiamétricas) os pontos de amostragem  $L1$  e  $L2$  diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=402$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.49 as distribuições dos 2 pontos de amostragem e das 18 comparações.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 8.3 cm e 10.3 cm [5.4-10.0 cm], com uma média de 9.8 cm [7.9 cm]. A figura 10.49a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e quase simétricas. Sementes desta classe de tamanho localizam-se mais superficialmente que totais e mais profundamente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.49b), as subidas e descidas tendem a anular-se, a não ser para profundidades superficiais, com

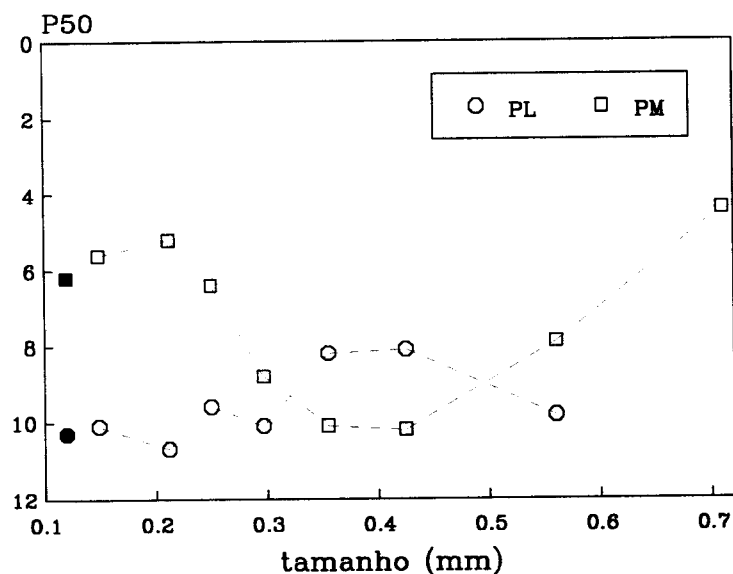
prevalência de descidas; 11% das comparações são *MAS* e 89% *MDS*, agora de intensidade quase nula em *MAS*, só dependentes da profundidade superficialmente em *MDS*.



**Figura 10.49** Distribuição a) não acumulada em porcentagem (*P*) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura (*R*) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de *R*, a tracejado valor médio de *MAS*, a contínuo fino valor médio de *MDS*.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (menos de 1% [2%] das isodiamétricas) não foi possível tentar ajustamentos para qualquer ponto de amostragem (ver § 9.2.1).

Como conclusão diremos que a distribuição vertical de todas as sementes isodiamétricas alterou-se, após 3 passagens de charrua de aivecas seguida de 1 passagem de grade de discos, com transferência das sementes superficiais, de intensidade dependente da profundidade, como pode ser visto na figura 10.42 e 10.50.



**Figura 10.50** Profundidade média necessária, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada de sementes isodiamétricas ( $P_{50}$ ) pós-lavoura (*PL*) e pré-mobilização (*PM*), em função das classes de tamanho em MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

Considerando as sementes isodiamétricas por classes de tamanho, conclui-se haver sempre descidas, com exceção das retidas pelos crivos de malha 0.355 mm e 0.425 mm. Tal como nas totais, o efeito da lavoura nas isodiamétricas é sempre dependente da profundidade nas

sementes menores, só depende nas profundidades superficiais em sementes de tamanho intermédio e, ao contrário de totais, em sementes maiores, surgindo situações novas, embora com reduzida probabilidade, como *MAS* nas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm e *MDS* nas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (figuras 10.45 e 10.48).

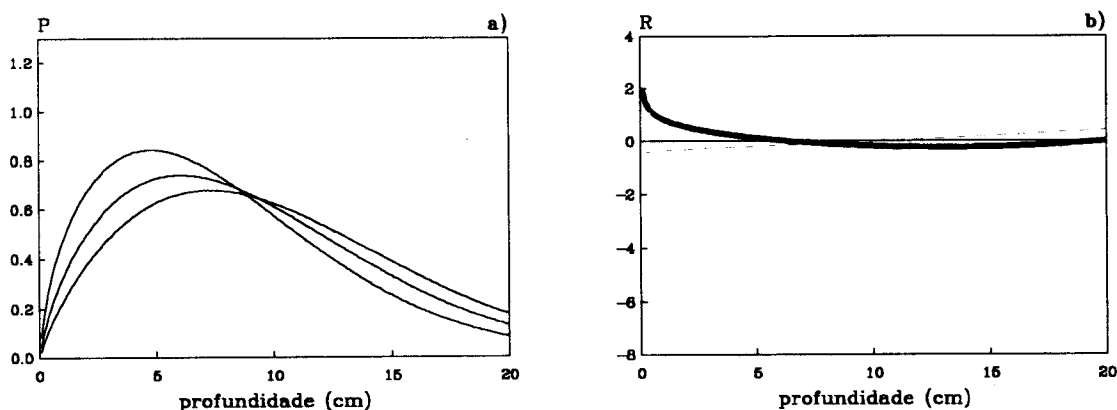
Destas movimentações resulta uma distribuição de  $P_{50}$  muito menos variável que pré-mobilização. Há, pois, diferenças entre a resposta à lavoura das sementes isodiamétricas e das totais.

Ao contrário do que acontecia em totais ou em gradagem, o sentido e intensidade da movimentação de sementes isodiamétricas parece depender da sua localização pré-mobilização, com sementes mais superficiais a descerem e mais profundas a subirem.

Adicionalmente, a intensidade das descidas parece ser tanto maior quanto mais superficiais se encontravam pré-mobilização, sugerindo que, ao contrário das totais e de gradagem, o tamanho das sementes é um factor pouco importante na movimentação por lavoura, só tendo influência na independência da intensidade em relação à profundidade.

Em geral, quando, em média, há subidas ou descidas observam-se probabilidades muito elevadas de *MAS* ou de *MDS*, com as movimentações de sementes isodiamétricas a resultar da intensidade do tipo de movimento mais provável, ao contrário de totais.

10.2.2.3 Sementes anisodiamétricas. Em todas as sementes anisodiamétricas todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.51 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.



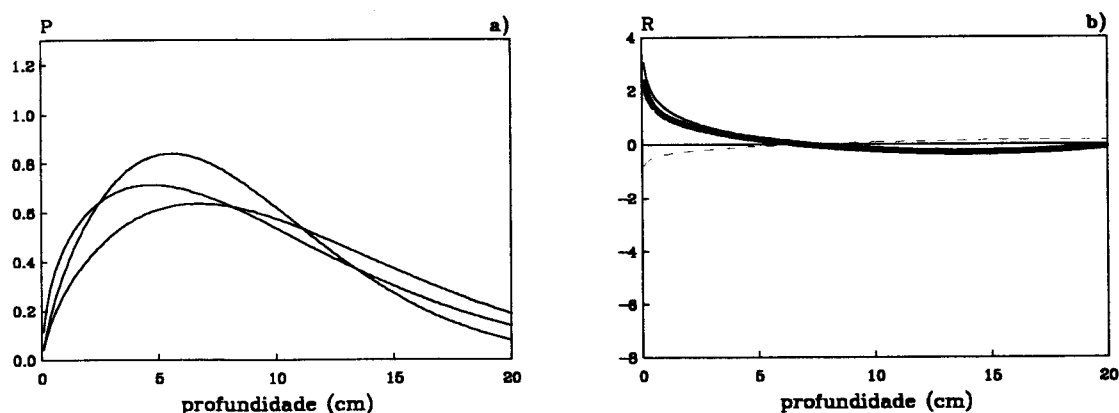
**Figura 10.51** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de todas as sementes anisodiamétricas pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de *MAS*, a contínuo fino valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Em todas as sementes anisodiamétricas  $P_{50}$  está compreendida entre 7.1 cm e 9.5 cm [8.2-10.8 cm], com uma média de 8.3 cm [9.2 cm]. A figura 10.51a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais ou menos superficiais. Em pós-lavoura, todas as anisodiamétricas localizam-se mais superficialmente que todas as totais, todas as isodiamétricas e pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.51b), as subidas e descidas tendem a anular-se a não ser em profundidades superficiais, com



prevalência de subidas; 96% das comparações são *MAS* e 4% *MDS*, quase nulas em *MDS*, em *MAS* só com dependência da profundidade superficialmente e tendência para haver sempre dependência da profundidade em *MDS*.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (13% [7%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.52 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.

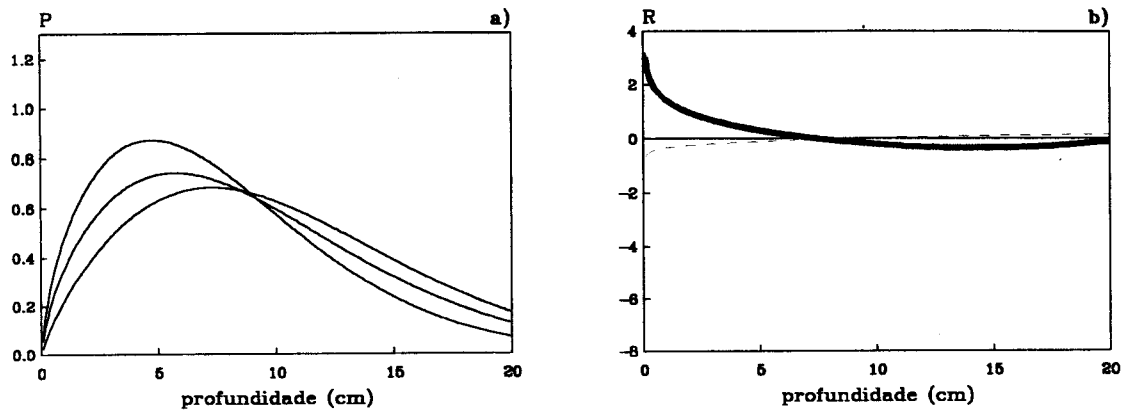


**Figura 10.52** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.5 cm e 9.6 cm [7.1-10.8 cm], com uma média de 8.4 cm [9.6 cm]. A figura 10.52a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais ou menos superficiais. Sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais superficialmente que totais, isodiamétricas e pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.52b), as subidas e descidas tendem a anular-se, excepto superficialmente, com prevalência de subidas; 83% das comparações são *MAS* e 17% *MDS*, quase nulas em *MDS*, só dependentes da profundidade superficialmente.

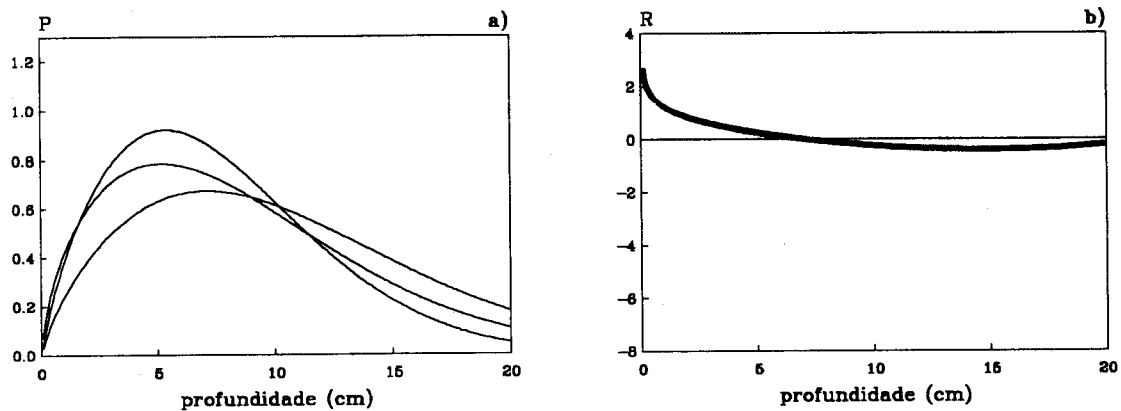
Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (46% [30%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}>0.999$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.53 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 6.9 cm e 9.5 cm [8.0-12.4 cm], com uma média de 8.2 cm [9.8 cm]. A figura 10.53a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais ou menos superficiais. As sementes desta classe de tamanho localizam-se mais superficialmente que as totais, que as isodiamétricas e que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.53b), as subidas e descidas de sementes tendem a anular-se a não ser para profundidades superficiais, com prevalência de subidas; 96% das comparações são *MAS* e 4% *MDS*, quase nulas em *MDS*, só dependentes da profundidade superficialmente.



**Figura 10.53** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (30% [39%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} > 0.999$ ,  $n=603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.54 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

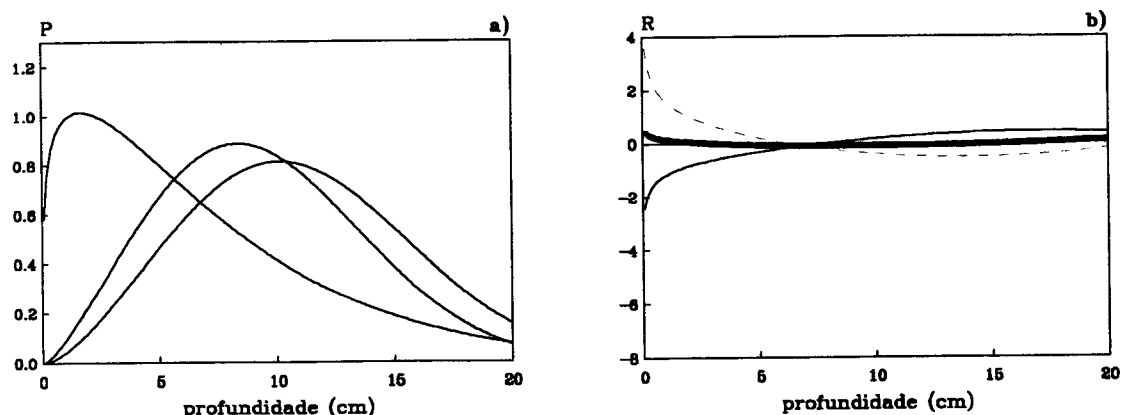


**Figura 10.54** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ .

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.0 cm e 9.5 cm [8.6-11.1 cm], com uma média de 8.1 cm [9.5 cm]. A figura 10.54a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais ou menos superficiais. Em pós-lavoura, estas sementes localizam-se praticamente à mesma profundidade que as totais, mais superficialmente que as isodiamétricas e que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.54b), as subidas e descidas tendem a anular-se a não ser para profundidades superficiais, com prevalência de subidas; todas as comparações são  $MAS$ , só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (7% [16%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} = 0.992$ ,  $n=603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.55 as distribuições dos 3 pontos de

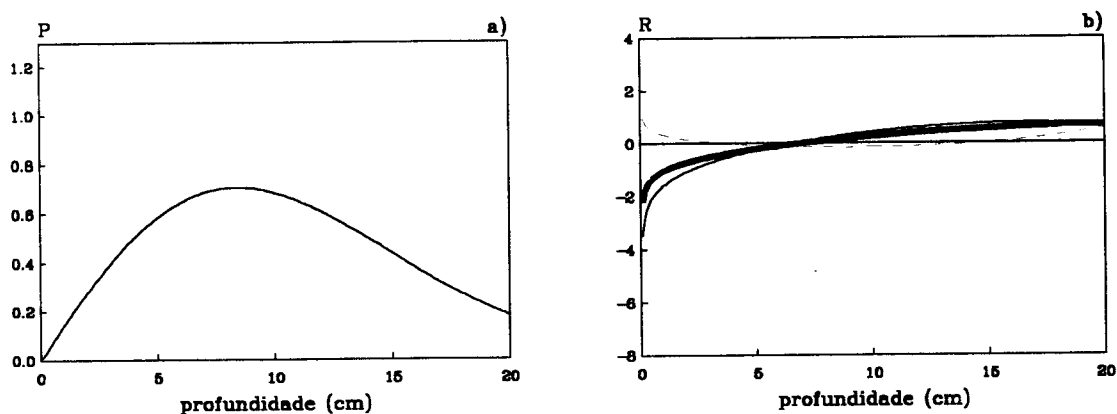
amostragem e das 27 comparações.



**Figura 10.55** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 5.5 cm e 10.7 cm [7.2-11.5 cm], com uma média de 8.4 cm [8.8 cm]. A figura 10.55a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais e quase simétricas. Anisodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se um pouco mais superficialmente que totais, que isodiamétricas e que pré-mobilização, invertendo-se a tendência que se vinha observando de localizações mais superficiais com o aumento de tamanho. Considerando todas as comparações (figura 10.55b), as subidas e descidas de tendem a anular-se, com uma muito ligeira prevalência de subidas em profundidades muito superficiais; 48% das comparações são  $MAS$  e 52%  $MDS$ , com um forte aumento da intensidade das  $MAS$ , só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (1% [3%] das anisodiamétricas) só foi possível (ver § 9.2.1) ajustar modelos para  $L1$ , apresentando-se na figura 10.56 a distribuição desse ponto de amostragem e das 7 comparações.

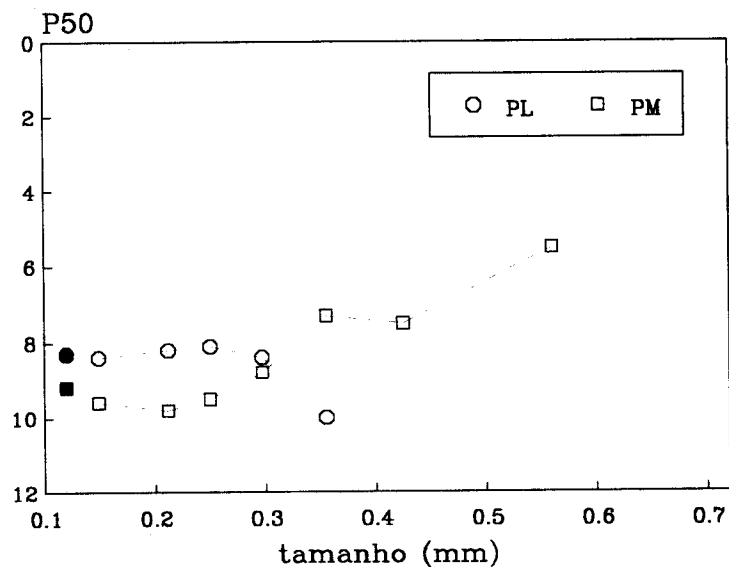


**Figura 10.56** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm pós-lavoura e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-lavoura ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  tem o valor 10.0 cm [4.0-9-9 cm], com uma média de [7.3 cm]. A figura 10.56a revela uma localização quase simétrica. Estas sementes localizam-se mais profundamente que totais, isodiamétricas e pré-mobilização, mantendo-se a tendência de descida com o aumento de tamanho iniciada com as anteriores. Considerando todas as comparações (figura 10.56b), as subidas e descidas não tendem a anular-se, com transferência de sementes para maiores profundidades; 29% das comparações são *MAS* e 71% *MDS*, com diminuição da intensidade das *MAS* e aumento das *MDS*, tendencialmente sempre dependentes da profundidade em *MDS*, só dependentes em profundidades superficiais e profundas em *MAS*.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelos crivos de malha igual ou superior a 0.425 mm (3% [4%] das sementes) não foi possível tentar ajustamentos para qualquer ponto de amostragem (ver § 9.2.1), situação que já se tinha verificado pré-mobilização para as retidas pelos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm.

Como conclusão, diremos que a distribuição vertical de todas as sementes anisodiamétricas alterou-se após 3 passagens de charrua de aivecas seguida de 1 passagem de grade de discos, com subida para profundidades superficiais, de forma só dependente da profundidade superficialmente na direcção e profundidade, como pode ser visto nas figuras 10.51 e 10.57, ao contrário do observado em isodiamétricas.



**Figura 10.57** Profundidade média necessária, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada de sementes anisodiamétricas ( $P_{50}$ ) pós-lavoura (*PL*) e pré-mobilização (*PM*), em função das classes de tamanho em MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

Considerando as sementes anisodiamétricas por classes de tamanho, conclui-se haver subidas em todas, excepto nas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm. As subidas têm intensidade semelhante nas sementes menores, reduz-se com o aumento de tamanho, até passar a haver descidas nas maiores sementes que foi possível investigar.

Ao contrário do que acontecia em isodiamétricas, as movimentações destas sementes só dependem da profundidade superficialmente, resultando das movimentações uma

distribuição de  $P_{50}$  muito menos variável que pré-mobilização. Há, pois, diferenças entre a resposta à lavoura das sementes anisodiamétricas e isodiamétricas.

Tal como em sementes isodiamétricas, as movimentações verticais de anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm ou menor dependem fortemente da profundidade a que as sementes se localizavam pré-mobilização, sendo tanto mais intensas quanto maiores as profundidades.

Da conjugação dos resultados de sementes iso e anisodiamétricas (figuras 10.50 e 10.57) surge, a título indicativo, o valor  $P_{50}=8.8$  cm como charneira. Em sementes isodiamétricas, sempre que pré-mobilização  $P_{50}\leq 8.8$  cm a lavoura provoca descidas, tanto mais intensas quanto mais superficiais se encontravam as sementes; em anisodiamétricas, quando pré-mobilização  $P_{50}<8.8$  cm também resultam descidas. Apesar de aparentemente poder haver dependência do tamanho das sementes, situação semelhante ocorre em totais, com  $P_{50}=8.7$  cm pré-mobilização a funcionar como charneira.

Em geral, as subidas de sementes anisodiamétricas têm probabilidades muito elevadas, mas quando há descidas as probabilidades são muito menores embora crescentes com a intensidade.

10.2.2.4 Discussão geral. Considerando todas as sementes totais, o efeito mais provável da lavoura é descer as superficiais, o mesmo acontecendo no efeito médio de 3 passagens de charrua de aivecas e uma passagem de grade de discos, com a intensidade das saídas de sementes superficiais a depender da profundidade mas a sua distribuição por maiores profundidades a revelar-se independente.

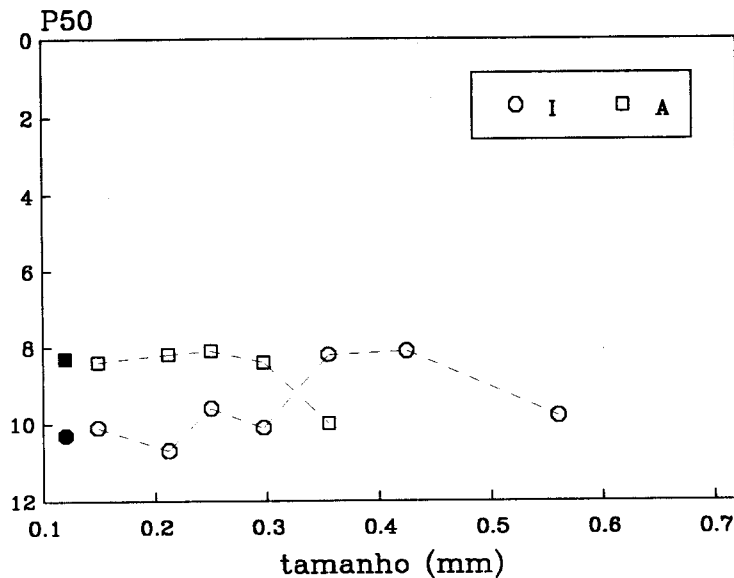
Estas conclusões estão basicamente de acordo com as obtidas em trabalhos do mesmo tipo (capítulo 8 em geral, § 8.4 em particular) e são consistentes com o reviramento da leiva resultante da charrua. Em MITRA2 devem-se essencialmente ao facto de em pré-mobilização a maior parte das sementes se localizar mais superficialmente, já que da lavoura parece resultar a descida de sementes superficiais e a subida de profundas.

Em sementes totais (iso e anisodiamétricas) da lavoura resulta uma homogeneização da distribuição vertical avaliada por  $P_{50}$ , com a conseqüente redução das diferenças de localizações observada pré-mobilização (figura 10.41). O mesmo ocorre em isodiamétricas (figura 10.50) e, embora de forma menos clara, em anisodiamétricas (figura 10.57).

Dependendo o sentido das movimentações muito mais da localização das sementes pré-mobilização que da sua forma ou tamanho, a lavoura tenderá a eliminar ou reforçar a *persistência de posição* de sementes maiores consoante a sua localização anterior.

Em contrapartida, em sementes menores localizadas mais superficialmente, a *persistência intrínseca* tenderá a perder importância em proveito da *persistência de posição*, o inverso quando se localizarem mais profundamente.

Globalmente, a lavoura torna a distribuição de sementes iso e anisodiamétricas menos diferente que pré-mobilização qualquer que seja o tamanho (figura 9.34 e 10.58), podendo implicar a troca de posições relativas das sementes isodiamétricas e anisodiamétricas.



**Figura 10.58** Profundidade média necessária pós-lavoura, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada ( $P_{50}$ ) de sementes isodiamétricas (I) e anisodiamétricas (A) em função das classes de tamanho em MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

Conseqüentemente, a importância da forma na distribuição vertical de sementes reduz-se pós-lavoura, a não ser na dependência das movimentações relativamente à profundidade, em que com sementes isodiamétricas menores têm movimentações sempre dependentes da profundidade e sementes isodiamétricas maiores ou anisodiamétricas de qualquer tamanho só dependem da profundidade superficialmente.

### 10.2.3 Pós-escarificação

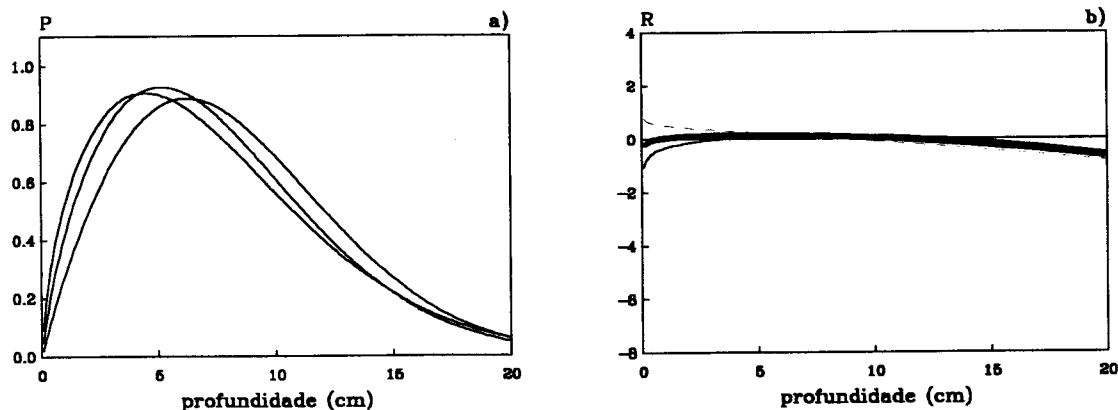
Dizendo respeito a 20 cm de profundidade, nos 3 pontos de amostragem pós-escarificação registaram-se 7,480 sementes, 39% [47%] das quais isodiamétricas e 61% [53%] anisodiamétricas (entre parêntesis rectos de novo a referir-se à situação pré-mobilização).

Tal como em gradagem e lavoura, *MAS* significa aumentos de frequência nas profundidades superficiais ( $\ln R > 0$ ), *MDS* reduções de frequência nas profundidades superficiais ( $\ln R < 0$ ), qualquer dos tipos de distribuição de  $R$  representados graficamente a contínuo fino quando ocorrem com maior frequência, a tracejado com menor. Significado e interpretação das distribuições de  $R$  relativamente à dependência da profundidade, com as adaptações necessárias, como descrito no § 10.1.

10.2.3.1 Sementes totais. Em todas as sementes totais todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj} = 0.999$ ,  $n = 603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.59 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

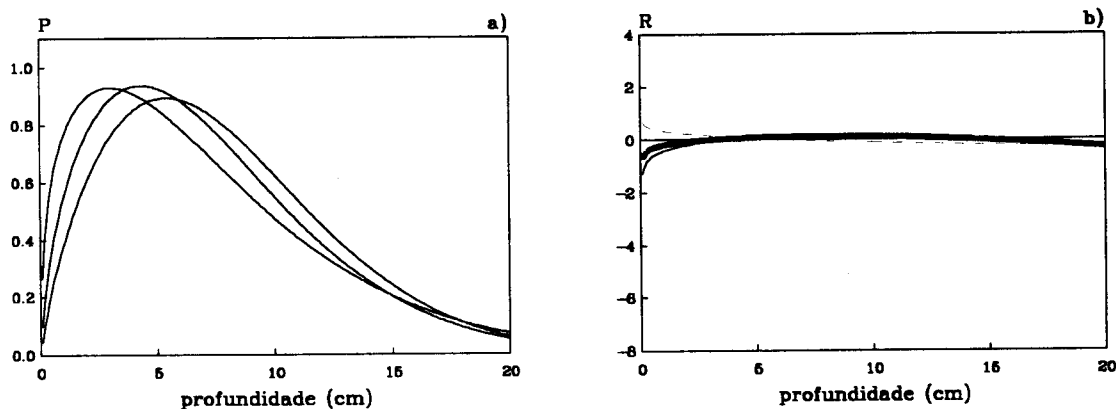
Em todas as sementes totais  $P_{50}$  está compreendida entre 6.6 cm e 7.6 cm [5.9-9.7 cm] com uma média de 7.0 cm [7.8 cm]. A figura 10.59a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações essencialmente superficiais. Considerando todas as comparações (figura 10.59b), as subidas e descidas tendem anular-se, mas não superficialmente; 56% das comparações são *MDS* e 44% *MAS*, de intensidade semelhante, só dependentes da

profundidade superficial ou profundamente.



**Figura 10.59** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de todas as sementes totais pós-escarificação e b)  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

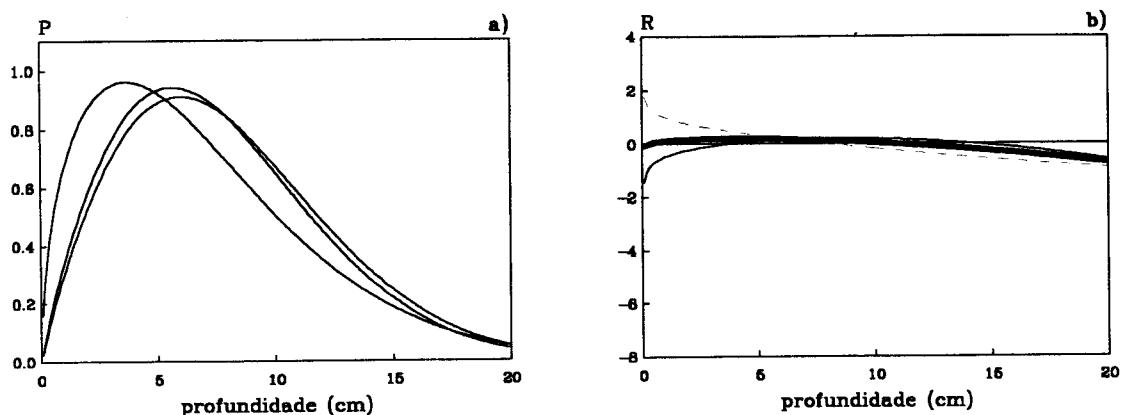
Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (26% [19%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.997$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.60 as distribuições dos 3 pontos e das 27 comparações.



**Figura 10.60** Distribuição a) não acumulada em porcentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.149 mm pós-escarificação e b)  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 6.0 cm e 7.1 cm [5.4-8.3 cm] com uma média de 6.5 cm [6.5 cm]. A figura 10.60a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações essencialmente superficiais. Considerando todas as comparações (figura 10.60b), as subidas e descidas tendem anular-se, a não ser superficialmente, com ligeira prevalência de descidas; 70% das comparações são  $MDS$  e 30%  $MAS$ , de intensidade semelhante a todas as totais, só dependentes da profundidade superficialmente.

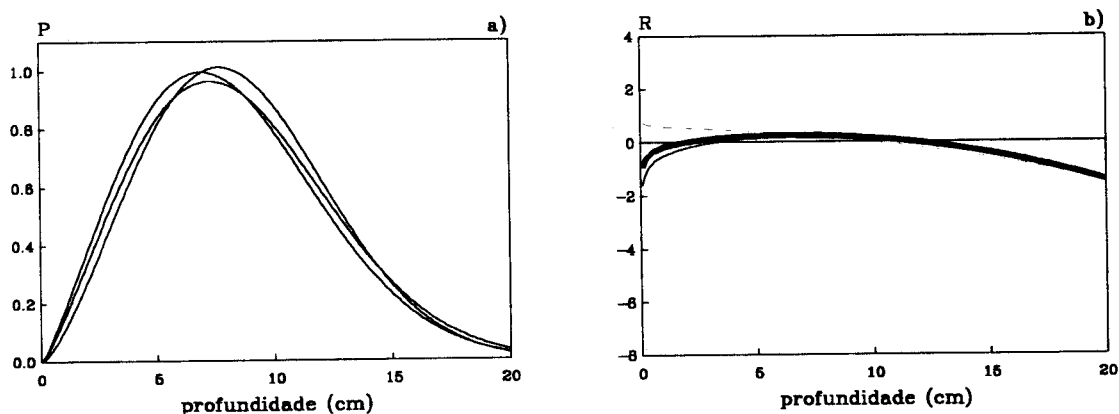
Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (38% [33%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.61 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.



**Figura 10.61** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.212 mm pós-escarificação e b)  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 6.0 cm e 7.4 cm [5.2-10.8 cm] com uma média de 6.8 cm [7.6 cm]. A figura 10.61a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações essencialmente superficiais. Considerando todas as comparações (figura 10.61b), as subidas e descidas tendem anular-se, mas só superficialmente; 59% das comparações são  $MDS$  e 41%  $MAS$ , de maior intensidade que anteriormente, só dependentes da profundidade superficial e profundamente.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (24% [25%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.996$ ,  $n=603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.62 as distribuições dos 3 pontos e das 27 comparações.

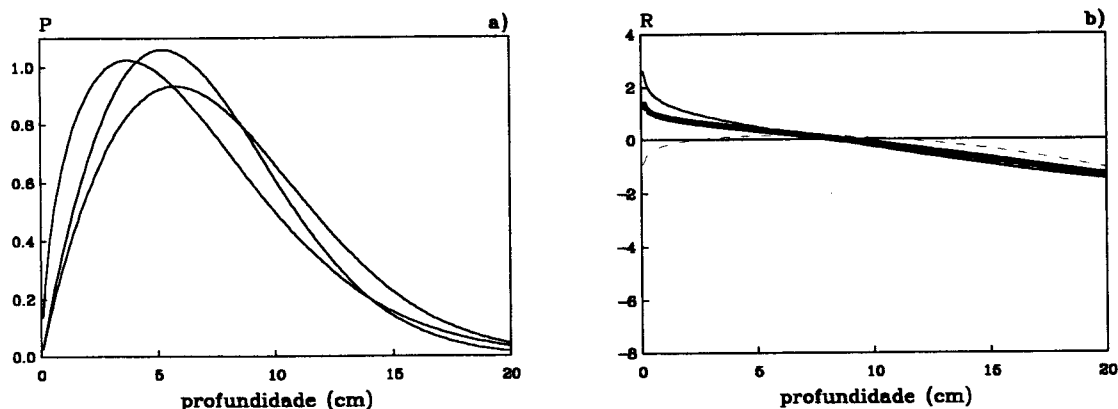


**Figura 10.62** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.250 mm pós-escarificação e b)  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.7 cm e 8.2 cm [8.1-10.3 cm] com uma média de 8.0 cm [9.2 cm]. A figura 10.62a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações essencialmente superficiais. Considerando todas as comparações (figura 10.62b), as subidas e descidas tendem anular-se, a não ser muito superficialmente; 70% das comparações são  $MDS$  e 30%  $MAS$ , com redução da intensidade em  $MAS$ , só dependentes da profundidade superficial e profundamente.



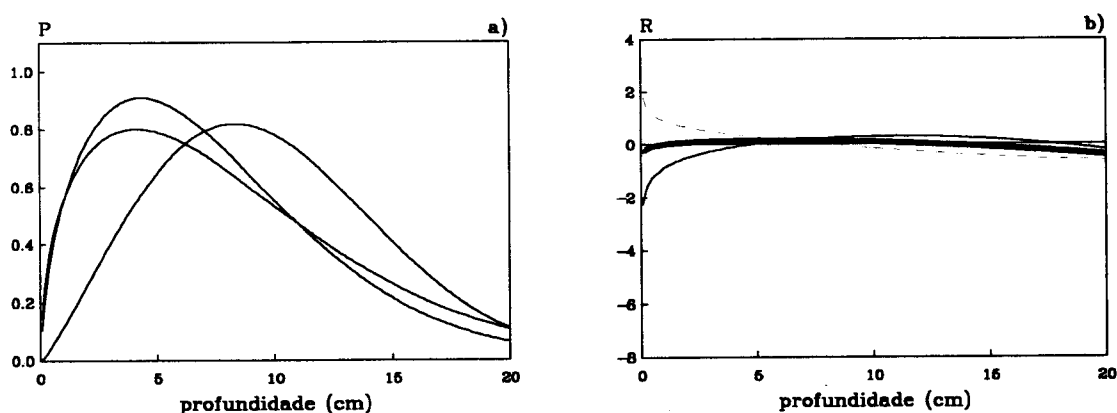
Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (4% [11%] das totais) todos os pontos diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.63 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.



**Figura 10.63** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.297 mm pós-escarificação e b) da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 5.8 cm e 7.2 cm [6.3-11.2 cm] com uma média de 6.5 cm [8.7 cm]. A figura 10.63a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações essencialmente superficiais. Considerando todas as comparações (figura 10.63b), as subidas e descidas nunca se anulam, interrompendo-se a tendência para localizações mais profundas com o aumento de tamanho das sementes; 33% das comparações são  $MDS$  e 67%  $MAS$ , com aumento da intensidade em  $MAS$ , sempre dependentes da profundidade.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (2% [4%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.64 as distribuições dos 3 pontos e das 27 comparações.

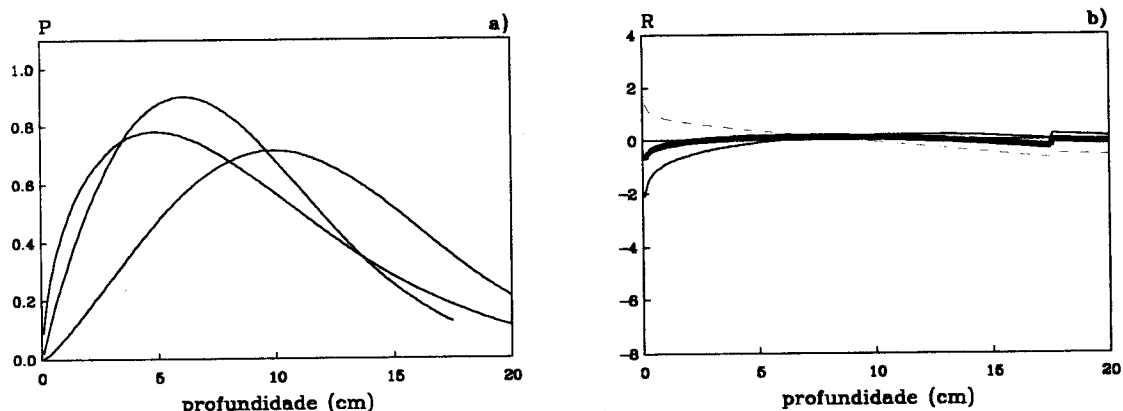


**Figura 10.64** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.355 mm pós-escarificação e b) da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 6.6 cm e 9.3 cm [4.9-10.9 cm] com uma média de 7.7 cm [8.2 cm]. A figura 10.64a torna evidentes as

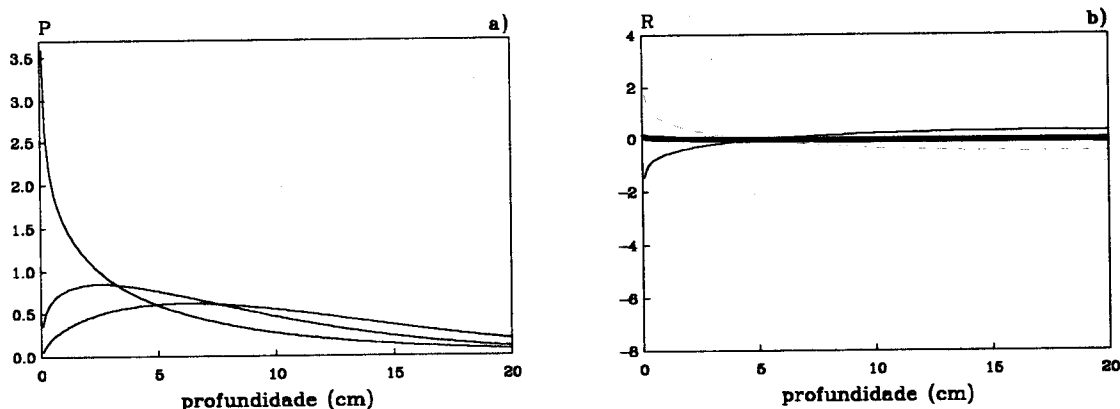
diferenças entre amostras, com localizações essencialmente superficiais e localizações quase simétricas. Considerando todas as comparações (figura 10.64b), as subidas e descidas tendem a anular-se, retomando-se a tendência para localizações mais profundas com o aumento de tamanho; 52% das comparações são *MDS* e 48% *MAS*, com aumento da intensidade em *MDS*, só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (2% [4%] das totais) todos os pontos diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=578$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.65 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.



**Figura 10.65** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.425 mm pós-escarificação e b)  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de *MAS*, a contínuo fino valor médio de *MDS*.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.5 cm e 10.9 cm [7.4-11.2 cm] com uma média de 8.7 cm [9.3 cm]. A figura 10.65a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações essencialmente superficiais e localizações simétricas. As subidas e descidas tendem a anular-se (figura 10.65b), mantendo-se a tendência para localizações mais profundas com o aumento de tamanho; 59% das comparações são *MDS* e 41% *MAS*, quase sem alterações de intensidade, só dependentes da profundidade superficialmente em *MDS* e tendência para haver sempre em *MAS*.

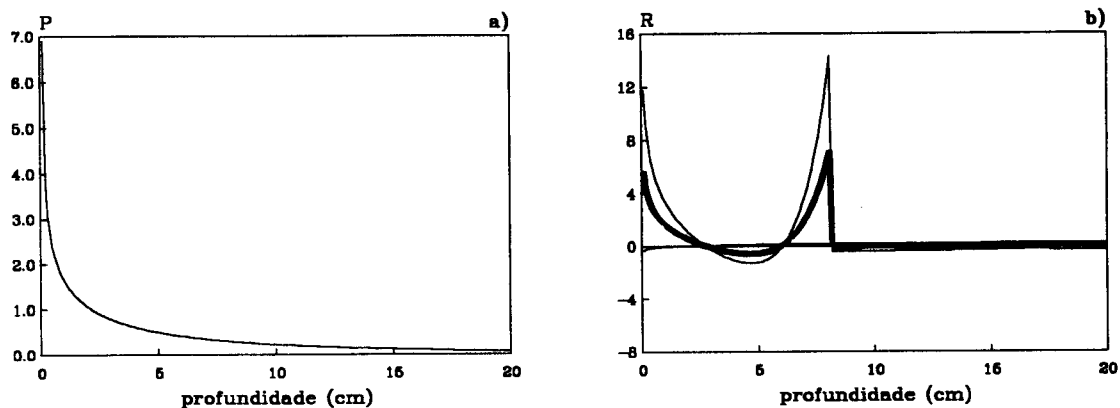


**Figura 10.66** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.560 mm pós-escarificação e b)  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de *MAS*, a contínuo fino valor médio de *MDS*.

Nas sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (3% [3%] das totais) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.957$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.66 as distribuições dos 3 pontos e das 27 comparações.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 3.7 cm e 9.6 cm [5.3-8.8 cm] com uma média de 6.6 cm [7.1 cm]. A figura 10.66a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações essencialmente superficiais ou muito superficiais. Considerando todas as comparações (figura 10.66b), as subidas e descidas tendem a anular-se, invertendo-se de novo a tendência para localizações mais profundas com o aumento de tamanho; 52% das comparações são *MDS* e 48% *MAS*, praticamente sem alterações de intensidade, só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes totais retidas pelos crivo de malha igual ou superior a 0.710 mm (1% [2%] das totais) só foi possível (ver § 9.2.1) ajustar modelos no ponto de amostragem *E1*, apresentando-se na figura 10.67 a distribuição desse ponto e das 4 comparações.



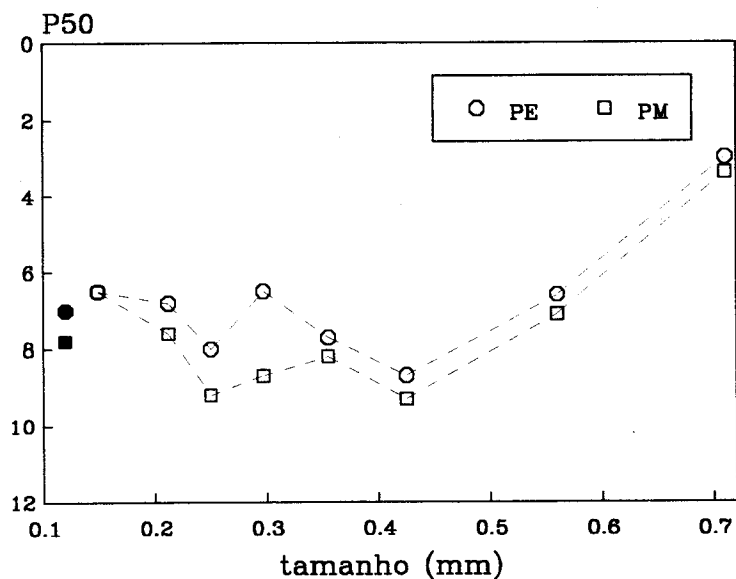
**Figura 10.67** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes totais retidas pelo crivo de malha 0.710 mm ou superior pós-escarificação e b)  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de *MAS* e *MDS*.

Em sementes totais desta classe de tamanho  $P_{50}$  tem o valor 3.0 cm [2.0-4.7 cm] com uma média de [3.4 cm]. A figura 10.67a revela uma localização muito superficial. Considerando todas as comparações (figura 10.67b), as subidas e descidas tendem a anular-se a partir de profundidades baixas, mantendo-se a tendência para localizações mais superficiais com o aumento de tamanho; 50% das comparações são *MDS* e 50% *MAS*, quase nulas em *MDS*, com grande aumento de intensidade em *MAS*, só dependentes da profundidade superficialmente em *MAS*.

Como conclusão diremos que a distribuição vertical do banco de sementes (todas as sementes totais) alterou-se ligeiramente após 4 passagens de escarificador de molas, com subida das localizadas mais profundamente, dependente da profundidade, como pode ser visto na figura 10.59 e 10.68.

Considerando as sementes totais por classes de tamanho, conclui-se haver sempre subida com exceção das retidas pelo crivo de malha 0.149 mm, sem alteração, resultando destas

movimentações uma distribuição de  $P_{50}$  ligeiramente menos variável que pré-mobilização.



**Figura 10.68** Profundidade média necessária, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada de sementes totais ( $P_{50}$ ) pós-escarificação (PE) e pré-mobilização (PM) em função das classes de tamanho em MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

Relativamente ao efeito da escarificação na distribuição vertical de sementes, não podemos deixar de referir a aparente inconsistência entre as conclusões obtidas dos valores de  $P_{50}$  e dos valores médios de  $R$ . De facto, com excepção das retidas pelos crivos de malha 0.297 mm e 0.710 mm ou superiores, o exame de  $R$ , incluindo o de todas as sementes totais, sugere uma tendência para descidas superficiais ou ausência de alterações superficiais.

A inconsistência desvanece-se, se tivermos em consideração não só a reduzida intensidade da maioria das variações de  $P_{50}$ , mas e principalmente, o comportamento evidenciado pelas distribuições médias de  $R$ .

Assim, particularmente nas classes aparentemente com inconsistência, as movimentações envolvem sobretudo descidas das sementes muito superficiais para profundidades maiores e subidas das mais profundas, dependentes da profundidade, e aumentos independentes nas restantes. Daqui resultam pequenos aumentos de frequência nessas profundidades, mas cuja acumulação, diminui  $P_{50}$  pós-escarificação.

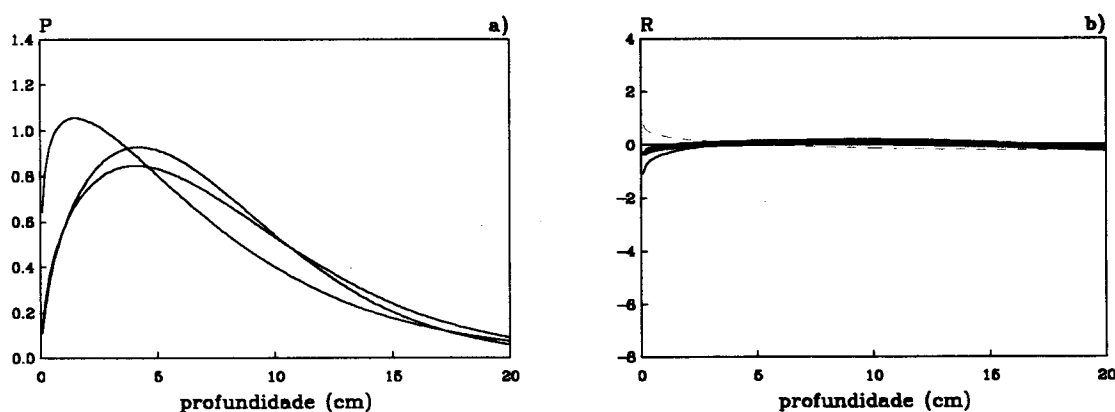
Quando se compara a evolução das sementes retidas pelo crivo de malha 0.250 mm com a das retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (valores de  $P_{50}$  quase iguais pré-mobilização) verifica-se que, nas menores, a subida foi mais reduzida que nas sementes maiores.

Adicionalmente, até às sementes retidas pelo crivo de malha 0.297 mm observa-se um aumento crescente da intensidade das subidas com o aumento de tamanho (que começou por ser nula nas menores); a intensidade reduz-se ou mantém-se constante nas retidas por crivos de malha igual ou superior a 0.355 mm, sugerindo que se a localização pré-mobilização pode ser importante, o tamanho das sementes não é menos, com tendência para a escarificação subir sempre as sementes, com pequena intensidade nas muito pequenas e nas grandes, com intensidades crescentes com o aumento do tamanho intermédias.

Analisando todas as comparações ressalta o facto de haver quase sempre subida de sementes profundas, quer as movimentações sejam de tipo *MAS* ou *MDS*; além disso, as subidas e descidas superficiais, manifestam-se, em geral, só até profundidades reduzidas, tendendo a anular-se muito rapidamente.

Ressalta igualmente a elevada frequência com que a dependência das movimentações só se manifesta nas profundidades superficiais e profundas, estando frequentemente ausente de profundidades intermédias que constituem o destino das sementes muito superficiais e profundas. Em geral, as probabilidades de subidas e descidas à superfície pouco diferem, sendo, em regra, maiores em *MDS*.

10.2.3.2 Sementes isodiamétricas. Em todas as sementes isodiamétricas todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.993$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.69 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.

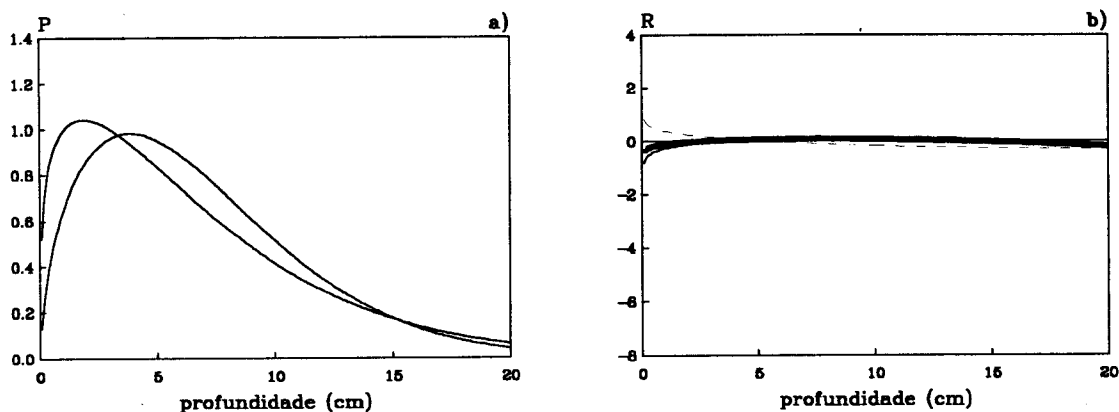


**Figura 10.69** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de todas as sementes isodiamétricas pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de *MAS*, a contínuo fino valor médio de *MDS*.

Em todas as sementes isodiamétricas  $P_{50}$  está compreendida entre 5.3 cm e 6.8 cm [4.6-8.1 cm] com uma média de 6.2 cm [6.2 cm]. A figura 10.69a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações superficiais. Todas as sementes isodiamétricas localizam-se mais superficialmente que todas as totais, não diferindo de pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.69b), as subidas e descidas tendem a anular-se; 38% das comparações são do tipo *MAS*, 62% *MDS*, de intensidades semelhantes, só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (48% [33%] das isodiamétricas) os pontos de amostragem  $E1$  e  $E2$  não diferem ( $R^2_{aj}=0.993$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.014$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.70 a distribuição do ponto de amostragem diferente, da média dos não diferentes e das 16 comparações.

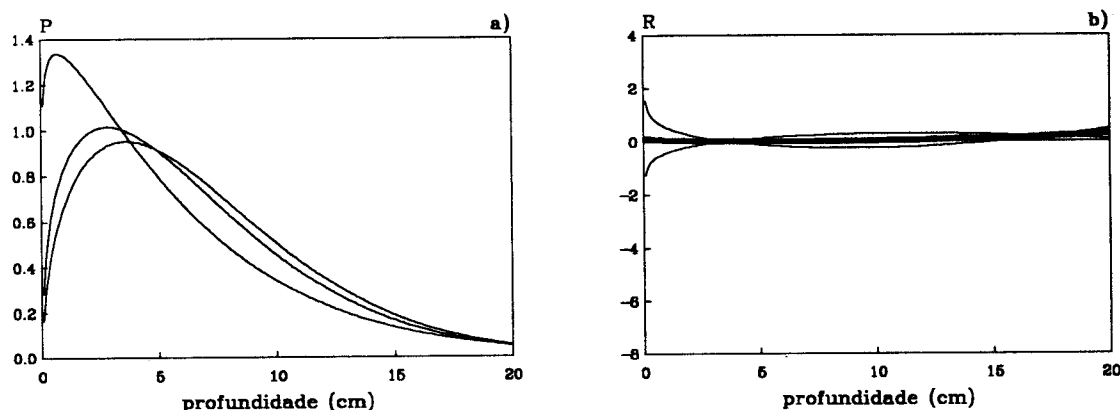
Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 5.3 cm e 6.0 cm [4.6-7.8 cm], com uma média de 5.6 cm [5.6 cm]. A figura 10.70a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações superficiais.



**Figura 10.70** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais superficialmente que as totais, não diferindo de pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.70b), as subidas e descidas tendem a anular-se a não ser muito superficialmente; 25% das comparações são  $MAS$ , 75%  $MDS$ , com redução de intensidade em  $MDS$ , só estando dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (31% [36%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.988$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.017$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.71 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.

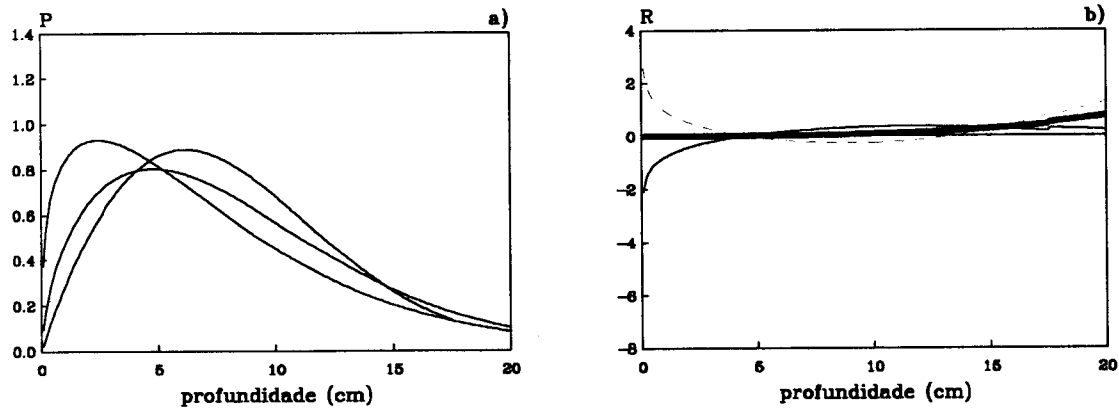


**Figura 10.71** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$  e  $MDS$ .

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 4.4 cm e 6.1 cm [2.9-7.0 cm], com uma média de 5.3 cm [5.2 cm]. A figura 10.71a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações superficiais ou muito superficiais. Estas sementes isodiamétricas localizam-se mais superficialmente que as totais, quase não diferindo de pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.71b), as subidas e descidas de sementes tendem a anular-se; 50% das comparações são do tipo  $MAS$ ,

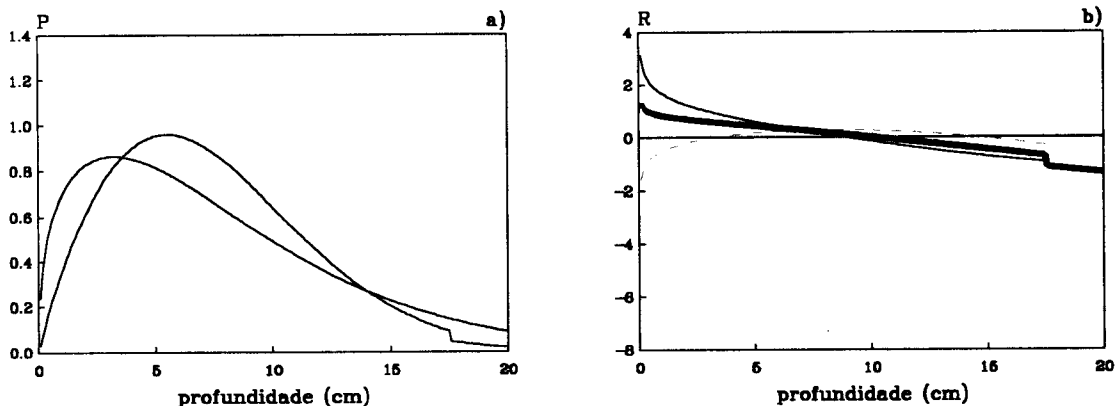
50% *MDS*, com aumento de intensidade em ambas, só dependentes da profundidade superficialmente.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (6% [8%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.996$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.72 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.



**Figura 10.72** Distribuição a) não acumulada em porcentagem (*P*) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação (*R*) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de *R*, a contínuo fino valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 6.0 cm e 7.6 cm [3.8-9.1 cm], com uma média de 7.0 cm [6.4 cm]. A figura 10.72a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações superficiais. Sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais superficialmente que totais e mais profundamente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.72b), as subidas e descidas de sementes tendem a anular-se superficialmente; 44% das comparações são *MAS*, 56% *MDS*, com aumento de intensidade em ambas, só dependentes da profundidade superficialmente em *MDS*, superficial e profundamente em *MAS*.



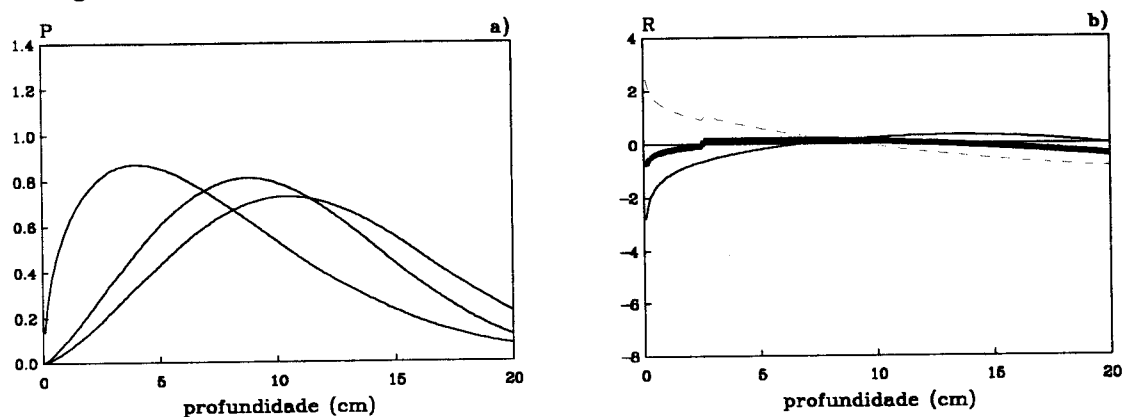
**Figura 10.73** Distribuição a) não acumulada em porcentagem (*P*) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação (*R*) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de *R*, a contínuo fino valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (3% [4%] das

isodiamétricas) os pontos de amostragem *E1* e *E3* não diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=578$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.73 a distribuição do ponto de amostragem diferente, da média dos não diferentes e das 18 comparações.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 6.5 cm e 6.9 cm [4.6-13.2 cm], com uma média de 6.7 cm [8.8 cm]. A figura 10.73a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações superficiais. As sementes isodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se um pouco mais profundamente que as totais, mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.73b), as subidas e descidas de sementes não tendem a anular-se; 61% das comparações são *MAS*, 39% *MDS*, com aumento de intensidade em *MAS*, sempre dependentes da profundidade.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (4% [4%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.74 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.

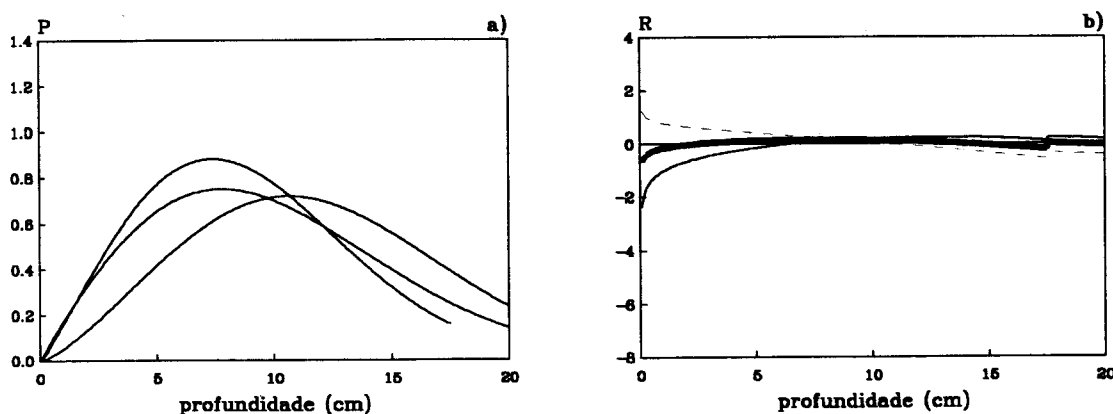


**Figura 10.74** Distribuição a) não acumulada em percentagem (*P*) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação (*R*) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de *R*, a tracejado valor médio de *MAS*, a contínuo fino valor médio de *MDS*.

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 6.7 cm e 11.3 cm [6.2-13.0 cm], com uma média de 9.2 cm [10.1 cm]. A figura 10.74a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações superficiais, quase simétricas e mais profundas. Em pós-escarificação, estas sementes localizam-se mais profundamente que as totais, mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.74b), as subidas e descidas de sementes tendem a anular-se, com prevalência de descidas muito superficialmente; 46% das comparações são *MAS*, 54% *MDS*, com diminuição de intensidade em *MAS*, aumento em *MDS*, sempre dependente da profundidade em *MAS*, só dependente da profundidade superficialmente em *MDS*.

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm (4% [6%] das isodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}>0.999$ ,  $n=578$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.038$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.75 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

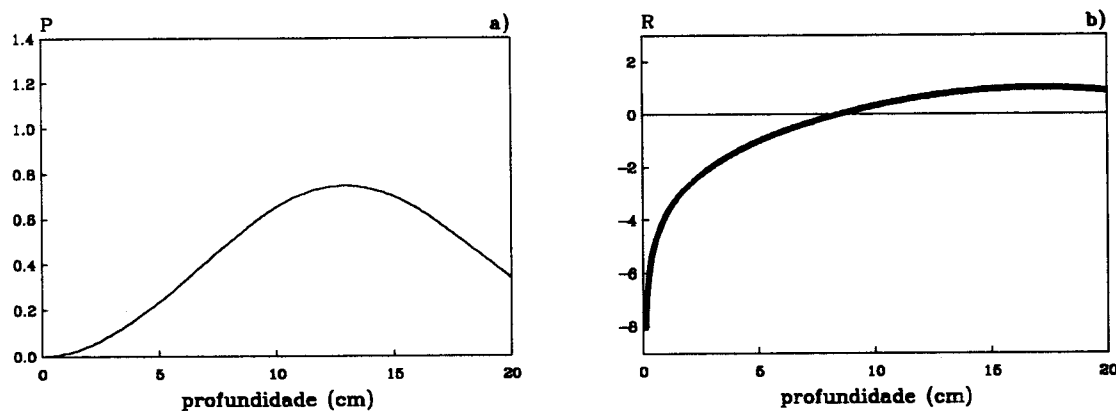




**Figura 10.75** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.425 mm pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a tracejado valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 8.4 cm e 11.5 cm [7.8-12.1 cm], com uma média de 9.7 cm [10.2 cm]. A figura 10.75a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações superficiais e quase simétricas. Estas sementes localizam-se mais profundamente que as totais, mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.75b), as subidas e descidas de sementes tendem a anular-se; 48% das comparações são  $MAS$ , 52%  $MDS$ , com diminuição de intensidade, sempre dependentes da profundidade em  $MAS$ , só dependentes superficialmente em  $MDS$ .

Nas sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm (4% [6%] das sementes isodiamétricas) só foi possível (§ 9.2.1) ajustar modelos no ponto de amostragem  $E1$ , apresentando-se na figura 10.76 a distribuição desse ponto e das 9 comparações.



**Figura 10.76** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ .

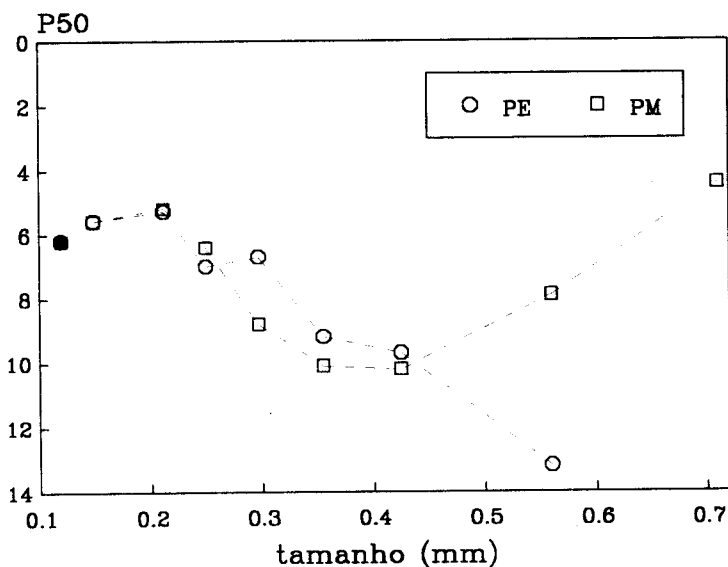
Em sementes isodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  tem o valor 13.2 cm [5.4-10.0 cm], com uma média de [7.9 cm]. A figura 10.76a torna evidente uma localização mais profunda. Sementes isodiamétricas desta classe localizam-se mais profundamente que as totais e que pré-mobilização, mantendo-se a tendência de afundamento com o aumento de

tamanho iniciada nas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm. Considerando todas as comparações (figura 10.76b), as subidas e descidas de sementes nunca se anulam; todas as comparações são *MDS*, com forte aumento de intensidade, sempre dependente da profundidade.

Nas sementes retidas pelos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (1% [2%] das sementes isodiamétricas) não foi possível tentar ajustamentos para qualquer ponto de amostragem (ver § 9.2.1).

Como conclusão, diremos que a distribuição vertical das sementes isodiamétricas não se alterou após 4 passagens de escarificador de molas, como pode ser visto na figura 10.77.

Considerando as sementes totais por classes de tamanho, conclui-se não haver, ou quase não haver, alterações na localização das sementes menores (até às retidas pelo crivo de malha 0.250 mm), com subidas de intensidade variável, geralmente baixa à exceção das retidas pelo crivo de malha 0.297 mm, em sementes intermédias (até às retidas pelo crivo de malha 0.425 mm) e fortes descidas nas maiores, resultando destas movimentações uma distribuição de  $P_{50}$  diferente, mas de variabilidade semelhante, à observada pré-mobilização.



**Figura 10.77** Profundidade média necessária, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada de sementes isodiamétricas ( $P_{50}$ ) pós-escarificação (PE) e pré-mobilização (PM), em função das classes de tamanho em MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

Nas classes de tamanho em que há alterações da distribuição vertical, observam-se todos os tipos de dependência da profundidade, nomeadamente dependência só profundamente (crivo 0.250 mm), só superficial e profundamente (crivo 0.355 mm), só superficialmente (crivo 0.425 mm) e em todas as profundidades (crivos 0.297 mm e 0.560 mm).

Quando se compara a evolução das sementes retidas pelo crivo de malha 0.560 mm com a das retidas pelos crivos de malha 0.250 mm e 0.297 mm (as primeiras com valores de  $P_{50}$  intermédios) observa-se uma intensa descida das sementes maiores, enquanto as menores apresentam valores de  $P_{50}$  pós-escarificação essencialmente idênticos, muito ligeira descida das retidas pelo crivo de malha 0.250 mm e subida das retidas pelo crivo de malha 0.297

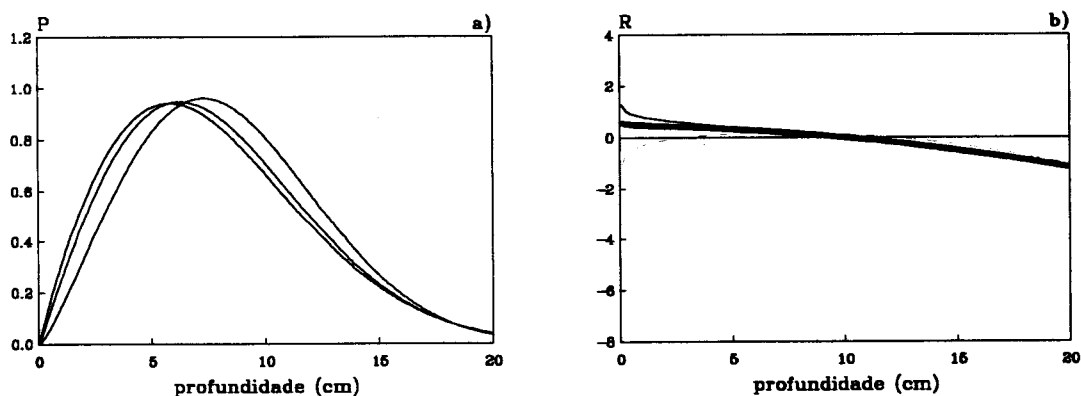
mm, sugerindo que o tipo e intensidade de movimentações possa depender do tamanho das sementes, embora, eventualmente, só em sementes maiores.

Em todas as comparações ressalta o facto das subidas e descidas tenderem a depender das profundidades superficiais para intervalos de profundidade progressivamente maiores com o aumento de tamanho.

Comparações de tipo *MAS* revelam-se só dependentes da profundidade superficialmente em sementes menores passando com o aumento do tamanho das sementes a depender de profundidades superficiais e profundas primeiro e de todas as profundidades depois; em contrapartida, em *MDS* a tendência parece ser só haver dependência da profundidade superficialmente.

Com excepção das sementes menores e maiores, observam-se geralmente probabilidades semelhantes de subidas e descidas, com a intensidade das movimentações, quando ocorrem, a depender essencialmente da intensidade da mais provável.

10.2.3.3 Sementes anisodiamétricas. Em todas as sementes anisodiamétricas todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.001$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.78 as distribuições dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

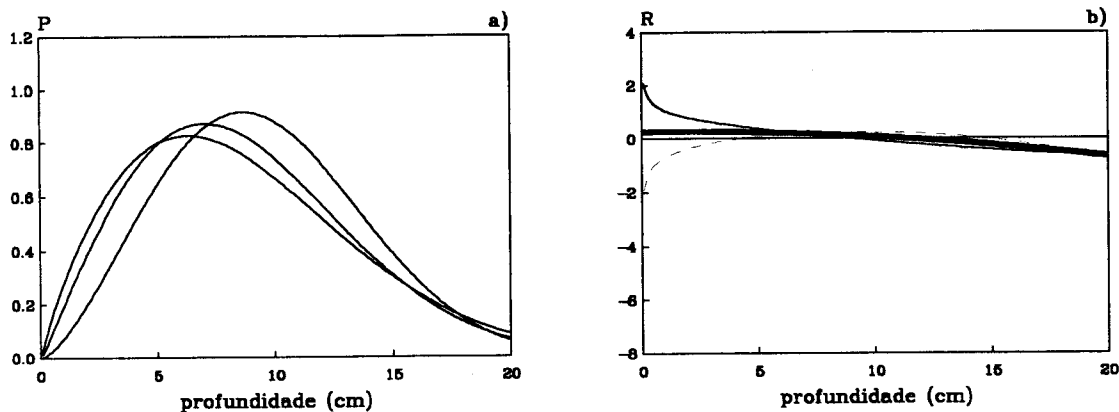


**Figura 10.78** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de todas as sementes anisodiamétricas pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de *MAS*, a tracejado valor médio de *MDS*.

Em todas as sementes anisodiamétricas  $P_{50}$  está compreendida entre 7.2 cm e 8.1 cm [8.2-10.8 cm], com uma média de 7.6 cm [9.2 cm]. A figura 10.78a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações superficiais. Em pós-escarificação todas as anisodiamétricas localizam-se mais profundamente que todas as totais, todas as isodiamétricas, mas mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.78b), as subidas e descidas não se anulam; 70% das comparações são *MAS*, 30% *MDS*, de intensidades semelhantes, sempre dependentes da profundidade.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm (11% [7%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.999$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.79 a distribuição dos 3 pontos de

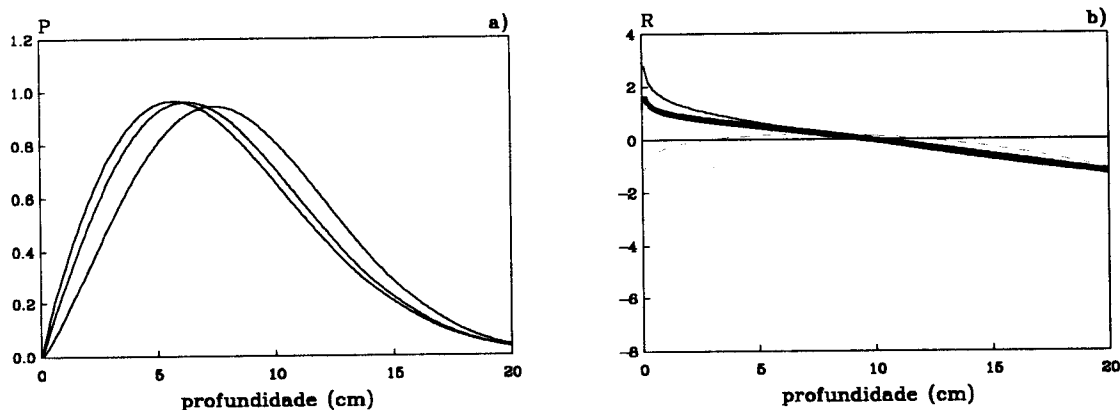
amostragem e das 24 comparações.



**Figura 10.79** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 8.0 cm e 9.2 cm [7.1-10.8 cm], com uma média de 8.5 cm [9.6 cm]. A figura 10.79a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações superficiais e quase simétricas. Sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se mais profundamente que totais, isodiamétricas, mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.79b), as subidas e descidas não se anulam; 54% das comparações são  $MAS$ , 46%  $MDS$ , de intensidades semelhantes, sempre dependentes da profundidade.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm (43% [30%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=603$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.034$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.80 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 24 comparações.

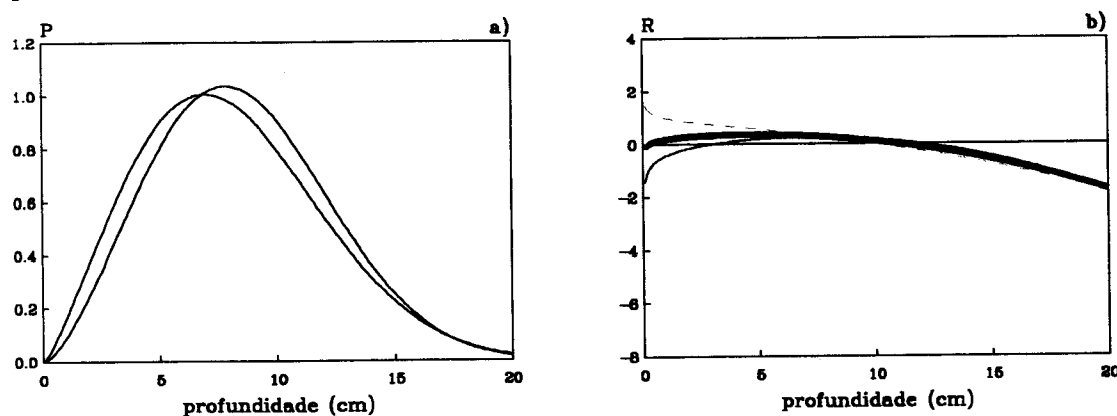


**Figura 10.80** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.212 mm pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.0 cm e 8.2 cm [8.0-12.4 cm], com uma média de 7.5 cm [9.8 cm]. A figura 10.80a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações superficiais e quase simétricas. Em

pós-escarificação, estas sementes localizam-se mais profundamente que as totais, que as isodiamétricas, mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.80b), as subidas e descidas não se anulam; 71% das comparações são *MAS*, 29% *MDS*, com aumento da intensidade de *MAS* e diminuição de *MDS*, sempre dependentes da profundidade.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (35% [39%] das anisodiamétricas) os pontos de amostragem *E1* e *E3* não diferem ( $R^2_{aj}=0.993$ ,  $n=603$ ,  $P\approx 0$  para o modelo,  $P\leq 0.001$  para os coeficientes), apresentando-se na figura 10.81 a distribuição do ponto de amostragem diferente, da média dos não diferentes e das 18 comparações.

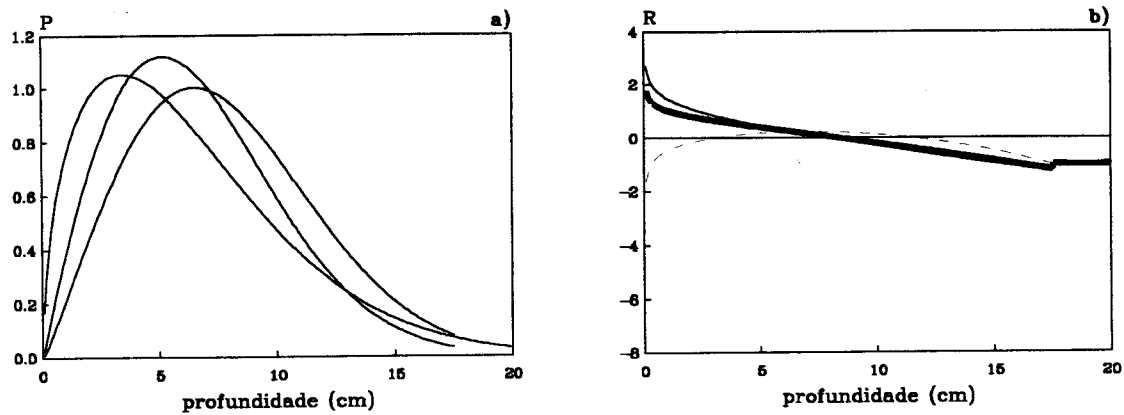


**Figura 10.81** Distribuição a) não acumulada em percentagem (*P*) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.250 mm pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação (*R*) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de *R*, a tracejado valor médio de *MAS*, a contínuo fino valor médio de *MDS*.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 7.7 cm e 8.3 cm [8.6-11.1 cm], com uma média de 8.0 cm [9.5 cm]. A figura 10.81a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações quase simétricas. Sementes desta classe localizam-se à mesma profundidade que as totais, mais profundamente que as isodiamétricas, mais superficialmente que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.81b), as subidas e descidas não se anulam; 44% das comparações são *MAS*, 56% *MDS*, com diminuição da intensidade de *MAS*, sempre dependentes da profundidade.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (5% [16%] das anisodiamétricas) todos os pontos de amostragem diferem ( $R^2_{aj}=0.998$ ,  $n=553$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e coeficientes), apresentando-se na figura 10.82 a distribuição dos 3 pontos de amostragem e das 27 comparações.

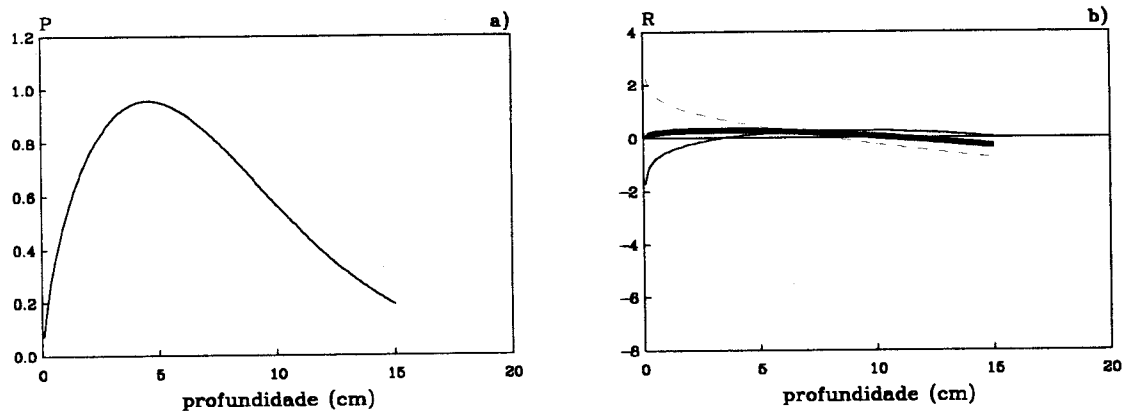
Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  está compreendida entre 5.5 cm e 7.4 cm [7.2-11.5 cm], com uma média de 6.4 cm [8.8 cm]. A figura 10.82a torna evidentes as diferenças entre amostras, com localizações mais superficiais. Sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho localizam-se quase à mesma profundidade que as totais, um pouco mais superficiais que as isodiamétricas, mais superficialmente que pré-mobilização.



**Figura 10.82** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.297 mm pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a tracejado valor médio de  $MDS$ .

Considerando todas as comparações (figura 10.82b), as subidas e descidas não se anulam; 78% das comparações são  $MAS$ , 22%  $MDS$ , com aumento da intensidade de  $MAS$ , sempre dependentes da profundidade.

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm (1% [3%] das anisodiamétricas) só foi possível (§ 9.2.1) ajustar modelos no ponto de amostragem  $E2$ , apresentando-se na figura 10.83 a distribuição desse ponto e das 7 comparações.



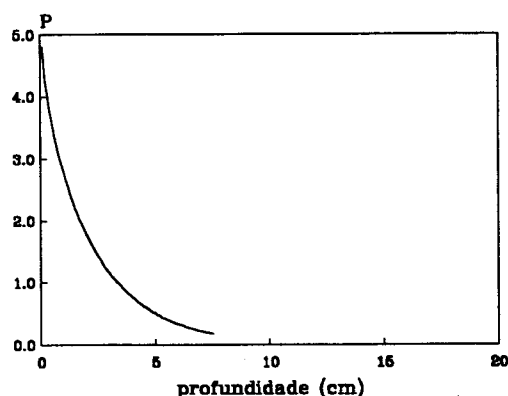
**Figura 10.83** Distribuição a) não acumulada em percentagem ( $P$ ) de sementes anisodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.355 mm pós-escarificação e b) do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-escarificação ( $R$ ) em função da profundidade em MITRA2. Em b) a contínuo grosso valor médio de  $R$ , a contínuo fino valor médio de  $MAS$ , a contínuo fino valor médio de  $MDS$ .

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  tem o valor 6.4 cm [4.0-9.9 cm], com uma média de [7.3 cm]. A figura 10.83a torna evidente uma localização superficial. As sementes localizam-se mais superficialmente que as totais, que as isodiamétricas e que pré-mobilização. Considerando todas as comparações (figura 10.83b), as subidas e descidas não se anulam; 43% das comparações são  $MAS$ , 57%  $MDS$ , quase sem alteração de intensidades, sempre dependentes da profundidade em  $MAS$ , só superficialmente em  $MDS$ .

Nas sementes anisodiamétricas retidas pelos crivos de malha 0.425 mm e 0.560 mm (3% [3%] das anisodiamétricas) não foi possível tentar ajustamentos para qualquer ponto de

amostragem (ver § 9.2.1), situação que já se tinha verificado pré-mobilização.

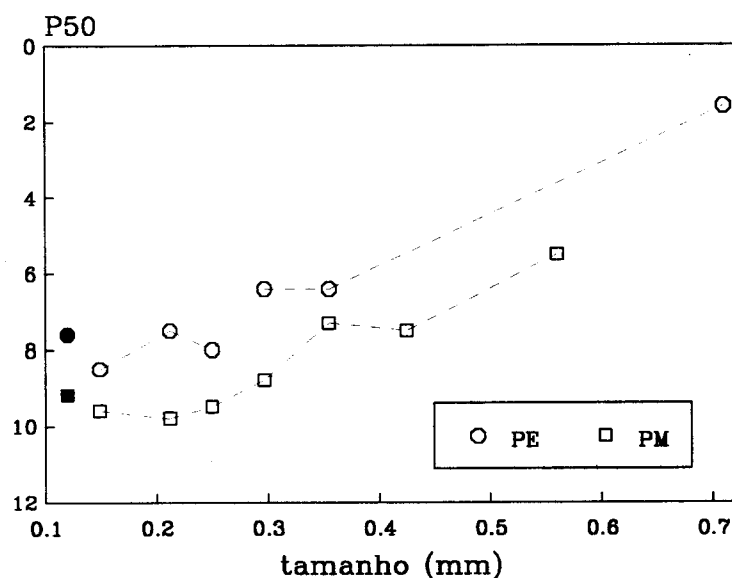
Nas sementes anisodiamétricas retidas pelos crivos de malha igual ou superior a 0.710 mm (menos de 1% [1%] das anisodiamétricas) só foi possível (§ 9.2.1) ajustar modelos no ponto de amostragem *E2*, apresentando-se na figura 10.84 a distribuição desse ponto.



**Figura 10.84** Distribuição não acumulada em percentagem (*P*) de sementes anisodiamétricas retidas pelos crivos de malha 0.710 mm ou maior pós-escarificação.

Em sementes anisodiamétricas desta classe de tamanho  $P_{50}$  tem o valor 1.6 cm com a figura 10.84 a tornar evidente uma localização muito superficial. Estas sementes localizam-se ainda mais superficialmente que as totais, não sendo possível qualquer outra comparação em virtude da ausência de ajustamentos (§ 9.2.1) em sementes análogas, quer isodiamétricas pós-escarificação quer anisodiamétricas pré-mobilização.

Como conclusão, a distribuição vertical de todas as sementes anisodiamétricas alterou-se após 4 passagens de escarificador de molas, com subida para profundidades mais superficiais de sementes localizadas mais profundamente, quase sempre de forma dependente da profundidade, como pode ser visto nas figuras 10.78 e 10.85.



**Figura 10.85** Profundidade média necessária, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada de sementes anisodiamétricas ( $P_{50}$ ) pós-escarificação (*PE*) e pré-mobilização (*PM*), em função das classes de tamanho em MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

É uma situação análoga à de todas as sementes totais (com exceção da dependência da profundidade) e distinta da observada em todas as isodiamétricas, em que a escarificação não tinha provocado alterações da distribuição vertical.

Considerando as sementes anisodiamétricas por classes de tamanho, conclui-se haver subidas em todas, situação análoga à observada em sementes totais, excepto nas retidas pelo crivo de malha 0.149 mm. Destas movimentações resulta uma distribuição de valores de  $P_{50}$  pós-escarificação de variabilidade pouco diferente da observada pré-mobilização.

Nas anisodiamétricas as movimentações são quase sempre dependentes da profundidade, ao contrário das sementes totais e isodiamétricas, onde só esporadicamente se observa dependência em todas as profundidades.

Analisando a evolução das sementes retidas pelo crivo de malha 0.149 mm com a das retidas pelo crivo de malha 0.250 mm (valores de  $P_{50}$  quase iguais pré-mobilização) verifica-se que nas sementes menores a subida foi mais reduzida do que nas maiores. Adicionalmente, nas sementes retidas pelos crivos de malha 0.297 mm e 0.355 mm observam-se valores de  $P_{50}$  iguais pós-escarificação quando pré-mobilização as menores se localizavam mais profundamente. No conjunto, estes resultados sugerem, de novo, que a localização pré-mobilização pode ser importante mas o tamanho das sementes não é menos, apesar da clara tendência da escarificação subir sempre as anisodiamétricas.

Considerando agora todas as comparações ressalta o facto de, sem excepções, ao contrário de sementes totais, haver sempre subida de sementes profundas quer as movimentações sejam de tipo *MAS* ou *MDS*; além disso, as subidas superficiais manifestam-se sempre até profundidades relativamente grandes.

Finalmente, e ao contrário de sementes totais e sobretudo de isodiamétricas, as probabilidades de subidas e descidas tendem a diferir quando há predominância de *MAS*, pouco diferindo quando a movimentação é de tipo *MDS*, situações em que a subida superficial média resulta essencialmente da maior intensidade do tipo de movimento menos provável. Há, pois, diferenças na resposta à escarificação entre sementes anisodiamétricas, totais e sobretudo isodiamétricas.

10.2.3.4 Discussão geral. Tomando todas as sementes totais, o efeito mais provável da escarificação consiste numa descida de sementes superficiais em simultâneo com uma subida de sementes profundas, em ambos os casos com intensidades dependentes da profundidade, e distribuição das sementes movimentadas para profundidades intermédias, de forma independente da profundidade.

De acordo com Cerqueira (1991), a escarificação envolve o rasgar do solo, praticamente sem revolvimento da superfície, pelo que é de esperar um efeito relativamente reduzido deste tipo de mobilização na distribuição vertical de sementes.

Do reduzido número de trabalhos em que o cultivo com escarificador foi estudado de forma comparável a MITRA2 conclui-se que, deste cultivo, resulta uma concentração de sementes à superfície (Moss 1988, Staricka *et al.* 1990, Yenish *et al.* 1992), aumenta



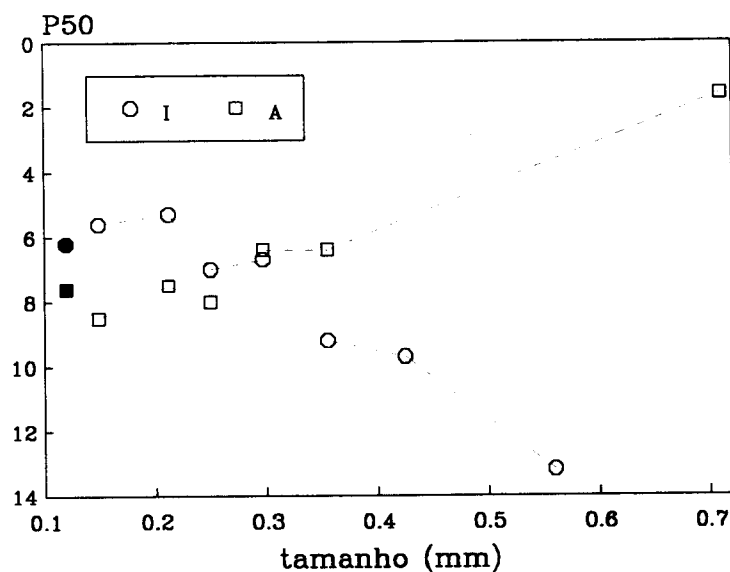
fortemente o banco de sementes (Beuret 1989), a emergência de sementes (Miller *et al.* 1998, Wilson 1978, 1985), a proporção de sementes menores e intermédias a 0-5 cm e reduz a de sementes maiores (Feldman *et al.* 1997), resultados que basicamente não são incompatíveis com as conclusões a que chegámos relativamente a todas as sementes totais.

O facto de nestes trabalhos só uma parte do banco de sementes ter sido amostrada (relativamente grandes e anisodiamétricas) não altera substancialmente esta concordância. De facto, dos resultados que apresentámos acima, pode concluir-se que as sementes totais de qualquer tamanho têm um comportamento globalmente semelhante ao de anisodiamétricas de qualquer tamanho, basicamente subida de sementes para menores profundidades.

Em sementes totais (iso e anisodiamétricas conjuntamente) da escarificação resulta uma ligeira redução da heterogeneidade da distribuição vertical avaliada por  $P_{50}$ , com a conseqüente redução das diferenças entre tamanhos observada pré-mobilização (figura 10.68), essencialmente devida à não movimentação das sementes menores e à subida das restantes. Ou seja, a escarificação parece reduzir a *persistência de posição*.

Analisando as sementes isodiamétricas, a escarificação não parece alterar a heterogeneidade da distribuição vertical avaliada por  $P_{50}$ , não alterando ou descendo as menores, subindo as intermédias, e descendo fortemente as maiores (figura 10.77). Ou seja, a escarificação poderá reduzir a *persistência de posição* de sementes intermédias, desde que nos tamanhos mais afectados pelas subidas, a *persistência de posição* seja relevante em comparação com a *persistência intrínseca*; aumenta claramente a *persistência de posição* das sementes maiores, precisamente aquelas em que essa persistência será mais importante.

Considerando as sementes anisodiamétricas, a escarificação pouco ou nada altera a variabilidade da distribuição vertical avaliada por  $P_{50}$ , provocando sempre a sua subida (figura 10.85). Ou seja, a escarificação reduzirá a *persistência de posição*.



**Figura 10.86** Profundidade média necessária pós-escarificação, em cm, para se obter 50% da distribuição acumulada ( $P_{50}$ ) de sementes isodiamétricas (I) e anisodiamétricas (A), em função das classes de tamanho em MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

Globalmente, a escarificação parece tornar a distribuição vertical de sementes iso e anisodiamétricas menos diferente que pré-mobilização em sementes menores, mais diferente em maiores (figura 9.34 e 10.86).

Consequentemente, enquanto a forma surgia como particularmente importante na distribuição vertical de sementes menores pré-mobilização, a sua relevância atenua-se pós-escarificação. Em contrapartida, parece tornar-se importante em sementes maiores, com anisodiamétricas a localizarem-se mais superficialmente com o aumento de tamanho (como em pré-mobilização) e isodiamétricas mais profundamente. Em pós-escarificação há uma clara tendência para a localização das sementes maiores depender da forma directamente em isodiamétricas, inversamente em anisodiamétricas.

Finalmente, o efeito da escarificação na movimentação vertical de sementes depende da profundidade em todas as profundidades ou só em profundidades maiores sem que um padrão claro esteja associado à forma ou ao tamanho.

### 10.3 COMPARANDO GRADAGEM, LAVOURA E ESCARIFICAÇÃO

Até agora examinámos separadamente os efeitos das mobilizações, caracterizando-os em termos da forma e tamanho das sementes. Com todas as reservas dos métodos usados, iremos comparar os efeitos das mobilizações investigadas, tendo sempre subjacentes as consequências para o controlo de infestantes que podem ser esperadas da opção por uma determinada mobilização.

Teremos em consideração o aumento previsível da sobrevivência das sementes, pelo menos das maiores, quando enterradas (Moss 1985b, Wilson 1981), o facto de mobilizações poderem permitir emergências de profundidades maiores (Moss 1985b), do tipo de solo em que as mobilizações foram realizadas em MITRA2 (franco-arenoso) poder permitir emergências de profundidades relativamente elevadas (Wiese e Davis 1967 e § 7.1) e, finalmente, poder esperar-se que a distribuição de sementes, pelo menos das maiores, pouco ou nada difira da distribuição das viáveis (Bouhache e Tanji 1985).

Do que temos visto, é clara a diferença entre lavoura por um lado e gradagem e escarificação por outro. Na lavoura, a forma e o tamanho das sementes parecem irrelevantes, com as movimentações das sementes quase totalmente dependentes da sua localização pré-mobilização, com as subidas ou descidas, avaliadas pela distribuição da média de  $R$  a terem, com poucas excepções, elevadas probabilidades de ocorrência.

Em contrapartida, em gradagem e escarificação, as movimentações dependem parcialmente da forma ou tamanho das sementes, com as subidas ou descidas, avaliadas pela média de  $R$ , com probabilidades de ocorrência relativamente baixas; a única excepção será em anisodiamétricas sujeitas a gradagem.

Como consequência, a previsibilidade global dos efeitos da lavoura será bastante superior à dos efeitos da gradagem e escarificação.

Assim, poderá esperar-se, com uma razoável certeza, que da lavoura resulte uma distribuição vertical essencialmente inversa da que se verificar pré-mobilização.

Concretamente, em sementes isodiamétricas menores localizadas mais superficialmente, a *persistência intrínseca* deixará de ser tão importante, sendo substituída, devido ao seu afundamento, por uma *persistência de posição*, o contrário se a *persistência de posição* for importante, ou seja se as isodiamétricas menores já se localizarem mais profundamente. Em contrapartida, sementes isodiamétricas maiores e anisodiamétricas de qualquer tamanho adquirirão ou reforçarão a *persistência de posição* se localizadas mais ou menos superficialmente pré-lavoura, diminuirão ou perderão a *persistência de posição* se mais ou menos profundamente.

Em contrapartida, na gradagem e escarificação, a previsibilidade dos efeitos será substancialmente menor que em lavoura, particularmente quando as sementes menores e maiores são consideradas. Adicionalmente, o efeito destes dois tipos de cultivo parece ser, em maior ou menor grau, dependente da forma e tamanho das sementes, situação que não ocorria em lavoura.

Resumindo o discutido anteriormente, a gradagem tenderá a não alterar a importância da *persistência intrínseca*. Os seus efeitos na *persistência de posição* dependerão do tamanho das sementes, com reforço nas sementes e redução nas menores.

Apesar da profundidade a que estas conclusões se referem (10 cm superficiais), não são de esperar grandes efeitos da gradagem para o controlo de infestantes em termos da distribuição vertical de sementes. As isodiamétricas menores, essencialmente não têm a sua localização alterada, as isodiamétricas e anisodiamétricas maiores tendem a descer, mas a possível redução de infestações futuras que daí resulta será contrariada pela subida de sementes anisodiamétricas menores.

Finalmente, a escarificação pouco ou nada parece afectar a *persistência intrínseca* das sementes isodiamétricas menores, reduzindo, mais ou menos fortemente, a *persistência de posição* das restantes, com excepção das isodiamétricas intermédias.

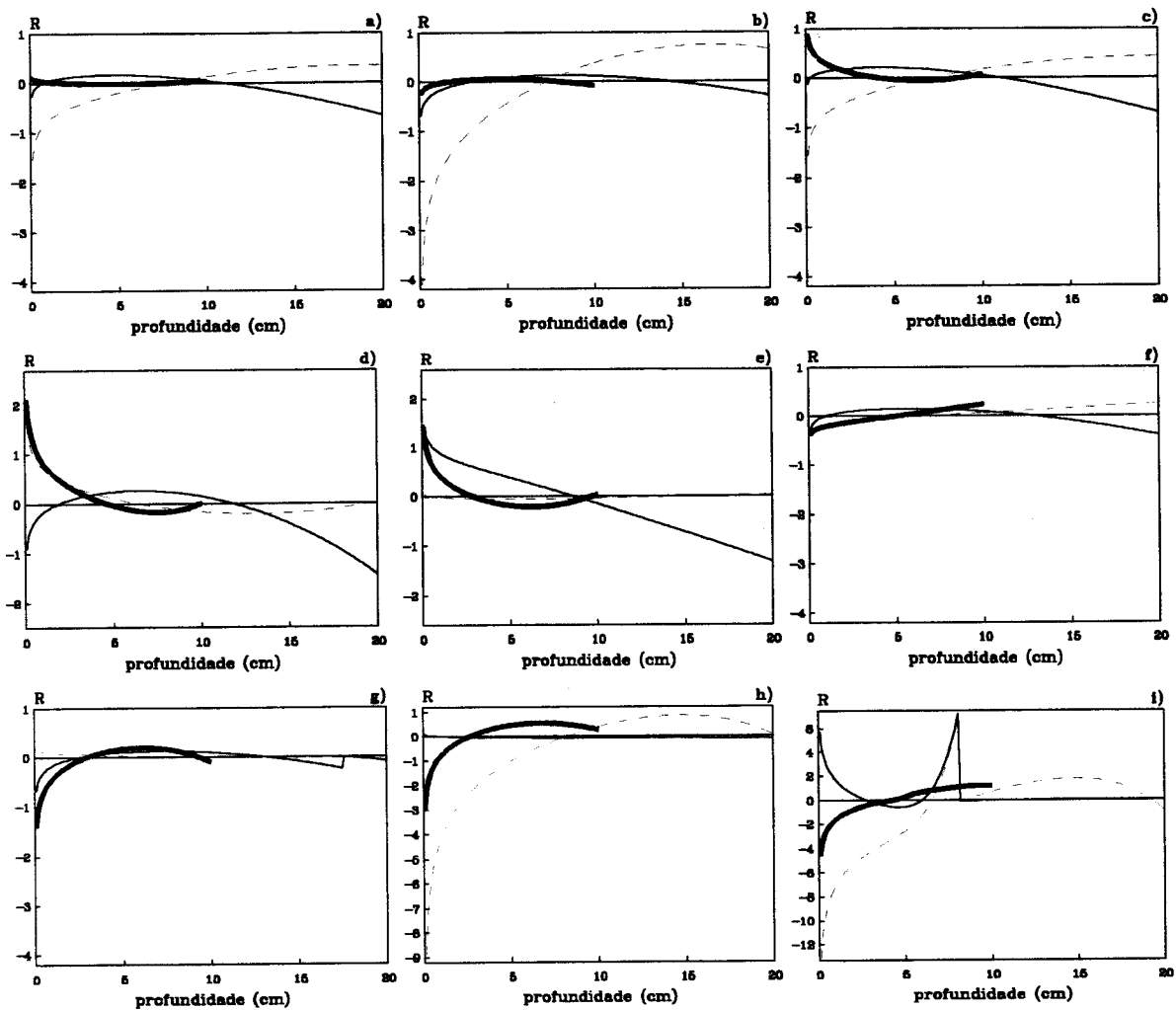
Sendo assim, a opção por escarificação poderá resultar num aumento sistemático de emergências de infestantes, passível de conduzir à redução do banco de sementes se um controlo de infestantes eficaz for conseguido antes da produção de sementes. Caso contrário, tenderá a resultar num aumento constante do banco de sementes do solo.

Além doutras diferenças, caso de dependência da profundidade da intensidade de subidas ou descidas, a comparação entre as mobilizações deverá considerar, não só as subidas e descidas de sementes e sua relação com o tamanho e forma, mas também a intensidade dessas movimentações.

Nas figuras 10.87, 10.88 e 10.89 apresentamos os valores médios de  $R$ , em função da profundidade, para as várias classes de tamanho de sementes totais, iso e anisodiamétricas.

Avaliando em primeiro lugar as sementes totais, e com excepção das recolhidas pelos crivos de malha 0.250 mm, 0.297 mm e 0.710 mm ou maiores (figura 10.87d,e,i), torna-se

claro que a escarificação é a mobilização de menores efeitos na distribuição vertical de sementes totais, avaliado pelo máximo, positivo ou negativo, do valor médio de  $R$ .



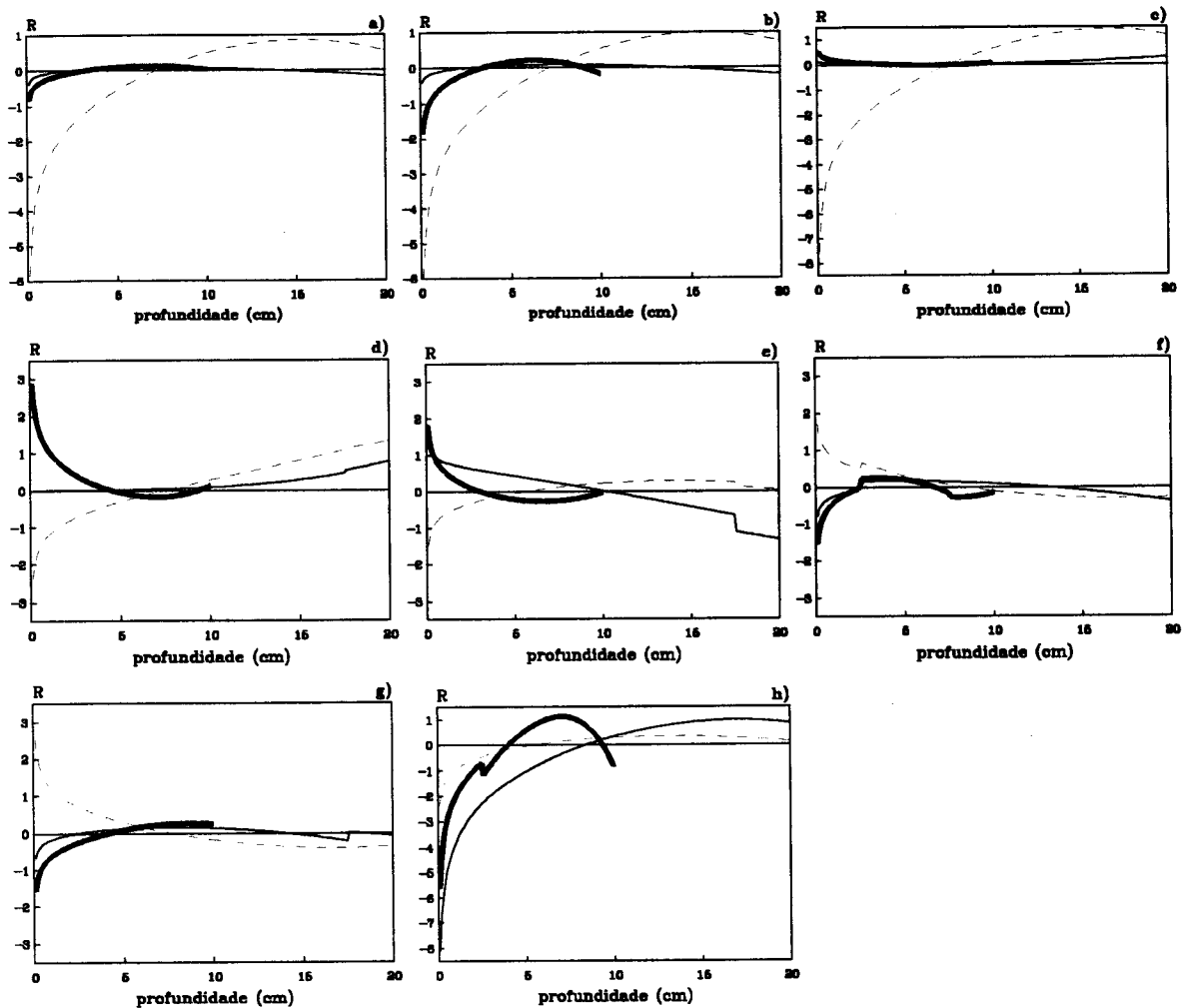
**Figura 10.87** Média do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-mobilização ( $R$ ) de sementes totais em MITRA2 em função da profundidade de a) todas as sementes, b) sementes pelo crivo de malha 0.149 mm, c) 0.212 mm, d) 0.250 mm, e) 0.297 mm, f) 0.355 mm, g) 0.425 mm, h) 0.560 mm, i) 0.710 mm ou maior. Gradagem a contínuo grosso, lavra a tracejado, escarificação a contínuo fino. Todos os gráficos na mesma escala, menos em h) e i).

Em contrapartida, e com exceção das sementes retidas pelos crivos de malha 0.297 mm e 0.425 mm (figura 10.87e,g), a lavra é a mobilização de maiores efeitos na distribuição vertical de sementes totais, posição que partilha com a gradagem nas retidas pelos crivos de malha 0.250 mm e 0.355 mm (figura 10.87d,f) embora nestas últimas os efeitos das mobilizações sejam muito reduzidos.

Ou seja, nas sementes totais, da ordenação da intensidade do efeito das mobilizações resulta a lavra como a de maiores efeitos e a escarificação de menores, com a gradagem intermédia, por vezes aproximando-se da lavra.

Considerando agora as sementes isodiamétricas, com exceção das recolhidas pelos crivos de malha 0.297 mm e 0.560 mm ou maiores (figura 10.88e,h), de acordo com o máximo, positivo ou negativo, do valor médio de  $R$ , a escarificação evidencia-se como a mobilização

de menores efeitos na distribuição vertical destas sementes. Em contrapartida, e com exceção das retidas pelos crivos de malha 0.250 mm, 0.297 mm e 0.560 mm (figura 10.88d,e,h) a lavoura é a de maiores efeitos.



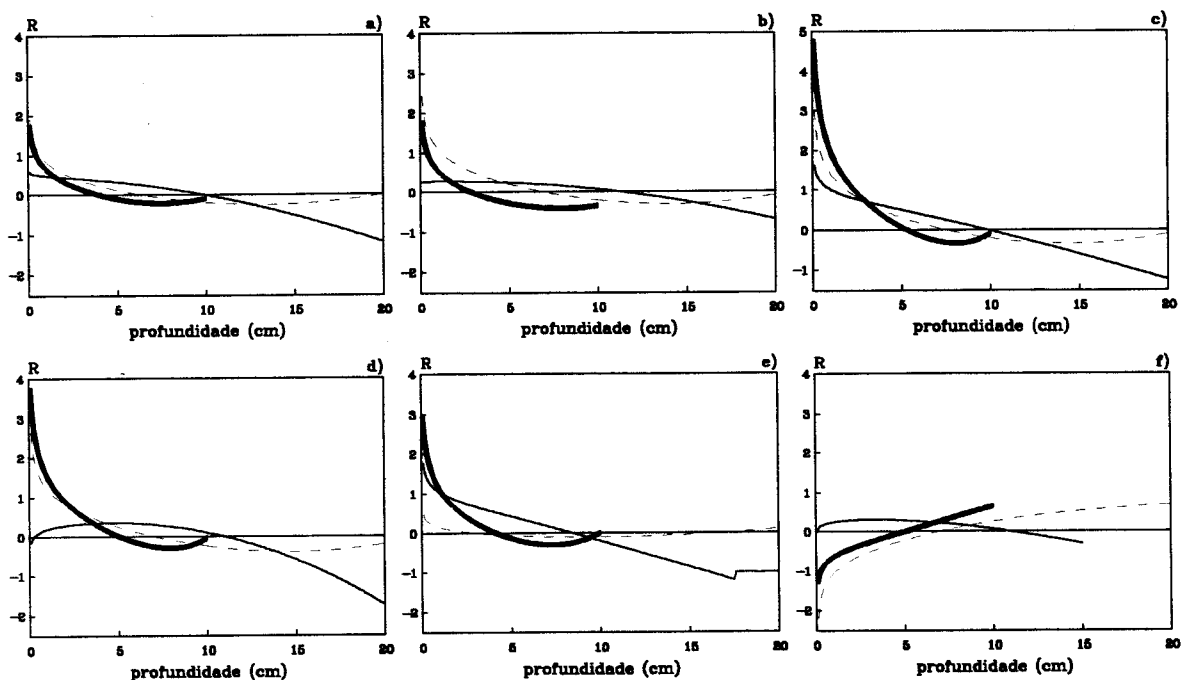
**Figura 10.88** Média do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-mobilização ( $R$ ) de sementes isodiamétricas em MITRA2 em função da profundidade de a) todas as sementes, b) recolhidas pelo crivo de malha 0.149 mm, c) 0.212 mm, d) 0.250 mm, e) 0.297 mm, f) 0.355 mm, g) 0.425 mm, h) 0.560 mm. Gradagem a contínuo grosso, lavoura a tracejado, escarificação a contínuo fino. Todos os gráficos na mesma escala, menos em c) e h).

Ou seja, nas sementes isodiamétricas, a lavoura é a mobilização de maiores efeitos, de forma menos marcada que em totais, a escarificação a de menores e a gradagem intermédia.

Finalmente, nas sementes anisodiamétricas, a escarificação é claramente e sem exceção, a mobilização de menores efeitos na distribuição vertical de sementes (figura 10.89).

Em contrapartida, e com exceção das retidas pelo crivo de malha 0.297 mm (figura 10.89e), a lavoura é a mobilização de maiores efeitos na distribuição vertical de sementes anisodiamétricas, posição que partilha com a gradagem em todas as anisodiamétricas e nas retidas pelos crivos de malha 0.212 mm e 0.250 mm (figura 10.89c,d).

Ou seja, nas sementes anisodiamétricas, da ordenação decrescente da intensidade dos efeitos das mobilizações na distribuição vertical de sementes resulta, de novo, a lavoura em primeiro lugar, a escarificação em terceiro e a gradagem intermédia.



**Figura 10.89** Média do  $\ln$  da razão entre a distribuição não acumulada pós e pré-mobilização ( $R$ ) de sementes anisodiamétricas em MITRA2 em função da profundidade de a) todas as sementes, b) recolhidas pelo crivo de malha 0.149 mm, c) 0.212 mm, d) 0.250 mm, e) 0.297 mm, f) 0.355 mm. Gradagem a contínuo grosso, lavoura a tracejado, escarificação a contínuo fino. Todos os gráficos na mesma escala.

Tendo em consideração que nenhuma destas mobilizações reforça sistematicamente a *persistência de posição*, efeito que poderia ser interessante pela transferência de sementes para maiores profundidades e conseqüente redução da emergência, a escarificação aparece como a opção mais interessante, já que, tendendo a reduzir a *persistência de posição*, poderá permitir a redução, senão mesmo o esgotamento, do banco de sementes desde que um bom controle de infestantes fosse conseguido.

No entanto, a reduzida intensidade dos seus efeitos provavelmente tornará o tempo necessário para que esta vantagem se manifestasse demasiado longo para a escarificação ser, no âmbito da distribuição vertical de sementes, uma opção realmente útil e a considerar no controle de infestantes.

#### 10.4 VALIDAÇÃO DOS MODELOS DE TRANSIÇÃO

Anteriormente (§ 8.3), examinámos modelos dos efeitos de mobilizações na distribuição vertical de sementes, envolvendo matrizes de transição elaboradas com base no movimento de contas coloridas após lavoura (Cousens e Moss 1990), escarificação (Cousens e Moss 1990, Mead *et al.* 1998), gradagem, cultivador rotativo e enxada (Mead *et al.* 1998).

Sendo modelos com os quais se pretendem estabelecer estratégias de controle de infestantes, a sua validação é indispensável, tanto mais que, apesar da semelhança das respostas de sementes e contas registada por Moss (1988), o tamanho das últimas é muitíssimo superior ao que é razoável esperar no banco de sementes.

Adicionalmente, tendo em conta as diferentes respostas das semente, interessa-nos avaliar a capacidade destes modelos acomodarem variações de forma e tamanho, ou seja, de os validar fora das condições, mais restritas, em que foram elaborados.

Apesar de, no conjunto, as matrizes de transição apresentadas por Cousens e Moss (1990) e Mead *et al.* (1998) envolverem as mobilizações investigadas em MITRA2, não iremos estudar os modelos de Mead *et al.* (1998) em virtude da profundidade de trabalho, 18 cm, ser inferior no escarificador e superior na gradagem à de MITRA2.

Em contrapartida, a profundidade de trabalho na lavoura e escarificação em Cousens e Moss (1990) era, à partida, idêntica à de MITRA2 (20 cm); pelo contrário, em Cousens e Moss (1990) houve mobilização secundária na lavoura e escarificação, por meio de escarificador de molas a 5 cm com rolo destorroador ligado, enquanto em MITRA2 só houve na lavoura, por meio de grade de discos. Adicionalmente, Cousens e Moss (1990) fizeram uma passagem lavoura e duas na escarificação, enquanto em MITRA2 foram feitas três na lavoura e quatro na escarificação.

As matrizes de transição apresentadas por Cousens e Moss (1990), que reproduzimos em (8.4) e (8.5), não permitem a obtenção de uma cadeia de Markov, tendo os autores optado por considerar unicamente as quatro últimas colunas, em virtude das mobilizações terem geralmente falhado o nível mais baixo, claramente visível na elevada probabilidade de permanência a 15-20 cm das contas colocadas inicialmente a 20 cm (0.952 em charrua, 0.996 em escarificador).

Com os dados de MITRA2 não é possível usar a primeira coluna daquelas matrizes, já que, só por estimativa, poderíamos ter valores pré-mobilização para a superfície. Consequentemente, a partir dos dados fornecidos por Cousens e Moss (1990) calculámos as probabilidades de sementes localizadas à superfície e a 5 cm permanecerem a 0-5 cm ou serem movidas para 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm.

Retirando como Cousens e Moss (1990) a coluna relativa à localização a 20 cm, pré-mobilização, obteríamos uma matriz com 3 colunas e 4 linhas, impossibilitando a utilização do modelo. Um exame dos modelos expressos em (8.4) e (8.5) revela que, se a charrua e o escarificador terão falhado o nível mais baixo, ou seja, se a profundidade de trabalho foi inferior a 20 cm, terá sido, em todo o caso, superior a 15 cm, única forma de se encontrarem a 15-20 cm contas colocadas inicialmente em profundidades menores; como exemplo, das colocadas a 10 cm, 17.5% foram movidas por charrua para 15-20 cm e 15.7% por escarificador.

Sendo assim, é possível usar a última coluna dos modelos de Cousens e Moss (1990) para investigar as movimentações de sementes de profundidades menores para 15-20 cm, o único problema consistindo nas movimentações das sementes localizadas pré-mobilização a 15-20 cm. No entanto, o erro resultante dos modelos conservarem todas as sementes nesse intervalo, será pequeno tendo em conta a reduzida proporção de sementes que aí se encontrava em MITRA2.

Teremos no entanto que assumir que a passagem única de charrua e as duas de escarificador em Cousens e Moss (1990) resultaram da necessidade de obter uma preparação do terreno apropriada e que são equiparáveis às três passagens de charrua e quatro de escarificador em MITRA2.

Nestas circunstâncias, a matriz de transição para a lavoura será

$$P_c = \begin{pmatrix} 0.145 & 0.368 & 0.291 & 2.482E-2 \\ 0.218 & 0.255 & 0.102 & 1.089E-2 \\ 0.336 & 0.202 & 0.122 & 1.266E-2 \\ 0.300 & 0.175 & 0.485 & 0.952 \end{pmatrix} \quad (10.1)$$

e para a escarificação

$$P_e = \begin{pmatrix} 0.456 & 1.907E-2 & 7.283E-4 & 9.904E-4 \\ 0.409 & 0.146 & 7.283E-4 & 0 \\ 0.120 & 0.678 & 0.155 & 2.641E-3 \\ 1.449E-2 & 0.157 & 0.843 & 0.996 \end{pmatrix} \quad (10.2)$$

representando cada coluna as probabilidades de movimento das sementes existentes em 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm, e cada linha as probabilidades das mesmas profundidades receberem sementes.

Como vimos (§ 8.3), as cadeias de Markov resultantes de  $P_c$  e  $P_e$  acima conduzem a distribuições de frequências estáveis, com os valores próprios, calculados pelos procedimentos de LINEARALGEBRA de Mathematica (Anónimo 1993) iguais a 1, 0.624, -0.206, 0.055 em  $P_c$  e 1, 0.477, 0.168, 0.109 em  $P_e$ .

A aplicação dos modelos expressos em (10.1) e (10.2) será feita para as sementes totais, isodiamétricas e anisodiamétricas, e para cada uma das 10 classes de tamanho definidas pelos crivos utilizados (§ 2.2.2), não se justificando agora agrupar numa única classe as sementes recolhidas pelos crivos de malha 0.710 mm ou superior.

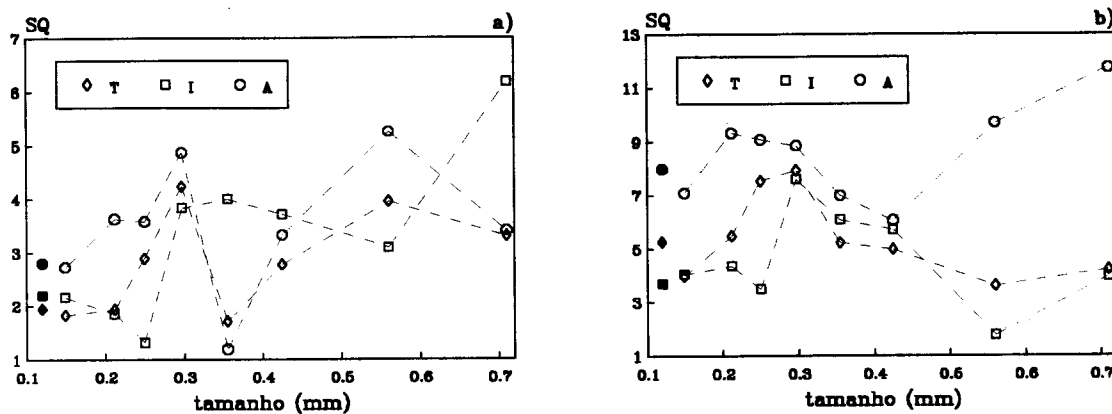
Para cada mobilização, as 9 distribuições verticais não acumuladas, de cada forma e tamanho, expressas em proporção, resultantes da aplicação de  $P_c$  e  $P_e$  às distribuições pré-mobilização, que chamaremos distribuições esperadas, serão comparadas com cada uma das 3 distribuições observadas, tendo os programas para o cálculo das 132 distribuições esperadas sido escrito em GW-BASIC (Anónimo 1986) e corrido com dupla precisão.

Os modelos serão avaliados pela soma dos erros quadrados das 27 comparações entre as distribuições esperadas e observadas, de forma análoga à sugerida por Laird e Cady (1969).

Na figura 10.90 apresentam-se as somas dos erros quadrados das 27 comparações para as sementes totais, iso e anisodiamétricas pós-lavoura e pós-escarificação. Omitem-se os valores correspondentes às retidas pelo crivo de malha 2.380 mm (soma dos erros quadrados entre 0 e 1.170) já que, sendo claramente a situação de erro menor, significa igualmente que  $P_c$  e  $P_e$  são particularmente apropriados quando não há sementes. De facto,



só numa das nove amostras pré-mobilização surgiram sementes desta classe de tamanho, todas anisodiamétricas, nunca surgindo pós-lavoura e pós-escarificação.



**Figura 10.90** Variação da soma dos erros quadrados ( $SQ$ ) em função do tamanho das sementes totais ( $T$ ), isodiamétricas ( $I$ ) e anisodiamétricas ( $A$ ) em a) lavoura e b) escarificação, de acordo com a aplicação dos modelos de Cousens e Moss (1990), expressos em (10.1) e (10.2), aos dados de MITRA2. Pontos a preto referem-se a todas as classes de tamanho.

Omitem-se igualmente os valores correspondentes às sementes retidas pelo crivo de malha 0.850 mm por forma a tornar a variação da soma dos erros quadrados mais clara, particularmente na lavoura (figura 10.90a).

De facto, nesta classe de tamanho, a das segundas maiores sementes, a soma dos erros quadrados é sempre a maior nas duas mobilizações e nas três formas; por ordem de sementes totais, iso e anisodiamétricas, em lavoura tem os valores 14.473, 14.858 e 6.634, em escarificação os valores 14.906, 14.174 e 12.258. Dado o seu comportamento claramente excêntrico, não iremos considerar esta classe de tamanho na discussão que faremos a seguir.

Do exame da figura 10.90 ressalta imediatamente o menor erro associado à lavoura, quer se considerem todas as sementes totais, iso ou anisodiamétricas quer separadas por classes de tamanho; a soma dos erros quadrados de sementes totais em lavoura (em escarificação entre parêntesis) está compreendida entre 1.700 e 4.238 (3.605 e 7.937), de isodiamétricas entre 1.309 e 6.167 (1.752 e 7.615) e de anisodiamétricas entre 1.188 e 5.251 (6.059 e 11.728), com os valores mínimos e máximos mais semelhantes em sementes isodiamétricas, bastante diferentes em totais e anisodiamétricas.

O erro em lavoura só é maior que em escarificação nas sementes totais e isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.560 mm e em sementes isodiamétricas retidas pelo crivo de malha 0.710 mm.

Observa-se também, de uma maneira geral em lavoura e sempre em escarificação, que o erro associado a sementes isodiamétricas é menor que em anisodiamétricas. Em todas as sementes e nas várias classes de tamanho, a diferença entre o erro associado a sementes iso e anisodiamétricas é substancialmente menor em lavoura que em escarificação.

Resumindo, a aplicação destes modelos resulta em menores erros a) em lavoura que em escarificação, b) em sementes isodiamétricas que em anisodiamétricas, c) com a lavoura e a

escarificação com erros mais semelhantes em sementes isodiamétricas e menos em totais e anisodiamétricas e d) os erros de sementes iso e anisodiamétricas mais semelhantes em lavoura e menos em escarificação.

São conclusões perfeitamente consistentes, e de esperar, tendo em conta a quase total independência da forma observada no efeito da lavoura (§§ 10.2.2.3 e 10.2.2.4), a diferença da resposta das sementes iso e anisodiamétricas maiores à escarificação (§ 10.2.3.4) e o facto das contas a partir das quais foram elaborados os modelos expressos em (10.1) e (10.2) serem essencialmente isodiamétricas [conjugando Cousens e Moss (1990) e Moss (1988) as contas teriam 2.5 mm  $\varnothing$  e 3 mm de altura, o que, por exame directo (§ 2.2.2) as classificaria como tal em MITRA2].

Se parece haver uma razoável concordância entre os resultados obtidos em MITRA2 e os resultantes da aplicação dos modelos probabilísticos expressos em (10.1) e (10.2) quando só a forma é analisada, já a consideração do tamanho conduz a discordâncias mais acentuadas.

De facto, excluindo o erro máximo estar associado às retidas pelo crivo de malha 0.850 mm, em qualquer das formas e mobilizações, sendo inclusive maior em isodiamétricas nas duas mobilizações, verifica-se

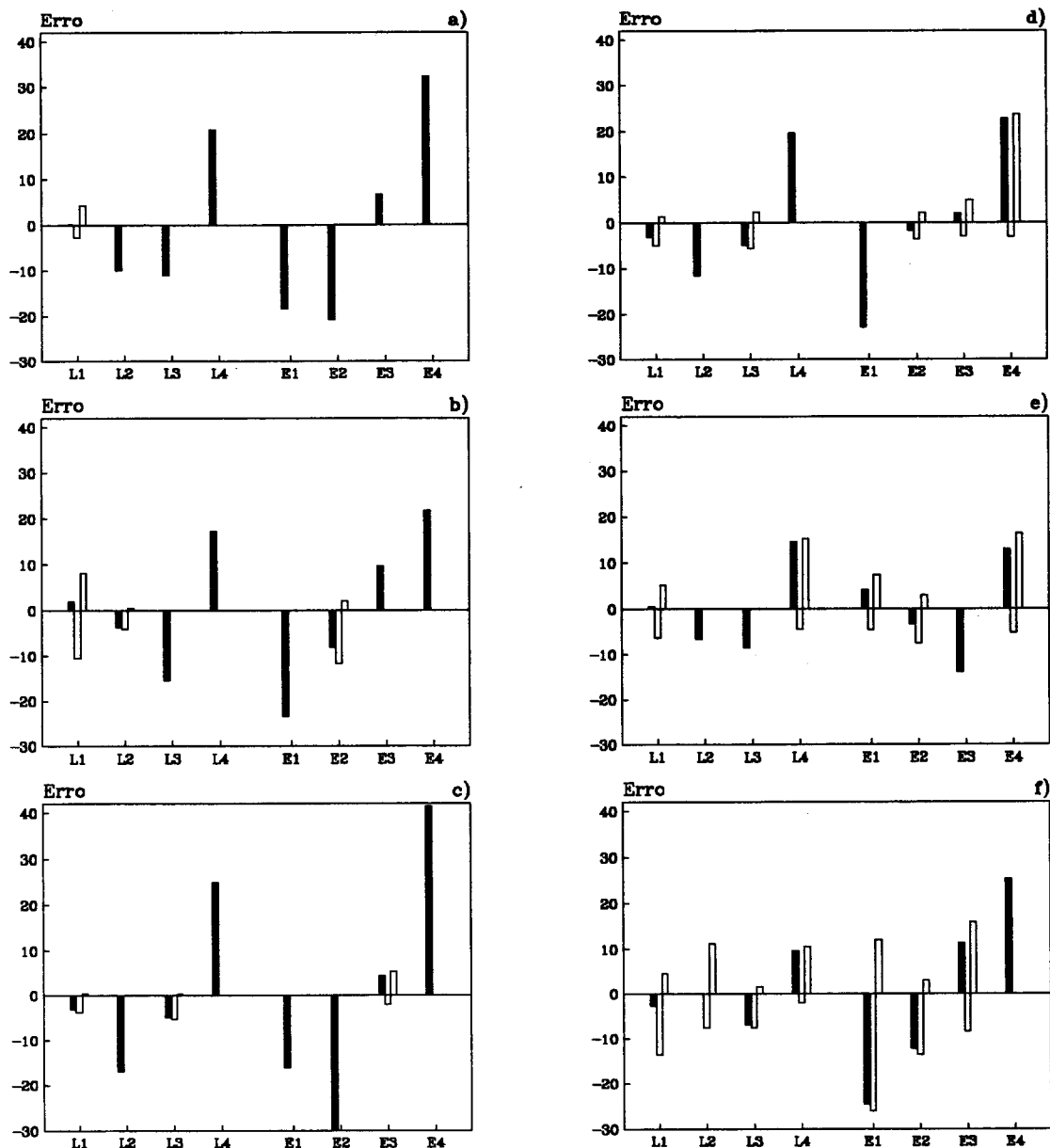
- a) o máximo de erro em lavoura, nas retidas pelos crivos de malha 0.297 mm, 0.560 mm e 0.710 mm em sementes totais; 0.710 mm, 0.297 mm, 0.355 mm e 0.425 mm em isodiamétricas; 0.560 e 0.297 mm em anisodiamétricas,
- b) em escarificação, nas retidas pelos crivos de malha 0.250 mm e 0.297 mm em totais; 0.297 mm e 0.355 mm em isodiamétricas; 0.560 mm e 0.710 mm em anisodiamétricas.

O facto dos resultados para a aplicação dos modelos aos vários tamanhos em MITRA2 não permitirem compreender as discrepâncias observadas (ao contrário do que acontecia na forma), sugere que os efeitos das mobilizações na distribuição vertical de todas as sementes isodiamétricas pode ser simulado por contas isodiamétricas, mas não, mesmo em isodiamétricas, quando diferentes tamanhos são analisados..

Iremos agora examinar a distribuição de erros, em percentagem, nos vários intervalos de profundidade (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm) nas duas mobilizações para todas as sementes totais, iso e anisodiamétricas (figura 10.91a,b,c) bem como nas classes de profundidade em que a soma dos erros quadrados é menor (figura 10.91d,e,f). O exame da distribuição dos erros nos vários intervalos de profundidade basear-se-á na média dos erros não quadrados e, sempre que justificado, na média dos erros de sobre e subestimação.

Considerando todas as sementes, o exame da figura 10.91a,b,c evidencia a existência de erros médios muito superiores em escarificação que em lavoura, particularmente quando as profundidades mais superficiais (0-5 cm e 5-10 cm) estão envolvidos, sendo de registar o baixo valor do erro médio em lavoura a 0-5 cm.

Sendo 0-5 cm o intervalo de profundidade no qual a minimização do erro médio poderá ser mais importante, já que é a profundidade preferencial de emergência (§ 7.1), o modelo de transição de Cousens e Moss (1990) para a lavoura fornece, em média, previsões úteis.



**Figura 10.91** Diferença entre a percentagem não acumulada de sementes prevista pelos modelos expressos em (10.1) e (10.2) e a percentagem não acumulada observada em MITRA2 pós-lavoura (*L*) e pós-escarificação (*E*), a 0-5 cm (1), 5-10 cm (2), 10-15 cm (3) e 15-20 cm (4); a) e d) sementes totais, b) e e) sementes isodiamétricas, c) e f) sementes anisodiamétricas; a), b) e c) todas as sementes, d), e) e f) sementes das classes de tamanho com menor soma dos erros quadrados. Barras a preto referem-se ao valor médio do erro, a branco referem-se ao valor médio das comparações em que os modelos subestimam ou sobestimam.

Não obstante, em sementes isodiamétricas os 2.0% de erro médio resultam da quase anulação das sub e sobrestimações, as primeiras em 0.333 das comparações com uma média de -10.5% e as segundas em 0.667 das comparações com uma média de +8.2%.

Com excepção de sementes anisodiamétricas, sobretudo devido às sub e sobrestimações, em lavoura as situações mais favoráveis não permitem, tal como já tinha acontecido com todas as sementes, invalidar o modelo de Cousens e Moss (1990) por previsões inaceitáveis, pelo menos numa perspectiva de gestão e controlo de infestantes em que se privilegiem os erros médios a 0-5 cm.

Em contrapartida, em escarificação só em sementes isodiamétricas é que o modelo de Cousens e Moss (1990) não é de rejeitar em 0-5 cm. Tendo em conta que esta é a situação globalmente mais favorável e que em todas as sementes a validação do modelo de Cousens e Moss (1990) para a escarificação é pouco razoável, parece-nos ser de concluir haver claramente necessidade de melhorar o modelo probabilístico de Cousens e Moss (1990) para a escarificação, podendo aceitar-se o da lavoura desde que só a profundidade 0-5 cm e sementes totais ou anisodiamétricas nos interessem, abdicando de prever as movimentações verticais de sementes consoante o seu tamanho.

## 11. MOBILIZAÇÕES E BANCO DE SEMENTES. IV DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHOS PÓS-MOBILIZAÇÃO

*o melhor teste de um modelo é saber até que ponto aquele que o concebe pode responder às questões "o que é que sabe que não sabia antes?" e "como pode saber se é verdade?"*  
James Bower

No capítulo 9, examinámos a distribuição vertical do banco de sementes após um período de pelo menos dez anos sem mobilizações e, no capítulo 10, os efeitos da gradagem, lavoura e escarificação nessa distribuição. Concluiu-se haver diferenças importantes pré-mobilização entre formas, tamanhos, mobilizações e, com excepção de lavoura, diferenças nas respostas às mobilizações consoante a forma e o tamanho.

A abordagem feita naqueles dois capítulos é paralela à realizada no § 7.4 para a distribuição da frequência de tamanhos pré-mobilização e à que faremos neste capítulo para pós-mobilização.

Assim, após abordarmos os efeitos das mobilizações na distribuição de tamanhos expressa pelas 'áreas' *A*, verificaremos se as conclusões de cada uma das abordagens são contraditórias ou complementares e se os resultados do exame detalhado feito nos capítulos 9 e 10 compensam o muito maior investimento a que obrigam.

### 11.1 EFEITOS DAS MOBILIZAÇÕES NA DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHOS

Vimos anteriormente (§ 7.3.1), serem as 'áreas' razoavelmente invariantes, pelo menos quando comparadas com as abundâncias, podendo ver-se uma manifestação dessa menor variabilidade na redução das diferenças entre pontos de amostragem pré-mobilização na modelação da distribuição de tamanhos.

De facto, em sementes totais formava-se um grupo constituído por 6 pontos de amostragem, com 2 dos 3 restantes só diferindo por 'áreas' significativamente maiores ou menores (§ 7.4.1); em isodiamétricas havia um grupo constituído por 5 pontos de amostragem, com 3 dos 4 restantes só diferindo por 'áreas' significativamente maiores ou menores (§ 7.4.2); em anisodiamétricas dos pontos de amostragem, 7 não diferiam, com os 2 restantes só o fazendo por 'áreas' significativamente menores (§ 7.4.3).

Em contrapartida, na modelação da distribuição de abundâncias, em todas as sementes totais e em todas as anisodiamétricas, os pontos de amostragem diferem sempre (§§ 9.3.2.1.1 e 9.3.2.1.3), enquanto em todas as isodiamétricas só 2 pontos de amostragem não diferem (§ 9.3.2.1.2).

Tal como para a distribuição de abundâncias (§ 9.1.3), iremos comparar as 'áreas' pré e pós-mobilização, considerando todas as sementes e todos os intervalos de profundidade em 0-20 cm ou em 0-10 cm.

No âmbito da modelação de distribuição de tamanhos, só em 22% dos casos é que a

amostra pós-mobilização mais parecida com a pré-mobilização dizia respeito ao mesmo ponto de amostragem, resultado pouco melhor que os 19% obtidos na distribuição de abundâncias (tabela 9.1), não obstante a menor concentração de situações deste tipo na distribuição de tamanhos (7% em lavoura, 4% em escarificação, 11% em gradagem, 7% em sementes totais, 7% em isodiamétricas, 7% em anisodiamétricas) quando comparado com a distribuição de abundâncias (todas em lavoura, 7% em sementes totais e 11% em isodiamétricas, nenhuma em anisodiamétricas).

Esta situação, se obriga ao mesmo tipo de abordagem seguida para a distribuição de abundâncias, nomeadamente considerar cada um dos grupos resultantes da modelação da distribuição de tamanhos em função da profundidade pré-mobilização, como um estado possível do obtido pós-mobilização, sugere a vantagem de investigar se a distribuição de tamanhos pré e pós-mobilização diferia significativamente.

Assim, para os 9 pontos de amostragem pré-mobilização e os 3 após cada mobilização, considerando todas as sementes totais, iso e anisodiamétricas nos intervalos de profundidade 0-20 cm (lavoura e escarificação) e 0-10 cm (gradagem), realizaram-se testes bilaterais  $t$  de Student para amostras não emparelhadas usando o procedimento TWOSAM de Statgraphics (Anónimo 1989) sem transformação dos dados ou não paramétricos de Mann-Whitney usando o procedimento WILCOX de Statgraphics (Anónimo 1989).

De acordo com esses testes, não há diferenças significativas ( $P \geq 0.090$ ) entre as 'áreas' com excepção de sementes isodiamétricas em lavoura em que a 'área' pré e pós-mobilização difere significativamente ( $P=0.024$ ), tendo pré-mobilização uma média de 0.301 e pós-lavoura uma média de 0.233, ambas em proporção por mm.

Tal como para pré-mobilização (e para a distribuição de abundâncias) a distribuição vertical das 'áreas'  $A$  pós-mobilização será investigada pelo ajustamento de modelos de regressão pelo método dos mínimos quadrados por regressão sequencial ascendente, usando o procedimento STEP de Statgraphics (Anónimo 1989).

As variáveis independentes candidatas para explicar a variação da 'área' em cada mobilização foram as três variáveis mudas correspondentes a cada ponto de amostragem, os intervalos de profundidade  $IP$  (definidos numericamente pelo maior valor do intervalo),  $IP^2$  e  $IP^3$  (sem  $IP^3$  em gradagem dado o menor número de intervalos de profundidade) e todas as interações entre  $IP$ ,  $IP^2$  e  $IP^3$  e as variáveis mudas em lavoura e escarificação,  $IP$  e  $IP^2$  e as variáveis mudas em gradagem, num total de 15 variáveis candidatas em lavoura e escarificação, 11 em gradagem.

Investigou-se, em todos os casos, a variação das 'áreas'  $A$  e a do seu logaritmo, seleccionando o modelo de maior coeficiente de determinação ajustado.

O efeito das mobilizações será avaliado comparando a distribuição vertical das 'áreas' pós-mobilização com a pré-mobilização tendo em conta os ajustamentos conseguidos, examinando separadamente as 'áreas'  $A$  e os expoentes  $D$  dos modelos polinomiais tal como descrito anteriormente (§ 6.5).

## 11.1.1 Distribuição vertical de 'áreas'

Ao contrário do que foi feito na distribuição de abundâncias, examinaremos os efeitos das três mobilizações para cada forma de sementes. Como habitualmente, referir-nos-emos a lavoura, escarificação e gradagem por  $L$ ,  $E$  e  $G$  e aos pontos de amostragem por 1, 2 e 3, de acordo com a figura 9.1, repetindo, nos gráficos, a distribuição vertical de tamanhos pré-mobilização já apresentado no capítulo 7.

11.1.1.1 Sementes totais. Dos dois modelos obtidos em cada mobilização para a distribuição vertical de 'áreas'  $A$  de sementes totais em função dos intervalos de profundidade  $IP$ , seleccionou-se sempre o de 'áreas' não logaritmizadas, resultando as equações

$$A = 0.214 + 6.395 \times 10^{-6} IP^3 L3 \quad (11.1)$$

em lavoura ( $R^2_{aj}=0.414$ ,  $n=24$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes),

$$A = 0.231 + 1.630 \times 10^{-5} IP^3 E1 \quad (11.2)$$

em escarificação ( $R^2_{aj}=0.689$ ,  $n=24$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes) e

$$A = 0.224 + 4.920 \times 10^{-2} IP G3 - 4.142 \times 10^{-3} IP^2 G3 - 8.900 G3 \quad (11.3)$$

em gradagem ( $R^2_{aj}=0.770$ ,  $n=12$ ,  $P=0.002$  para o modelo,  $P \leq 0.017$  para os coeficientes), com o termo em  $IP^2 G3$  responsável por 60% da explicação do modelo.

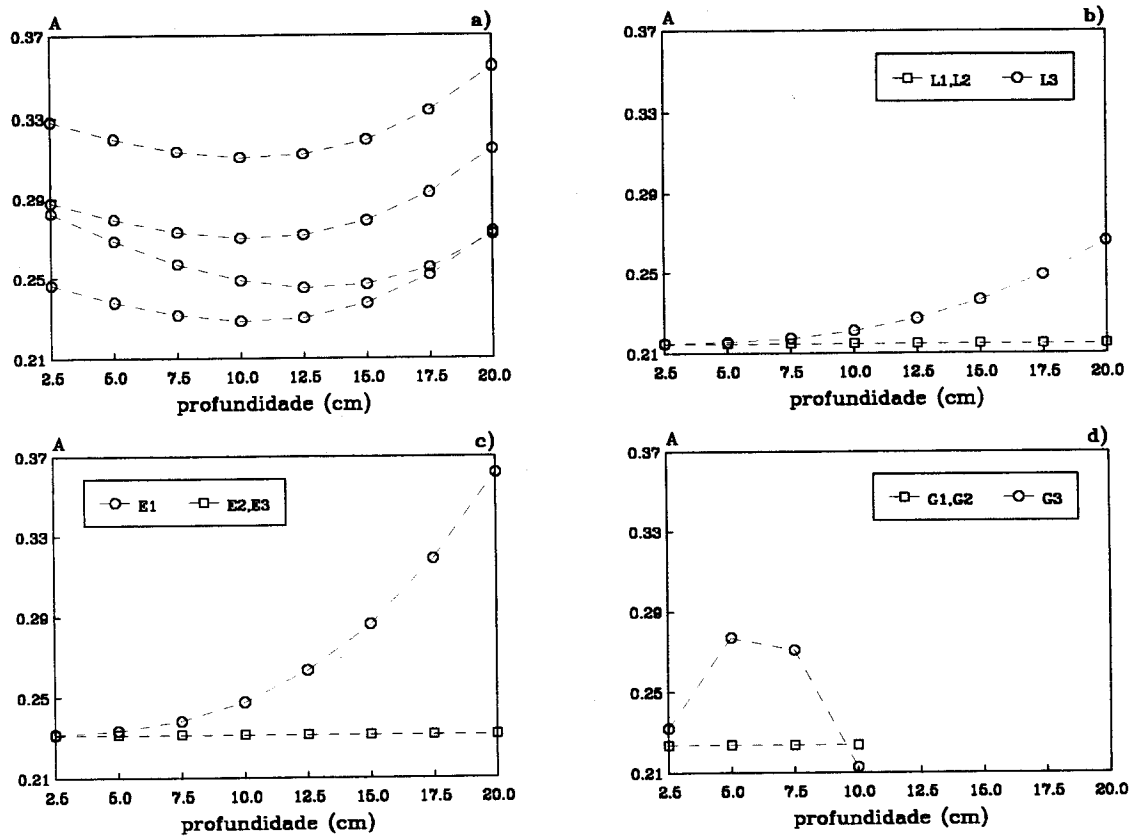
Do exame de (11.1), (11.2) e (11.3) ressalta que, com excepção dos pontos de amostragem 3 em lavoura, 1 em escarificação e 3 em gradagem, a 'área'  $A$  surge como independente da profundidade e que, salvo os referidos, há sempre dois pontos de amostragem cuja distribuição vertical de tamanhos não difere significativamente, apresentando-se na figura 11.1 as distribuições verticais de tamanhos pré e pós-mobilizações após substituição em (11.1), (11.2) e (11.3) de  $IP$ ,  $L3$ ,  $E1$  e  $G3$  pelos seus valores.

Além da independência da 'área' relativamente aos intervalos de profundidade, a figura 11.1 torna evidente, em lavoura, e sobretudo em escarificação (figura 11.1b,c), a possibilidade de um aumento da 'área' e portanto do tamanho das sementes, com o aumento de profundidade, o mesmo acontecendo até aos 5 cm de profundidade em gradagem (figura 11.1d) embora com diminuição em profundidades maiores.

Em contrapartida, em pré-mobilização (figura 11.1a), observa-se uma redução do tamanho até ao intervalo de profundidade 5.0-7.5 cm, uma pequena ou nula variação de tamanho até 10.0-12.5 cm e novo aumento para profundidades maiores.

Mais interessante, tendo em conta não se terem detectado diferenças entre as 'áreas' de sementes totais pré e pós-mobilização, poderá ser a redução da variabilidade do tamanho do banco de sementes nos vários intervalos de profundidade, e sobretudo, a evidente

reorganização da distribuição de tamanhos resultante das mobilizações.



**Figura 11.1** 'Área' em proporção por mm ( $A$ ) em função dos intervalos de profundidade de sementes totais em MITRA2; a) pré-mobilização (ver figura 7.14), b) pós-lavoura, c) pós-escarificação e d) pós-gradagem, de acordo com os modelos apresentados em (7.1), (11.1), (11.2) e (11.3).  $L$ ,  $E$ ,  $G$ , blocos lavoura, escarificação e gradagem; 1, 2, 3, pontos de amostragem em cada bloco.

Como resultado, detecta-se uma clara tendência para uma distribuição vertical de tamanhos em que a prevalência de sementes menores tende a ser reforçada em todos os intervalos de profundidade, com excepção a maiores profundidades, do ponto de amostragem  $E1$ .

11.1.1.2 Sementes isodiamétricas. Dos dois modelos obtidos em cada mobilização para a distribuição vertical de 'áreas'  $A$  de sementes isodiamétricas em função dos intervalos de profundidade  $IP$ , só em gradagem se seleccionou o de 'áreas' logaritmizadas, resultando as equações

$$A = 0.172 + 2.671 \times 10^{-2} IP - 3.160 \times 10^{-3} IP^2 + 1.045 \times 10^{-4} IP^3 - 2.200 \times 10^{-3} IP L2 \quad (11.4)$$

em lavoura ( $R^2_{aj}=0.599$ ,  $n=24$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.008$  para os coeficientes), com os termos só em  $IP$  responsáveis por 65% da explicação do modelo,

$$A = 0.196 + 4.028 \times 10^{-3} IP + 4.173 \times 10^{-4} IP^2 E1 \quad (11.5)$$

em escarificação ( $R^2_{aj}=0.914$ ,  $n=24$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e coeficientes), com cada um dos

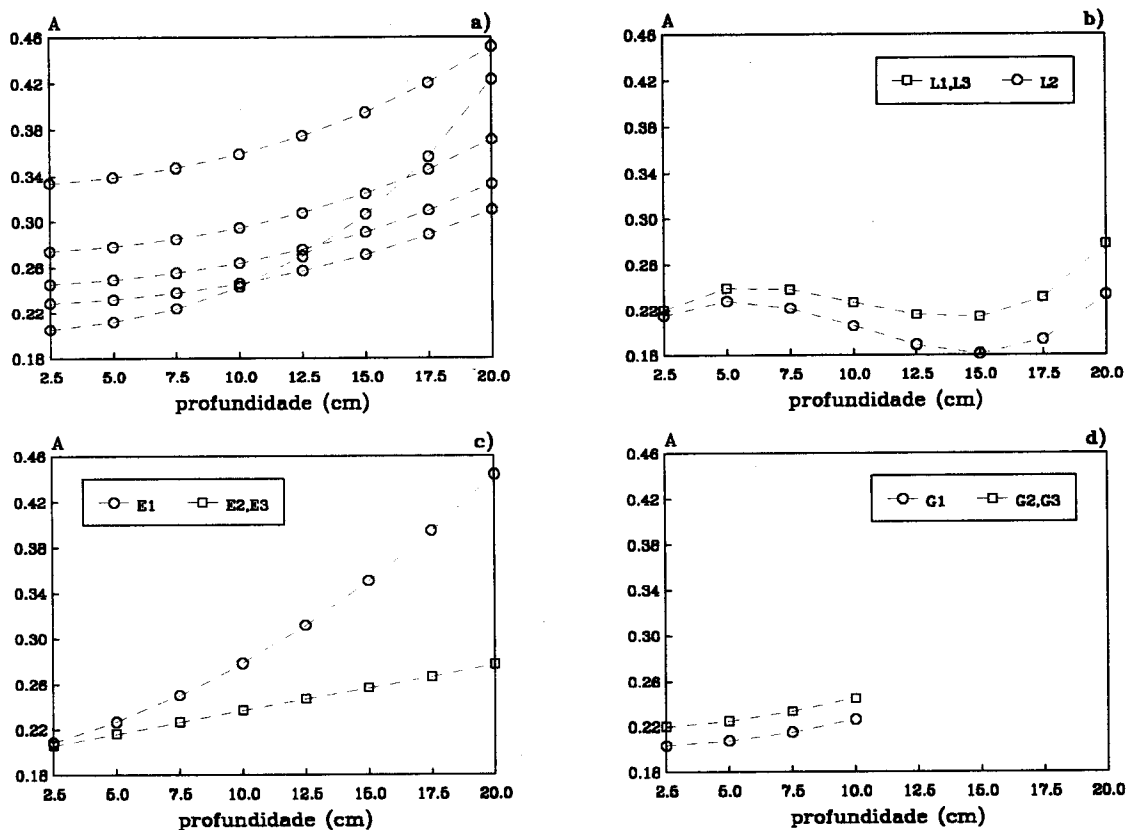


dois termos responsáveis aproximadamente metade da explicação do modelo e

$$A = a \exp ( 1.121 \times 10^{-3} IP^2 ) \quad (11.6)$$

em gradagem,  $a=0.202$  em  $G1$ ,  $a=0.219$  em  $G2$ ,  $G3$  ( $R^2_{aj}=0.480$ ,  $n=12$ ,  $P=0.021$  para o modelo,  $P \leq 0.041$  para os coeficientes), com o termo em  $IP^2$  responsável por 53% da explicação do modelo.

Em (11.4), (11.5) e (11.6) verifica-se, sem exceção e ao contrário do que acontecia em sementes totais, que a 'área'  $A$  de sementes isodiamétricas varia com os intervalos de profundidade; como em todas as totais, dois pontos de amostragem cuja distribuição vertical de tamanhos não diferem significativamente pós-mobilização. De referir ainda que, em gradagem, as diferenças se referem ao tamanho das sementes e não à sua variação com os intervalos de profundidade, apresentando-se na figura 11.2 as distribuições verticais de tamanhos pré e pós-mobilizações após substituição em (11.4), (11.5) e (11.6) de  $IP$ ,  $L2$ ,  $E1$  e  $G1$  pelos seus valores.



**Figura 11.2** 'Área' em proporção por mm ( $A$ ) em função dos intervalos de profundidade de sementes isodiamétricas em MITRA2; a) pré-mobilização (ver figura 7.16), b) pós-lavoura, c) pós-escarificação e d) pós-gradagem, de acordo com os modelos apresentados em (7.2), (11.4), (11.5) e (11.6).  $L$ ,  $E$ ,  $G$ , blocos lavoura, escarificação e gradagem; 1, 2, 3, pontos de amostragem em cada bloco.

A figura 11.2 torna claras as diferenças entre os efeitos da lavoura e os do escarificador ou gradagem, contrariamente ao verificado em sementes totais, onde lavoura e escarificação apresentavam respostas semelhantes entre si e diferentes de gradagem.

Adicionalmente, em sementes isodiamétricas a escarificação e a gradagem não parecem alterar substancialmente o padrão de variação da 'área'  $A$  com o aumento de profundidade, com  $A$  a aumentar com a profundidade (figura 11.2c,d) como em pré-mobilização (figura 11.2a). Em contrapartida, em lavoura (figura 11.2b), observa-se uma resposta da 'área', ao aumento de profundidade, de tipo ondulatório que mantém os tamanhos das sementes numa gama de valores relativamente reduzida, alterando a tendência pré-mobilização de aumento de tamanho com a profundidade.

Tal como em sementes totais, há redução da variabilidade do tamanho do banco nos vários intervalos de profundidades, particularmente evidente em lavoura, praticamente ausente em escarificação.

Das três mobilizações, só em lavoura parece haver uma reorganização da distribuição de tamanhos semelhante à observada em sementes totais, tendo como resultado uma distribuição vertical em que a prevalência de sementes menores tende a ser reforçada em todos os intervalos de profundidade. Estas conclusões estão, no entanto, condicionadas ao facto de, como vimos acima, haver diferenças significativas entre as 'áreas' pré (maiores 'áreas') e pós-lavoura (menores 'áreas').

Continuando a considerar que bancos de sementes isodiamétricas, com predomínio de menores, terão *persistência intrínseca* se localizados superficialmente e bancos de sementes isodiamétricas, com predomínio de maiores, terão *persistência de posição* se localizados profundamente, a lavoura poderá reforçar a *persistência intrínseca*, devido à diminuição de 'áreas' superficialmente poder ser superior à diminuição média pós-lavoura, deixando a *persistência de posição* de ser tão importante, dado o forte aumento da dominância de sementes menores.

Esse aumento poderá resultar da descida de sementes menores para maiores profundidades e da subida de intermédias para menores profundidades referida anteriormente (§ 10.2.2.2 e figura 10.50), com a descida de sementes maiores a notar-se pouco dada a muito maior abundância de isodiamétricas menores.

Na escarificação, parece haver uma manutenção ou reforço da *persistência intrínseca* e a manutenção ou, mais provavelmente, a redução da *persistência de posição*; em gradagem, parece haver um efeito semelhante, com manutenção ou reforço da *persistência intrínseca* e manutenção ou redução da *persistência de posição*.

Considerando não a totalidade dos intervalos de profundidade investigados, mas unicamente os intervalos mais superficiais, correspondentes às profundidades preferenciais de germinação e emergência, as diferenças entre as mobilizações são relativamente pequenas, com clara manutenção ou reforço da *persistência intrínseca*.

Como consequência, as diferenças que possa haver entre as mobilizações na emergência de infestantes com sementes isodiamétricas, poderão ser devidas essencialmente à criação de diferentes condições no solo.

11.1.1.3 Sementes anisodiamétricas. Dos dois modelos obtidos em cada mobilização para a

distribuição vertical de 'áreas'  $A$  de sementes anisodiamétricas em função dos intervalos de profundidade  $IP$ , só em gradagem não se seleccionou o de 'áreas' logaritmizadas, resultando as equações

$$A = 0.196 \exp ( 1.059 \times 10^{-3} IP^2 L3) \quad (11.7)$$

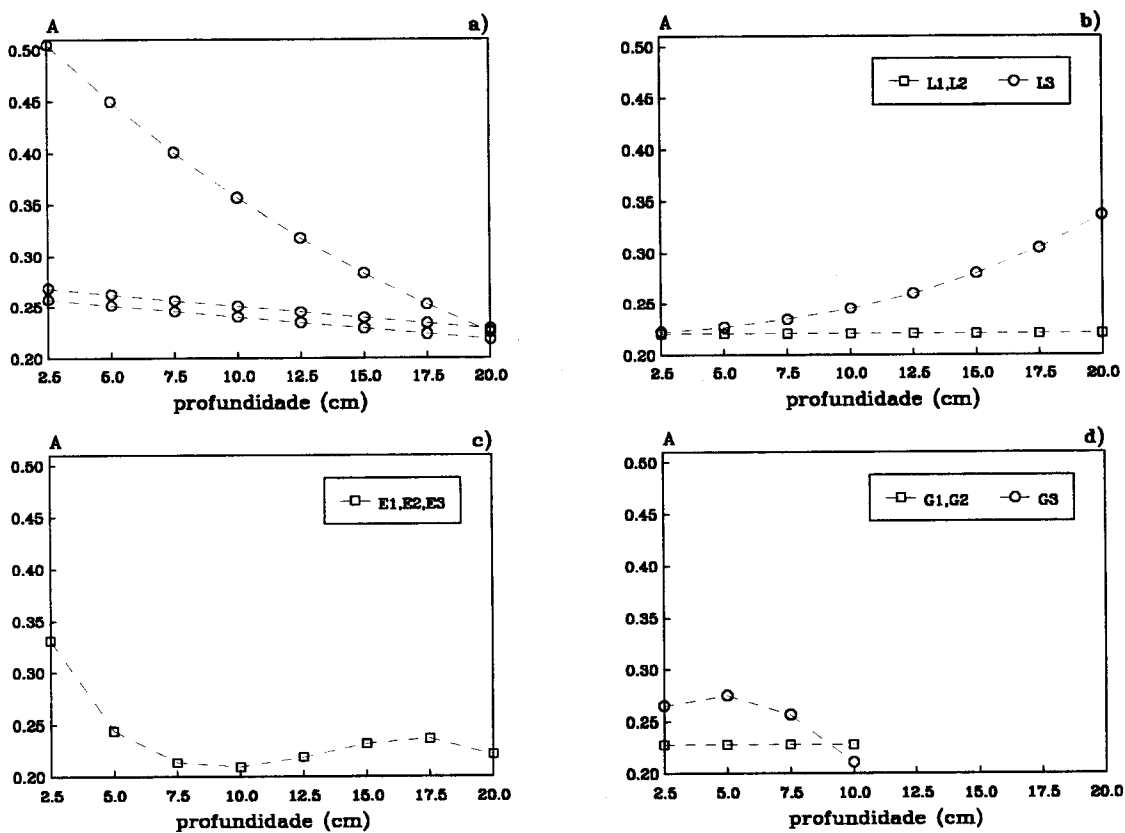
em lavoura ( $R^2_{aj}=0.240$ ,  $n=24$ ,  $P=0.009$  para o modelo,  $P \leq 0.009$  para os coeficientes),

$$A = 0.557 \exp [ - ( 0.259 IP ) + ( 2.160 \times 10^{-3} IP^2 ) - ( 5.472 \times 10^{-4} IP^3 ) ] \quad (11.8)$$

em escarificação ( $R^2_{aj}=0.679$ ,  $n=24$ ,  $P \approx 0$  para o modelo,  $P \leq 0.001$  para os coeficientes) e

$$A = 0.228 + ( 2.044 \times 10^{-2} IP G3 ) - ( 2.218 \times 10^{-3} IP^2 G3 ) \quad (11.9)$$

em gradagem ( $R^2_{aj}=0.452$ ,  $n=12$ ,  $P=0.027$  para o modelo,  $P \leq 0.010$  para os coeficientes).



**Figura 11.3** 'Área' em proporção por mm ( $A$ ) em função dos intervalos de profundidade de sementes anisodiamétricas em MITRA2; a) pré-mobilização (ver figura 7.18), b) pós-lavoura, c) pós-escarificação e d) pós-gradagem, de acordo com os modelos apresentados em (7.3), (11.7), (11.8) e (11.9).  $L$ ,  $E$ ,  $G$ , blocos lavoura, escarificação e gradagem; 1, 2, 3, pontos de amostragem em cada bloco.

Analisando (11.7), (11.8) e (11.9) verifica-se que, em dois dos três pontos de amostragem de lavoura e gradagem (os mesmos que em sementes totais), a 'área'  $A$  de sementes

anisodiamétricas é independente dos intervalos de profundidade. Em contrapartida, tal como em isodiamétricas, em escarificação a 'área'  $A$  em todos os pontos de amostragem varia com a profundidade embora, pela única vez, sem diferenças entre eles, apresentando-se na figura 11.3 as distribuições verticais de tamanhos pré e pós-mobilizações após substituição em (11.7), (11.8) e (11.9) de  $IP$ ,  $L3$  e  $G3$  pelos seus valores.

Além da independência da 'área' relativamente aos intervalos de profundidade já referida para lavoura e gradagem, a figura 11.3 torna evidentes as diferenças entre os efeitos das três mobilizações.

Lavoura apresenta um ponto de amostragem em que a 'área'  $A$  aumenta com o aumento da profundidade (figura 11.3b), escarificação tem sempre uma resposta ondulatória de amplitude decrescente com o aumento de profundidade (figura 11.3c) e gradagem uma resposta mais atenuada mas semelhante à de sementes totais (figura 11.3d e 11.1d), com tamanhos de sementes crescentes com a profundidade até 5.0 cm e decrescentes a partir daí.

Adicionalmente, e excluindo os pontos de amostragem em que não há variação com a profundidade, só em gradagem se verifica uma variação do tamanho das sementes com a profundidade semelhante a pré-mobilização (figura 11.3a).

Em contrapartida, em lavoura ou não há variação do tamanho com a profundidade ou há uma inversão da distribuição vertical de tamanhos observada em pré-mobilização.

Mais interessante, tendo em conta não se terem detectado diferenças entre as 'áreas' de sementes totais pré e pós-mobilização, poderá ser a redução da variabilidade do tamanho do banco de sementes nos vários intervalos de profundidade e, sobretudo, a reorganização da distribuição de tamanhos resultante das mobilizações, originando uma distribuição vertical em que a prevalência de sementes menores tende a ser reforçada em todas as profundidades.

Tendo em consideração a ausência de diferenças entre as 'áreas' de sementes anisodiamétricas pré e pós-mobilização, em lavoura observa-se claramente a possibilidade de reforço da *persistência de posição* pelo aumento do tamanho das sementes em profundidades maiores.

Na escarificação, e apesar da possível redução do tamanho do banco de sementes em profundidades menores, a sua diminuição generalizada sugere a redução da *persistência de posição*.

Em gradagem, parece haver um efeito semelhante, quer pela independência da 'área' relativamente à profundidade (com predomínio de sementes menores) quer pela maior possibilidade de aumento do tamanho do banco a profundidades menores.

Considerando, como anteriormente, os intervalos mais superficiais, as diferenças entre as mobilizações são evidentes, dado o maior tamanho do banco de sementes anisodiamétricas pós-escarificação e, em menor medida, pós-gradagem quando comparados com lavoura, sugerindo que além das diferenças de condições do solo, as mobilizações poderão ser importantes para a emergência de infestantes pelos seus efeitos na distribuição vertical de tamanhos, situação que não se verificava em isodiamétricas.

### 11.1.2 Distribuição vertical de auto-semelhança e auto-afinidade

Relembrando o significado e forma de analisar a auto-semelhança e auto-afinidade na distribuição da frequência de tamanhos das sementes (§§ 6.2 e 6.5), trata-se de examinar a natureza, valor e variação de  $D$  tal como expresso em (6.26) e (6.29), adaptando à distribuição não fractal a interpretação de auto-semelhança e auto-afinidade da geometria fractal (Stanley e Meakin 1988).

Auto-semelhança quando a distribuição de abundância de sementes for independente do tamanho, situação de esperar em bancos de sementes com estrutura aleatória, observável quando o expoente  $D$  tem um valor constante. Auto-afinidade quando houver muitos processos interagindo na distribuição de tamanhos das sementes (Burrough 1983a) com a distribuição de abundâncias a depender do tamanho, observável quando o expoente  $D$  não tiver um valor constante mas variar em função do tamanho.

Adicionalmente, e continuando a seguir Burrough (1983a), valores elevados de  $D$  poderão ser vistos como resultando de efeitos ocorrendo a escalas menores e valores baixos resultando de efeitos ocorrendo a escalas maiores.

Tal como foi feito para o efeito das mobilizações na distribuição de tamanhos do banco de sementes, examinaremos o efeito de cada mobilização na natureza, valor e variação de  $D$  separadamente para sementes totais, iso e anisodiamétricas.

11.1.2.1 Sementes totais. Em sementes totais pré-mobilização (§ 7.4.1), 21% dos valores de  $D$  obtidos para os 72 intervalos de profundidade (8 profundidades  $\times$  9 pontos de amostragem) revelavam auto-semelhança, com mais de metade associados aos pontos  $L2$  e  $G2$  e às profundidades mais superficiais. Na profundidade 0-10 cm, pré-mobilização, 31% dos valores de  $D$  revelavam auto-semelhança.

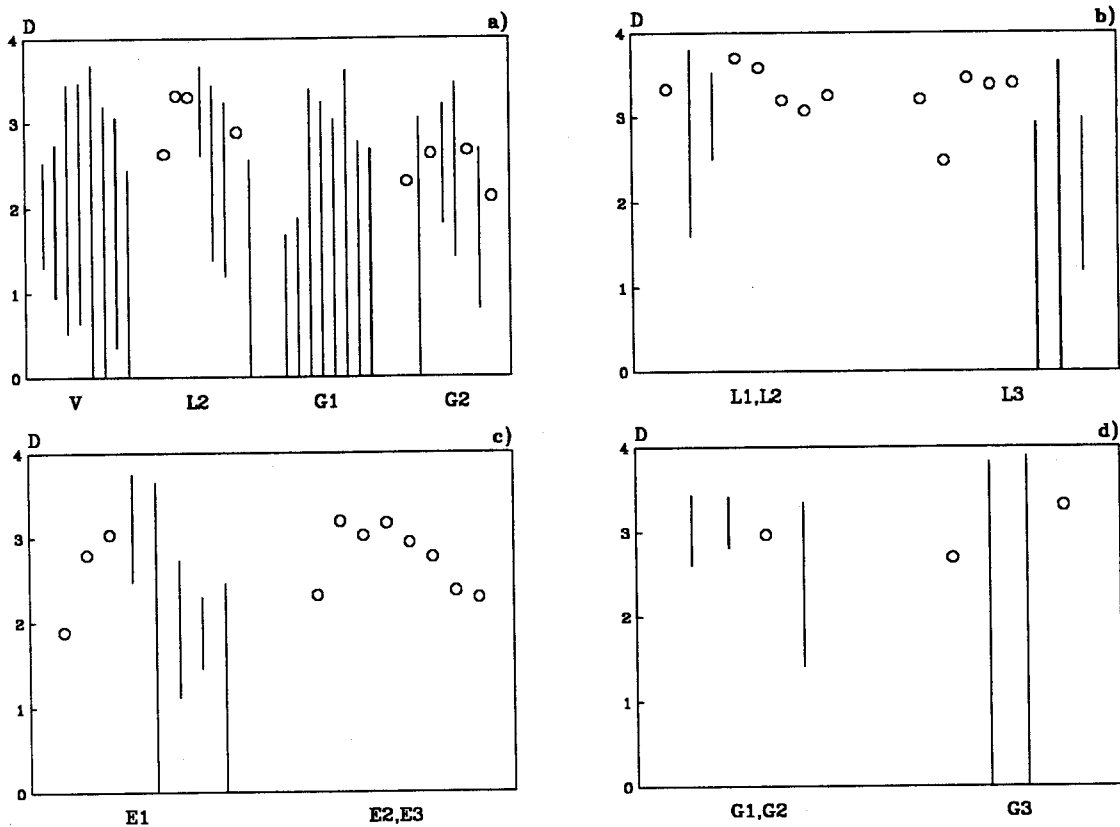
Em contrapartida, em sementes totais pós-lavoura e pós-escarificação, os valores de  $D$  revelam auto-semelhança em 79% dos casos e pós-gradagem em 58% dos casos; ou seja, das mobilizações resultam estruturas maioritariamente aleatórias eliminando o efeito de muitos processos interagindo na distribuição de tamanhos.

Tendo em consideração que pré-mobilização, das 15 amostras com auto-semelhança, 67% ocorriam até 7.5 cm de profundidade e pós-mobilizações das 45 amostras com auto-semelhança 47% ocorrem até à mesma profundidade, o efeito das mobilizações na passagem de auto-afinidade para auto-semelhança parece fazer-se sentir essencialmente a maiores profundidades.

Na figura 11.4 apresentam-se os valores e intervalos de valores de  $D$  de sementes totais, de cada profundidade separadamente, para os grupos definidos a partir da modelação dos tamanhos das sementes pré e pós-mobilizações, considerando a média dos menores e maiores valores dos pontos de amostragem cuja distribuição vertical da 'área'  $A$  não difere (§§ 7.4.1 e 11.1.1.1).

Da figura 11.4 ressalta, não só o referido aumento pós-mobilizações de distribuições de tamanhos revelando estruturas aleatórias ou, dito de outra forma, a diminuição de estruturas

resultantes de muitos processos interactuando, como uma clara tendência para a diminuição da amplitude de  $D$ , que poderá significar uma menor importância de muitos processos interactuando na estrutura do banco de sementes quando se verifica auto-afinidade.



**Figura 11.4** Valores (o) e intervalos de valores de  $D$  de sementes totais em MITRA2; a) pré-mobilização (figura 7.15), b) pós-lavoura, c) pós-escarificação e d) pós-gradagem. Para cada grupo, os valores referem-se às classes de profundidade, que aumentam no sentido da leitura.

Em pré-mobilização (figura 11.4a), observa-se uma tendência para o aumento dos valores, ou dos máximos, de  $D$  com o aumento de profundidade até entre 7.5 cm e 12.5 cm, seguido de uma diminuição para profundidades maiores, isto é, tendência para em pequenas e grandes profundidades predominarem processos de escala maior e em profundidades intermédias processos de escala menor.

Em contrapartida, só em escarificação (figura 11.4c) é aparente um tipo de resposta semelhante, com lavoura e gradagem (figura 11.4a,d) com valores ou valores máximos de  $D$  essencialmente independentes da profundidade.

Tendo em conta que esta independência reflecte o aumento dos valores ou valores máximos de  $D$  nas profundidades menores (em lavoura e gradagem) e maiores (em lavoura), o efeito destes dois tipos de mobilização parece ser a redução da escala dos processos responsáveis pela estrutura da distribuição de tamanhos do banco de sementes.

Se nem as reduções da escala em lavoura e gradagem ou a sua ausência em escarificação são de estranhar, já a pequena amplitude destas alterações merece destaque, sugerindo que ou a) alterações de escala importantes se manifestam por pequenas alterações numéricas de  $D$  ou b) a estrutura da distribuição de tamanhos do banco de sementes do solo possui

elevada resistência. Não é de rejeitar, em todo o caso, que maiores variações se possam vir a manifestar no banco de sementes do solo após um ciclo de germinação, emergência e produção de novas sementes.

11.1.2.2 Sementes isodiamétricas. Pré-mobilização (§ 7.4.2), 28% dos valores de  $D$  obtidos para os 72 intervalos de profundidade revelavam auto-semelhança, com mais de metade associados aos pontos  $L1$  e  $L2$  e às profundidades mais superficiais. Na profundidade 0-10 cm, pré-mobilização, 47% apresentavam auto-semelhança.

Em contrapartida, os valores de  $D$  para sementes isodiamétricas revelam auto-semelhança em 79% dos casos pós-lavoura, 75% pós-escarificação e 91% dos casos pós-gradagem, ou seja, das mobilizações resultam, mais intensamente que em sementes totais, estruturas maioritariamente aleatórias eliminando o efeito de muitos processos interagindo na distribuição de tamanhos.

Tendo em consideração que pré-mobilização, das 20 amostras com auto-semelhança, 70% ocorriam até 7.5 cm e pós-mobilizações, das 48 amostras com auto-semelhança, 51% ocorrem até à mesma profundidade, os efeitos das mobilizações na passagem de auto-afinidade para auto-semelhança em isodiamétricas, parece fazer-se sentir essencialmente a maiores profundidades, tal como se tinha observado em totais.

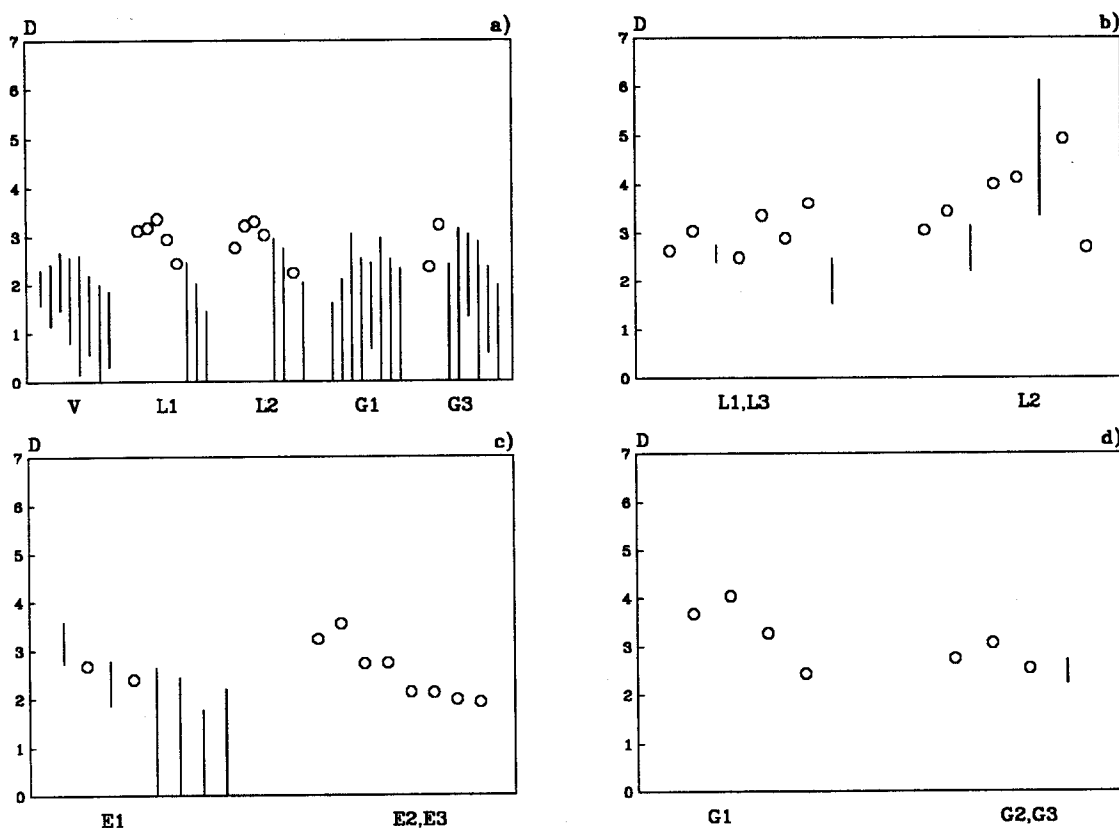
Na figura 11.5 apresentam-se os valores e intervalos de valores de  $D$  de sementes isodiamétricas de cada profundidade, separadamente para os grupos definidos a partir da modelação dos tamanhos das sementes pré e pós-mobilizações, tomando a média dos menores e maiores valores dos pontos de amostragem cuja distribuição vertical da 'área'  $A$  não difere (§§ 7.4.2 e 11.1.1.2).

Do seu exame ressalta, não só o aumento pós-mobilizações de distribuições de tamanhos revelando estruturas aleatórias já referido ou, de outra forma, a diminuição de estruturas resultantes de muitos processos interagindo, como uma tendência para a diminuição da amplitude de  $D$ , que poderá significar uma menor importância de muitos processos interagindo na estrutura do banco quando se verifica auto-afinidade.

Em pré-mobilização (figura 11.5a), observa-se em sementes isodiamétricas uma tendência semelhante à de totais, com aumento dos valores ou valores máximos de  $D$  com a profundidade até entre 5.0 cm e 7.5 cm seguido de uma diminuição para profundidades maiores. Isto é, tendência para em pequenas e grandes profundidades predominarem processos de escala maior e em intermédias de escala menor.

Só em gradagem (figura 11.5d) é aparente um tipo de resposta semelhante. Lavoura (figura 11.5b) apresenta valores ou valores máximos de  $D$  tendencialmente crescentes com a profundidade e escarificação (figura 11.5c) tendencialmente decrescentes.

Não há uma clara alteração da escala dos processos responsáveis pela estrutura de tamanhos do banco de sementes em escarificação, mas a tendência para aumento dos valores de  $D$  em lavoura e gradagem implica a redução da escala desses processos, já observada em sementes totais.



**Figura 11.5** Valores (o) e intervalos de valores de  $D$  de sementes isodiamétricas em MITRA2; a) pré-mobilização (figura 7.17), b) pós-lavoura, c) pós-escarificação e d) pós-gradagem. Para cada grupo, os valores referem-se às classes de profundidade, que aumentam no sentido da leitura.

Como em totais, nem as reduções da escala em lavoura e gradagem e a sua ausência em escarificação são de estranhar. Não obstante, a reduzida amplitude das alterações merece destaque, sugerindo que ou alterações de escala importantes se manifestam por pequenas alterações dos valores de  $D$  ou a estrutura da distribuição de tamanhos do banco de sementes isodiamétricas tem elevada resistência.

Apesar de não ser de rejeitar que maiores variações se possam vir a manifestar no banco de sementes isodiamétricas após um ciclo de germinação, emergência e produção de novas sementes, parece-nos improvável que essas variações tenham uma amplitude muito grande, tendo em consideração a manutenção ou reforço da *persistência intrínseca* observada nas profundidades superficiais após qualquer das mobilizações (§ 11.1.1.2).

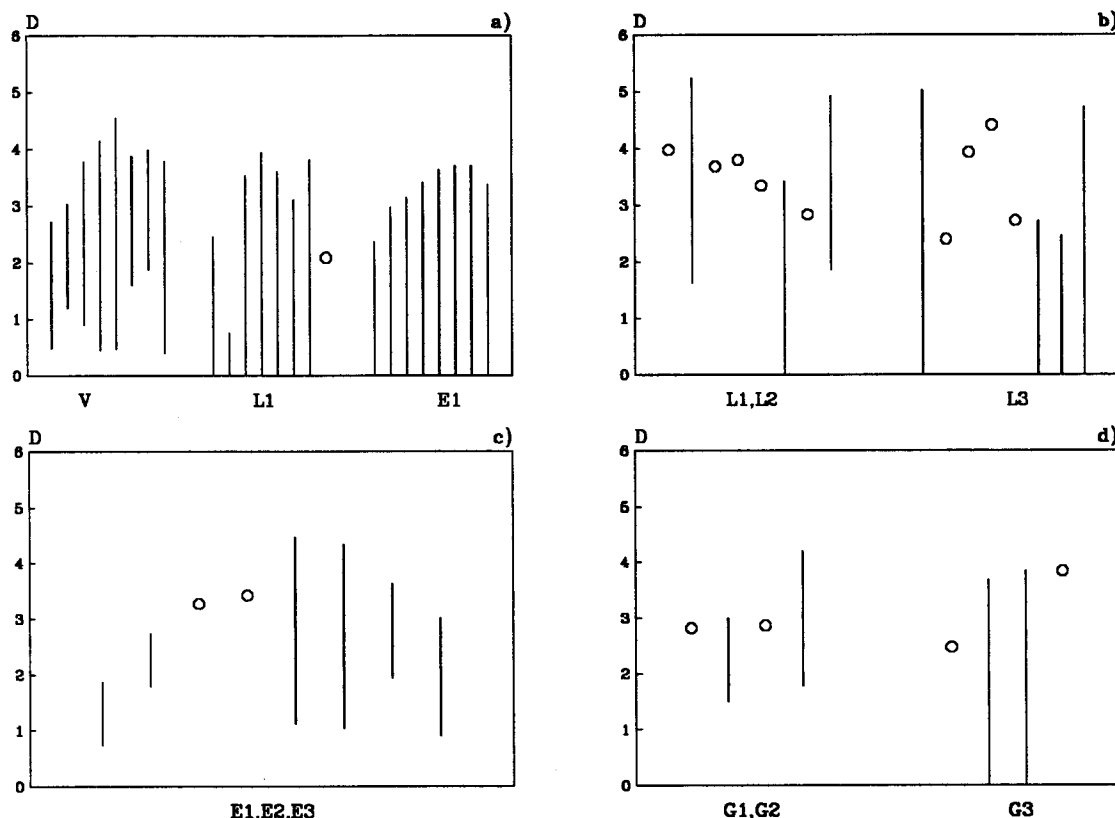
11.1.2.3 Sementes anisodiamétricas. Em sementes anisodiamétricas, pré-mobilização (§ 7.4.3), 24% dos valores de  $D$  obtidos para os 72 intervalos de profundidade revelavam auto-semelhança, com mais de metade associados às profundidades abaixo de 12.5 cm. Em 0-10 cm, pré-mobilização, só 19% dos valores de  $D$  revelavam auto-semelhança.

Em contrapartida, os valores de  $D$  para sementes anisodiamétricas apresentam auto-semelhança em 67% dos casos pós-lavoura, 58% pós-escarificação e 67% pós-gradagem; ou seja, das mobilizações resultam, menos intensamente que em isodiamétricas, estruturas maioritariamente aleatórias eliminando o efeito de muitos processos interactuando na distribuição de tamanhos.



Tendo em consideração que, pré-mobilização, das 17 amostras com auto-semelhança, 53% ocorriam abaixo de 12.5 cm de profundidade e pós-mobilizações, das 38 amostras com auto-semelhança, 18% ocorrem nas mesmas profundidades, os efeitos das mobilizações na passagem de auto-afinidade para auto-semelhança em sementes anisodiamétricas ocorrem essencialmente a menores profundidades, ao contrário de isodiamétricas e totais.

Na figura 11.6 apresentam-se os valores e intervalos de valores de  $D$  de sementes anisodiamétricas de cada profundidade, separadamente para os grupos definidos a partir da modelação dos tamanhos das sementes pré e pós-mobilizações, considerando a média dos menores e maiores valores dos pontos de amostragem cuja distribuição vertical da 'área'  $A$  não difere (§§ 7.4.3 e 11.1.1.3).



**Figura 11.6** Valores ( $\circ$ ) e intervalos de valores de  $D$  de sementes anisodiamétricas em MITRA2; a) pré-mobilização (figura 7.19), b) pós-lavoura, c) pós-escarificação e d) pós-gradagem. Para cada grupo, os valores referem-se às classes de profundidade, que aumentam no sentido da leitura.

Na figura 11.6 evidencia-se não só o referido aumento de distribuições de tamanhos revelando estruturas aleatórias pós-mobilizações (diminuição de estruturas resultantes de muitos processos interactuando), mas também a tendência para a diminuição da amplitude de  $D$ , que poderá significar uma menor importância de muitos processos interactuando na estrutura do banco de sementes quando se verifica auto-afinidade.

Em pré-mobilização (figura 11.6a), observa-se em sementes anisodiamétricas um comportamento diferente do observado em totais e isodiamétricas, nomeadamente tendência para aumento do valor ou valores máximos de  $D$  até à profundidade de 12.5 cm seguido de uma diminuição, com patamar na maior parte dos casos; Ou seja, tendência para redução da

escala com o aumento da profundidade e, após ser alcançado o mínimo, predomínio de processos de escala maior basicamente independentes da profundidade.

Em lavoura (figura 11.6b), só no grupo constituído pelas amostras  $L1$  e  $L2$  é possível reconhecer alguma tendência, envolvendo redução do valor de  $D$  com a profundidade, logo, aumento da escala dos processos responsáveis pela distribuição de tamanhos.

Em contrapartida, em escarificação (figura 11.6c), há aumento dos valores ou valores máximos de  $D$  com a profundidade, até 12.5 cm, seguido de uma pequena redução no intervalo 12.5-15.0 cm, de novo reduções, maiores, com o aumento da profundidade, sem qualquer patamar.

Finalmente, em gradagem (figura 11.6d), mas de forma menos clara que pré-mobilização, observa-se uma tendência para aumentos dos valores ou valores máximos de  $D$  com a profundidade nos quatro primeiros intervalos de profundidade.

Tal como em sementes isodiamétricas, nas anisodiamétricas não há uma clara alteração da escala dos processos pós-escarificação. Em gradagem há tendência para aumento dos valores de  $D$  e portanto redução da escala. Em contrapartida, pós-lavoura, parece haver, considerando só o grupo constituído pelos pontos de amostragem  $L1$  e  $L2$ , um aumento dos valores ou valores máximos de  $D$  nas profundidades mais superficiais e diminuição nas maiores, implicando, respectivamente, uma natural redução de escala nas profundidades menores e um algo estranho aumento de escala nas profundidades maiores.

Nem a redução de escala em gradagem e parte de lavoura, ou a sua manutenção em escarificação, são de estranhar, embora a relativamente pequena amplitude das alterações mereça novamente destaque e sugira que alterações de escala importantes se manifestem por pequenas alterações numéricas  $D$  ou que a estrutura da distribuição de tamanhos do banco de sementes anisodiamétricas possui elevada resistência.

Continuando a não ser de rejeitar que maiores variações se possam vir a manifestar no banco de sementes anisodiamétricas após um ciclo de germinação, emergência e produção de novas sementes, parece-nos improvável que essas variações tenham uma amplitude muito grande em lavoura dado o reforço da *persistência de posição*; em contrapartida, em escarificação e gradagem a amplitude dessas variações poderá ser amplificada tendo em conta a redução da *persistência de posição* (§ 11.1.1.3).

## 11.2 DISTRIBUIÇÃO DE ABUNDÂNCIAS OU DE TAMANHOS ?

O exame da distribuição vertical pré-mobilização feita no capítulo 9 e pós-mobilizações no capítulo 10 tem, sobre a abordagem dos §§ 7.4 e 11.1, a vantagem de permitir um exame detalhado da distribuição vertical do banco de sementes separadamente para cada classe de tamanho.

Em contrapartida, apresenta diversas desvantagens, como sejam a) o muito maior esforço de análise numérica e posterior interpretação, facilmente visível no tamanho dos capítulos 9

e 10, b) a muito maior variabilidade da distribuição vertical de abundâncias (mesmo quando expressas em proporção) em comparação com a de tamanhos, c) a necessidade de considerar uma só classe de tamanho para as retidas pelos crivos de malha 0.710 mm ou superior e d) a ausência de sementes de uma ou mais classes de tamanho frequentemente limitar a extensão da análise, situação que em pré-mobilização só se verificou com anisodiamétricas, 0-20 cm (§ 9.3.2.1.3), mas foi frequente em pós-mobilização.

Finalmente, dada a necessidade de considerar proporções, obriga a mudar de modelos quando se pretende considerar profundidades de trabalho diferentes.

A opção por uma das abordagens depende, naturalmente, dos objectivos, parecendo-nos a primeira, distribuição vertical de abundâncias, francamente preferível para investigar os efeitos de mobilizações (ou a distribuição após a sua ausência prolongada) em classes de tamanho determinadas.

Pelo contrário, a segunda abordagem, distribuição vertical de tamanhos, será preferível quando se pretenda conhecer o impacto global das mobilizações (ou a distribuição após a sua ausência prolongada).

Independentemente dos objectivos, para que uma opção seja possível, parece-nos importante comparar as conclusões obtidas de cada uma delas, por forma a verificar qual o grau de concordância entre ambas e, no caso de ser reduzido, qual a opção que conduz a conclusões mais prováveis porque mais 'realistas' hoje.

Tendo em consideração as diferenças entre as duas abordagens, nomeadamente o facto de na dos capítulos 9 e 10 as distribuições de abundância serem examinadas separadamente para cada classe de tamanho, enquanto na seguida no capítulo 7, em particular no § 7.4, e neste, se tomarem conjuntamente as distribuições de abundância de todos os tamanhos; tendo igualmente em consideração a necessidade óbvia de só comparar o que é comparável, iremos comparar as conclusões obtidas só em relação ao que definimos anteriormente (§ 9.4) como *persistência intrínseca* e *persistência de posição*.

Começando situação pré-mobilização e retomando as conclusões apresentadas no § 9.4, após pelo menos dez anos sem mobilização, as sementes isodiamétricas localizam-se mais superficialmente que as anisodiamétricas com excepção sementes maiores; as sementes menores e as maiores localizam-se superficialmente (mais superficialmente as maiores) e as intermédias mais profundamente.

Daqui resulta que sementes isodiamétricas menores (persistentes) se encontram mais superficialmente, tendendo para localizações mais profundas com a redução da persistência (aumento de tamanho ou anisodiametria). Consequentemente, no banco de sementes isodiamétricas dever-se-á observar um aumento de tamanho, ou seja um aumento da 'área'  $A$  com o aumento da profundidade, situação claramente observável na figura 11.2a.

No caso de sementes anisodiamétricas, verifica-se precisamente o contrário (figura 11.3a), com diminuição do tamanho, geralmente pouco pronunciada, com a profundidade. Para explicar esta situação haverá que admitir, como fizemos anteriormente (§ 7.5), que sementes

anisodiamétricas maiores têm muito maior dificuldade em descer que isodiamétricas do mesmo tamanho (conclusão confirmada na abordagem da distribuição de abundâncias, § 9.4).

Tal como na distribuição de abundâncias, na de tamanhos pode detectar-se uma *persistência intrínseca*, dado o pequeno tamanho das sementes isodiamétricas com localização superficial, uma clara *persistência de posição* em isodiamétricas, dado o aumento do tamanho das sementes com o aumento da profundidade, e clara tendência para a *persistência de posição* em anisodiamétricas ser contrariada pela sua dificuldade em descer, dificuldade que aumenta com o tamanho, num processo mais complexo que o evidenciado por sementes isodiamétricas.

Passando agora para a situação pós-mobilizações e retomando as conclusões apresentadas no capítulo 10, em lavoura, as sementes isodiamétricas menores tenderam a afundar, isodiamétricas maiores a subir, e anisodiamétricas tenderam a subir se menores e a descer se maiores. Na distribuição de tamanhos, tal como na de abundâncias que acabámos de referir, parece haver um reforço da *persistência intrínseca* e da *persistência de posição* nas sementes anisodiamétricas mas não nas isodiamétricas (figuras 11.2b e 11.3b).

Com escarificação as sementes isodiamétricas menores não se movimentam ou descem, as intermédias tendem a subir e as maiores a descer bastante, enquanto nas anisodiamétricas se observam sempre subidas, situação consistente com a manutenção ou reforço da *persistência intrínseca* e a redução da *persistência de posição* (figuras 11.2c e 11.3c) observada na distribuição de tamanhos, excepto nas sementes isodiamétricas maiores.

Finalmente, com gradagem, sementes isodiamétricas menores pouco se movimentam, intermédias sobem ligeiramente e maiores tenderam a descer, observando-se igualmente a subida de sementes anisodiamétricas menores e a descida de maiores. De novo, uma situação consistente com a manutenção ou reforço da *persistência intrínseca* e a redução da *persistência de posição* (figuras 11.2d e 11.3d) observada para a distribuição de tamanhos, com excepção das anisodiamétricas maiores.

No fim do capítulo 7 considerámos evidente a operacionalidade da caracterização da distribuição de frequências de tamanhos do banco de sementes pela 'área'  $A$  e valores do expoente do modelo seleccionado.

Da comparação das conclusões entre as duas abordagens, surge-nos igualmente como evidente que a consideração da 'área' não só não contradiz as conclusões da distribuição de abundâncias, como pode tornar mais clara a caracterização do banco de sementes do solo ao incorporar, simultaneamente, o tamanho, a abundância relativa das sementes e o balanço de subidas e descidas resultante das mobilizações, proporcionando uma visão mais integrada da distribuição vertical de sementes.

Não obstante só a análise da distribuição de abundâncias ter revelado a independência do tamanho e forma para os efeitos da lavoura na distribuição vertical do banco de sementes, a abordagem da distribuição de tamanhos parece-nos globalmente preferível, não só pelas

razões apresentadas no parágrafo anterior, como pelas desvantagens da análise da distribuição de abundâncias enunciadas no início desta secção, a menor das quais não é a muito menor rentabilidade do esforço de análise.

### 11.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral a distribuição de tamanhos do banco de sementes pós-mobilizações revela o predomínio de auto-semelhança ao contrário de pré-mobilização, com predominância de auto-afinidade. O mesmo será dizer que, das mobilizações, resultam essencialmente distribuições de abundância de tamanhos independentes do tamanho das sementes, embora variando fortemente com a forma das sementes.

De facto, em sementes isodiamétricas, entre 75% e 92% dos valores de  $D$  revelaram auto-semelhança, mas só entre 58% e 67% em anisodiamétricas; a auto-afinidade em sementes isodiamétricas concentra-se em profundidades maiores e em anisodiamétricas dispersa-se pelas várias profundidades. Em conjunto, sugere que a distribuição de tamanhos de sementes anisodiamétricas conserva mais a dependência relativamente ao tamanho e, portanto, que a estrutura resultante de pelo menos dez anos sem mobilização, resiste melhor às perturbações provocadas pelas mobilizações nas sementes de menor *persistência intrínseca* (anisodiamétricas) ou em que esta perdeu importância (isodiamétricas mais profundas).

De uma maneira geral, em pós-mobilizações há redução da escala dos efeitos responsáveis pela estrutura do banco de sementes, como seria de esperar tendo em conta a perturbação que provocam, embora a intensidade dessa redução de escala, avaliada pelo aumento dos valores de  $D$ , seja relativamente pequena, sugerindo uma reduzida sensibilidade deste parâmetro ou a necessidade de se completar um ciclo reprodutor para que os efeitos directos e indirectos das mobilizações se façam sentir completamente.

Curiosamente, pós-lavoura parece haver um aumento de escala nas sementes anisodiamétricas localizadas mais profundamente, sugerindo a eventualidade de uma resposta diferente das sementes menos persistentes à mobilização mais perturbadora.

Quanto à distribuição de tamanhos expressa pela 'área'  $A$ , é de assinalar a tendência de sementes anisodiamétricas verem a sua distribuição de tamanho tornar-se independente da profundidade (excepto pós-escarificação), enquanto isodiamétricas mantêm sempre a dependência relativamente à profundidade.

De assinalar igualmente, que nas sementes isodiamétricas só em pós-lavoura parece haver uma reorganização da distribuição de tamanhos, com a prevalência de sementes menores a ser reforçada em todos os intervalos de profundidade, mas que, após qualquer das mobilizações estudadas em MITRA2, o mesmo tipo de reorganização parece ocorrer em anisodiamétricas.

Do que temos dito, parece clara a vantagem de considerar a forma das sementes e examinar separadamente sementes iso e anisodiamétricas. Parece também claro que os

efeitos das mobilizações se manifestam diferencialmente consoante a forma, não se esgotando na movimentação das sementes, mas provocarão igualmente alterações das condições externas às sementes, com influência, variável conforme a forma e tamanho, na germinação, emergência e sobrevivência das sementes.

## 12. RELAÇÃO ENTRE A VEGETAÇÃO POTENCIAL E A REAL

fazer previsões é difícil,  
especialmente do futuro  
Niels Bohr

O interesse do estudo do banco de sementes do solo, incluindo os efeitos de mobilizações na distribuição vertical, apesar de importante por si próprio, tem subjacente, e depende em grande medida, da possibilidade de relacionar as estimativas de abundância do banco de sementes, vegetação potencial, com as de plântulas e plantas, vegetação real.

Esta dependência é particularmente aguda em estudos orientados numa perspectiva agrícola (Davies *et al.* 1998, Lawson 1988, Norris 1992, Roberts 1981, Turley *et al.* 1998) ou de gestão e recuperação de áreas perturbadas (Valk e Pederson 1989, Zammit e Zedler 1994) dada as vantagens óbvias de prever ou direccionar a vegetação real.

Assumindo que existe, a relação causal entre a vegetação potencial e a real deverá depender não só dos quantitativos do banco de sementes, como de um número, provavelmente elevado e interactuante de características, variável de espécie para espécie, nomeadamente padrões e taxas de germinação, perda de viabilidade e mortalidade pré e pós-emergência, bem como de condições exógenas como humidade, temperatura, tipo de solo ou mobilizações.

Dada a variedade, complexidade e, em muitos casos, falta de conhecimento detalhado dos processos envolvidos, não é de estranhar o número relativamente pequeno de trabalhos sobre a relação vegetação potencial-vegetação real e o facto de, em conjunto, parecerem longe de fornecer um quadro claro.

De facto, alguma relação qualitativa entre a vegetação potencial e a real foi observada por Post (1986), em diversos trabalhos em pântanos e salgados (Leck e Graveline 1979, Leck e Simpson 1987a), desertos (Henderson *et al.* 1988), montado (Arana 1985) e alpinos, nos últimos essencialmente para as espécies mais abundantes (Diemer e Prock 1993).

Uma excelente relação qualitativa entre o banco de sementes e a vegetação real foi encontrada, em solo cultivado, por Burgaz e Saiz (1989), Garcia (1995) e Peyronel (1953).

Miele *et al.* (1998) ou Young e Cousens (1998) sugerem que a vegetação potencial é um bom estimador da vegetação real e Barralis e Chadoeuf (1987) consideram a vegetação potencial, em geral, um bom estimador da frequência da real em campos cultivados e mesmo preferível, em termos de presença/ausência (com excepção das espécies com sementes maiores) à emergência de plântulas.

Pelo contrário, pouca ou nenhuma relação qualitativa entre a vegetação potencial e a real foi observada em solos não cultivados por Milberg e Hansson (1993) e por Peyronel (1953).

Davies *et al.* (1998), Froud-Williams *et al.* (1983), Guyot (1984), Miller *et al.* (1998) e Parker e Leck (1985) referem uma grande discrepância entre a vegetação potencial e a real. Beuret (1989) observou uma elevada variabilidade da razão vegetação potencial/vegetação

real em função das espécies e das datas de trabalho do solo. Ball e Miller (1989) e Derksen *et al.* (1998) concluíram que a vegetação potencial dificilmente permite prever infestações futuras, podendo a relação entre ambas variar com a espécie, mobilização e herbicidas.

Não sendo de rejeitar em absoluto, que a relação entre a vegetação potencial e a real seja não determinística ou o seja de forma não operacional, razões para estas discrepâncias, mais que a uma impossibilidade, de facto, de estabelecer uma relação entre a vegetação potencial e a real, poderão ser atribuídas a opções ou deficiências metodológicas, tendo Parker *et al.* (1989) apontado para não distinção entre bancos transientes e permanentes, datas de colheita das amostras ou incapacidade de satisfazer as condições de germinação e emergência de algumas espécies presentes no banco.

Na introdução do capítulo 6, afirmámos que o tamanho e forma das sementes poderão ser usados como caixas negras, ou opacas, capazes de "absorver" e explicar estatisticamente uma variedade de processos em que a vegetação potencial está envolvida.

Assim, a consideração do tamanho das sementes poderá ser útil para o estabelecimento de relações entre a vegetação potencial e a real. Para testar esta hipótese, iremos socorrer-nos de trabalhos já publicados, exprimindo, como habitualmente, o tamanho das sementes pelo menor volume (ver Anexo).

## 12.1 VEGETAÇÃO POTENCIAL, REAL E TAMANHO DAS SEMENTES

Carretero (1977) investigou a relação entre a vegetação potencial, até 10 cm de profundidade, e a real, em solo lavrado e culturas de regadio. Usando as 16 espécies de infestantes em que a relação entre o banco de sementes e a vegetação real foi estudada na estação mais favorável, tentámos o ajustamento de um modelo linear tendo como variável dependente o número de plântulas  $P$ , e como independentes o número de sementes íntegras  $B$ , o menor volume das sementes  $A$  e uma variável muda  $E$  que toma o valor  $E=1$  para as infestantes de Verão e  $E=0$  para as de Inverno.

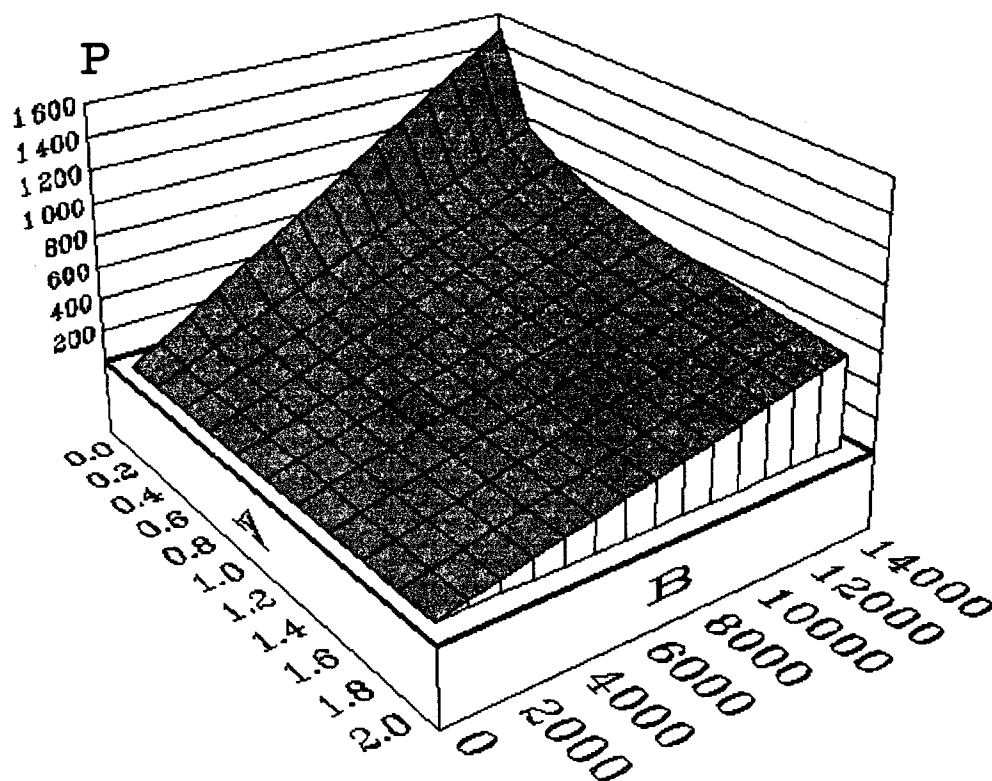
O ajustamento foi tentado pelo método dos mínimos quadrados por regressão sequencial ascendente usando o procedimento STEP de Statgraphics (Anónimo 1989), usando como variáveis candidatas  $B$ ,  $\ln A$ ,  $E$ , e todas as interacções de primeiro grau entre elas, num total de 7 variáveis. Do modelo ajustado ( $R^2_{aj}=0.952$ ,  $n=31$ ,  $P \approx 0$  para o modelo e  $P \leq 0.006$  para os coeficientes) resultou a equação

$$P = 0.049 B - 0.014 ( B E \ln A ) \quad (12.1)$$

com  $B$  responsável por cerca de 99% da variação explicada pelo modelo.

De acordo com (12.1), nas seis infestantes de Inverno, a vegetação real depende linear e exclusivamente do número de sementes no solo, constituindo a vegetação real cerca de 5% da potencial.





**Figura 12.1** Vegetação real ( $P$ ) expressa em número de plântulas por  $\text{m}^3$  em função do volume menor das sementes ( $A$ ) em  $\text{mm}^3$  e do número de sementes do banco  $B$  por  $\text{m}^2$  para infestantes de Verão de acordo com o modelo descrito em (12.1). Para as fontes ver Carretero (1977) e Anexo.

Nas dez infestantes de Verão a vegetação real depende do banco de sementes da mesma forma mas com uma redução adicional, tanto mais intensa quanto mais abundante o banco de sementes e maior o tamanho, como se pode ver na figura 12.1.

Roberts e Ricketts (1979) estudaram durante 4 anos a relação entre o banco de sementes do solo até 10 cm e a vegetação infestante real, tendo observado na maior parte das espécies uma forte dependência entre a razão número de plântulas/número de sementes e a preparação da cama para a sementeira.

Resultados semelhantes foram obtidos por Beuret (1984a), para o banco de sementes até 20 cm de profundidade, e por Roberts e Dawkins (1967) até 23 cm (9 polegadas), com relações entre a vegetação real e a potencial mais constantes em solos cavados frequentemente. Na mesma linha vêm os resultados de Beuret (1984b), envolvendo o banco de sementes até 20 cm embora, como os anteriores, não aponte para que o conhecimento do banco de sementes permita prever infestações posteriores.

Barralis e Chadoeuf (1980) estudaram a relação entre a vegetação real e a potencial, com crivagem sequencial até 0.2 mm, em duas modalidades de mobilização (superficial por cultivador rotativo ou charrua de aivecas com 5 ferros a 10 cm, profunda por charrua clássica com reviramento do solo a 30 cm) e em duas modalidades de controlo de infestantes (nulo e químico) exprimindo aquela relação pela percentagem de plântulas emergidas em

percentagem do número de sementes.

A nossa análise mostra que, para 12 das 13 espécies de que dispúnhamos de valores de menor volume (*Chenopodium* spp. foi assumido como *C. album*), a variabilidade daquela percentagem é muito superior quando se consideram as espécies a 0-10 cm ou a 0-30 cm (coeficiente de variação corrigido para as 4 modalidades  $\times$  2 intervalos de profundidade entre 89% e 166%) quando comparada com as modalidades experimentais ou os intervalos de profundidade (coeficiente de variação corrigido para as 13 espécies entre 13% e 109 %).

Usando as 12 espécies, tentámos o ajustamento de um modelo de regressão linear tendo como variável dependente a razão plântulas emergidas/sementes viáveis a 0-10 cm ( $R_{10}$ ) ou a 0-30 cm ( $R_{30}$ ) e como independentes o menor volume das sementes,  $V$ , e duas variáveis mudas, uma para o tipo de mobilização  $M$  e a outra para o tipo de controlo de infestantes  $H$ .

O ajustamento foi realizado pelo método dos mínimos quadrados por regressão sequencial ascendente usando o procedimento STEP de Statgraphics (Anónimo 1989) usando como variáveis candidatas  $V$ ,  $V^2$ ,  $M$  e  $H$  e todas as interacções entre elas. As variáveis dependentes e as independentes não mudas, foram investigadas na forma original e após logaritmização. A selecção dos modelos foi feita pelo valor de  $R^2_{aj}$ , tendo-se obtido para 0-10 cm a equação

$$R_{10} = a V \ln V (0.577 - 0.051 M) \quad (12.2)$$

com  $a=8.329$  em mobilização superficial e  $a=1$  em mobilização profunda,  $R^2_{aj}=0.640$ ,  $n=48$ , modelo com  $P \approx 0$ , coeficientes com  $P \leq 0.0165$ , e para 0-30 cm

$$R_{30} = 2.295 (\ln V)^2 \quad (12.3)$$

com  $R^2_{aj}=0.439$ ,  $n=48$ , modelo e coeficientes com  $P \approx 0$ .

Ou seja, não só o tamanho das sementes permite explicar melhor a razão  $R_{10}$ , como só na profundidade menor o tipo de mobilização é relevante, aumentando a razão para mobilizações superficiais. De notar a ausência de termos incluindo  $H$ , tipo de controlo de infestantes, nos modelos.

Vasconcelos (1984) estudou, numa ampla gama de situações, a vegetação real em tomates e o banco de sementes até 20 cm de profundidade após crivagem sequencial até 2 mm, tendo registado nas 100 estações investigadas 152 espécies na vegetação real e 99 na potencial, com 80 espécies comuns a ambas, sugerindo que globalmente a relação qualitativa entre a vegetação potencial e a real poderá não ser particularmente boa.

Considerando as 82 espécies presentes no banco de sementes para as quais dispúnhamos de valores de volume (83% das espécies do banco representando cerca de 95% das sementes e 32% da abundância da vegetação real) tentámos de forma análoga à descrita para Barralis e Chadoeuf (1980) ajustar modelos de regressão entre a) a frequência da vegetação real e a da potencial, b) a densidade da vegetação real e a abundância da potencial, considerando

sempre o volume como uma das variáveis explicativas; as variáveis independentes não mudas, logaritmizadas ou não, foram consideradas até ao 3º grau.

Não nos foi possível ajustar modelos para a abundância e nunca se obtendo valores de  $R^2_{aj}$  superiores a 19% para a frequência, sugerindo que, neste estudo tanto relação entre a vegetação potencial e a real é muito fraca ou nula.

Wilson *et al.* (1985) estudaram durante três anos o banco de sementes do solo até 15 cm de profundidade após crivagem sequencial até 250  $\mu\text{m}$ . O solo foi lavrado a 15 cm, gradado e plantado com feijão (*Phaseolus vulgaris*) em Junho. Embora os autores tenham investigado do ponto de vista qualitativo a relação entre a vegetação potencial e a real para 18 espécies, é no estudo quantitativo envolvendo 11 espécies que residirá o maior interesse deste trabalho com a tentativa de ajustamento de modelos de regressão linear simples e múltipla entre a população de infestantes e, no primeiro ano, o número de sementes no solo (NSS), no segundo ano, NSS, percentagem de sementes viáveis (PSV) e população de infestantes no Outono anterior (PIO), e no terceiro ano, NSS, PSV, PIO e percentagem de germinação (PDG). Das onze espécies investigadas,

- a) em duas (*Kochia scoparia*, 0.335  $\text{mm}^3$  e *Polygonum convolvulus* 6.283  $\text{mm}^3$ ), nunca foi possível ajustar modelos que permitissem prever a infestação real no ano seguinte,
- b) em seis só foi possível num dos três anos, nomeadamente e indicando entre parêntesis o menor volume, ano, coeficiente de determinação e as variáveis independentes explicativas, *Panicum capillare* (0.144  $\text{mm}^3$ , 3º, 0.93, PIO), *Amaranthus retroflexus* (0.188  $\text{mm}^3$ , 2º, 0.11, PSV+NSS), *Solanum sarachoides* (1.642  $\text{mm}^3$ , 2º, 0.63, PSV), *Solanum rostratum* (1.767  $\text{mm}^3$ , 1º, 0.45, NSS), *Setaria lutescens* (2.668  $\text{mm}^3$ , 3º, 0.94, NSS) e *Helianthus annuus* (12.671  $\text{mm}^3$ , 1º, 0.58, NSS),
- c) numa espécie, *Echinochloa crus-galli* (0.513  $\text{mm}^3$ ), foi possível no segundo (0.58, NSS+PSV+PIO) e terceiro ano (0.97, PIO) e
- d) só em duas espécies, *Portulaca oleracea* ( $41.888 \times 10^{-3}$   $\text{mm}^3$ ) e *Chenopodium album* (0.302  $\text{mm}^3$ ), foi possível nos três anos, mas ainda assim sem grande consistência dos modelos dos vários anos; em *P. oleracea* no primeiro ano 0.43 e NSS, no segundo 0.45 e PSV+NSS, no terceiro 0.93 e NSS enquanto *C. album* no primeiro ano 0.42 e NSS, no segundo 0.17 e PSV+PIO+NSS, no terceiro 0.76 e NSS+PIO.

Excluindo o primeiro ano, em que só foi investigada uma variável independente (NSS), nos 10 modelos ajustados, NSS surge como única ou como primeira variável no modelo em 3 casos, não aparecendo ou não aparecendo em primeiro lugar em 7. Em contrapartida, PIO surge como única variável do modelo em 4 casos, não aparecendo ou não aparecendo em primeiro lugar nos restantes 6, o que sugere que a população de infestantes no Outono anterior é, se não mais, pelo menos tão importante para explicar a do Outono seguinte como o banco de sementes do solo.

Debaeke (1988) estudou em dois anos consecutivos a relação entre a vegetação real e a potencial até 30 cm após crivagem sequencial até 0.2 mm tendo obtido, após agrupamento

dos resultados dos dois anos, bons ajustamentos com modelos do tipo  $Y=a+bX$  para dez espécies de dicotiledóneas isolada ou conjuntamente (coeficiente de determinação entre 0.288 e 0.974, nível de significância para os modelos entre  $P=0.026$  e  $P\approx 0$ ). Embora os modelos devessem ser do tipo  $Y=bX$  (com excepção de *Capsella bursa-pastoris*) o que implicaria a alteração dos valores dos coeficientes  $b$ , não observámos nenhuma relação clara entre os valores dos coeficientes e o menor volume das sementes (entre  $41.989 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$  de *Papaver rhoeas* e  $6.283 \text{ mm}^3$  de *Fallopia convolvulus*).

Sá (1989) estudou a vegetação real e o banco de sementes após crivagem sequencial até 0.2 mm, até 20 cm de profundidade em searas de trigo numa ampla gama de situações incluindo controlo de infestantes e mobilização a profundidades variáveis (máximo 75 cm) tendo registado nas 155 estações investigadas um total de 272 espécies na vegetação real e 146 espécies na potencial, com 117 espécies comuns, afirmando que, globalmente, a relação qualitativa entre ambas não é particularmente boa.

Considerando as 106 espécies presentes no banco de sementes para as quais dispúnhamos de valores de volume (73% das espécies do banco representando cerca de 95% das sementes do banco e 32% da abundância da real) tentámos, de forma análoga à descrita para Barralis e Chadoeuf (1980) e Vasconcelos (1984), ajustar modelos de regressão entre a) a frequência da vegetação real e a da potencial, b) a densidade da vegetação real e a abundância da potencial; não obtivemos valores de  $R^2_{aj}$  superiores a 13% para a abundância e a 9% para a frequência, indicadores de uma fraca relação entre a vegetação potencial e real.

Hidalgo *et al.* (1990a) criaram bancos de sementes de *Phalaris brachystachys* ( $1.964 \text{ mm}^3$ ) e *P. paradoxa* ( $3.888 \text{ mm}^3$ ) incorporando-as com cultivador a menos de 10 cm de profundidade após sementeira superficial, para investigar a relação entre a densidade do banco de sementes (variável independente) e a de plântulas, plantas, panículas e sementes produzidas (variáveis dependentes) ajustando para as duas espécies equações do tipo  $Y=aX$  com coeficientes de determinação entre 0.74 e 0.96 (ligeiramente superiores após transformação raiz quadrada). Os coeficientes de determinação eram sistematicamente menores na espécie de menor volume, bem como a constante de proporcionalidade para a produção de plântulas e de panículas, enquanto para a produção de plantas as constantes eram virtualmente idênticas e para a produção de novas sementes a constante de proporcionalidade era superior na espécie de maiores sementes, sugerindo que a relação entre a vegetação potencial e a real varia com o tamanho das sementes.

Izquierdo e Recasens (1990) estudaram a relação entre a vegetação real e a potencial após crivagem sequencial até 0.2 mm, até 30 cm de profundidade num solo sujeito, após dois anos sem cultivo e um ano antes do estudo a uma passagem de cultivador a 30 cm.

Para 35 (entre *Rapistrum rugosum* e *Diploaxis erucoides* seleccionámos a de menor volume) das 52 espécies ou conjunto de espécies para as quais dispúnhamos de valores de volume e que apareciam simultaneamente na vegetação real e potencial, representando 87% das plântulas e 96% das sementes, procedemos de forma análoga à descrita acima para

Barralis e Chadoeuf (1980). O modelo a que chegámos ( $R^2_{aj}=0.834$ ,  $n=35$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e  $P\leq 0.017$  para os coeficientes) para a relação entre densidade da vegetação real  $P$  e a da potencial  $S$ , é expresso por

$$P = 0.024 S + 1.862 \times 10^{-3} S (\ln A)^2 \quad (12.4)$$

com  $S$  responsável por 96% da variação explicada pelo modelo e  $S(\ln A)^2$  pelos restantes 4%. Como na análise dos dados de Carretero (1977) e ao contrário da de Barralis e Chadoeuf (1980), o volume das sementes,  $A$ , está presente no modelo.

Forcella (1992) investigou a relação entre a vegetação potencial até 10 cm e a real de, por ordem crescente de volume menor, *Amaranthus retroflexus* (0.188 mm<sup>3</sup>), *Chenopodium album* (0.302 mm<sup>3</sup>) e *Setaria viridis*+*S. glauca* (respectivamente 0.848 mm<sup>3</sup> e 2.668 mm<sup>3</sup>) sugerindo a utilização de intervalos de variação da vegetação real em função da vegetação potencial em vez da consideração de uma única curva para exprimir essa relação.

O exame dos gráficos apresentados pelo autor revela que a amplitude do intervalo da vegetação real em função da potencial aumenta e depois diminui, com o número de sementes, com o máximo a depender da espécie e do ano, embora a amplitude máxima das previsões da potencial só varie com o ano, sendo basicamente independente da espécie.

Smith e Webb (1996) observaram um razoável relação quantitativa entre a vegetação real e a potencial em *Striga hermonthica*, até 15 cm de profundidade, com a densidade de sementes a explicar entre 39% e 42% da densidade das plantas que emergiram, obtendo 54% de explicação quando consideravam a densidade das hospedeiras de *S. hermonthica*.

Caixinhas *et al.* (1998) estudaram durante dois anos a relação entre a vegetação potencial até 10 cm e a real num solo não mobilizado nos cinco anos anteriores, tendo concluído por uma fraca relação entre ambas.

Para 34 das 40 espécies que surgiam no banco, de que dispomos de valores de volume e com densidades não nulas na vegetação real  $R$  e no banco de sementes, ajustámos modelos por regressão sequencial ascendente usando o procedimento STEP de Statgraphics (Anónimo 1989), tendo como variáveis candidatas a densidade da vegetação potencial  $P$ , o menor volume das sementes  $V$ ,  $P$  e  $V$  logaritmizadas ou não, até ao 3º grau, uma variável muda  $A$  para o ano e todas as interacções entre as variáveis. O modelo resultante tem como equação

$$R = -1 + P 1.265 - 0.023 (\ln P)^2 \quad (12.5)$$

com  $R^2_{aj}=0.677$ ,  $n=54$ ,  $P\approx 0$  para o modelo e  $P\leq 10^{-4}$  para os coeficientes, revelador da importância da vegetação potencial para explicar a variação da real.

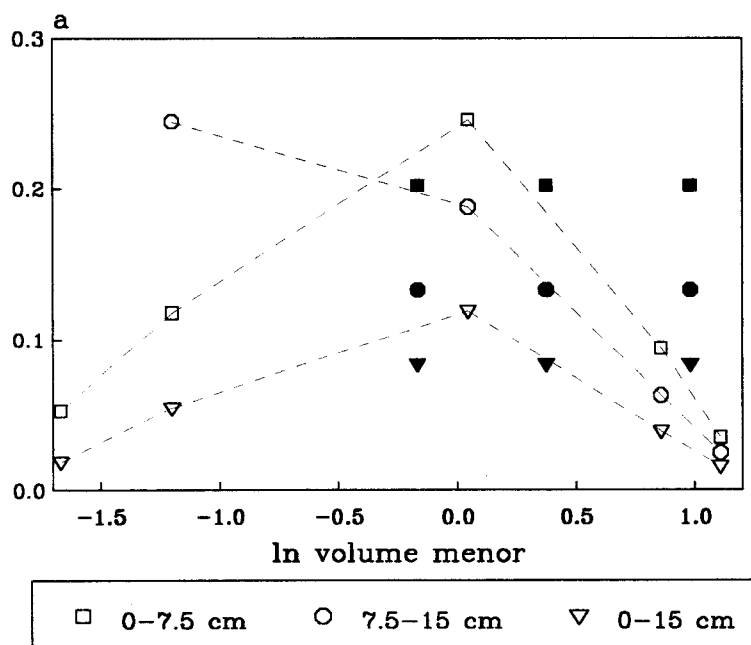
Zhang *et al.* (1998) investigaram a relação entre a vegetação potencial até 15 cm e a real, tendo observado, em média, 18 espécies na potencial, 11 na real, mas só 8 espécies comuns.

Só para as espécies comuns e recorrendo sempre a um modelo expresso por uma recta

forçada à origem, globalmente, a variação da vegetação real era explicada em mais de 70% pela da vegetação potencial e, espécie a espécie mas considerando três delas conjuntamente (*Setaria viridis*, *S. faberii* e *S. glauca*), entre 25% e 88% da variação da vegetação real era explicada pela da potencial.

A única falha de ajustamento observou-se na espécie de sementes menores (*Amaranthus retroflexus*) e só quando se considerava a vegetação potencial a 7.5-15 cm.

Na figura 12.2 apresenta-se a relação entre as constantes de proporcionalidade entre a vegetação real e a potencial determinadas pelos autores e o menor volume das espécies estudadas, podendo observar-se que essa relação em 0-15 cm reflecte basicamente a relação a 0-7.5 cm, com um aumento da proporção de sementes que terão dado origem a plântulas seguido de uma diminuição com o aumento do menor volume.



**Figura 12.2** Constante de proporcionalidade  $a$  da recta com ordenada na origem que exprime a relação entre a vegetação real e a potencial em função do  $\ln$  do volume menor expresso em  $\text{mm}^3$  para os intervalos de profundidade 0-7.5 cm, 7.5-15 cm e 0-15 cm. A negro valores de  $a$  assumidos como iguais para, por ordem crescente de volume, *Setaria viridis*, *S. faberii* e *S. glauca*. Para as fontes ver Zhang *et al.* (1998) e Anexo.

Em contrapartida, em 7.5-15 cm observa-se uma clara tendência para a diminuição dessa proporção com o aumento do volume menor e uma tendência evidente para as sementes menores, em 0-7.5 cm e 0-15 cm, e as maiores, qualquer que seja o intervalo de profundidade, terem comportamentos muito semelhantes ou mais semelhantes que sementes de tamanhos intermédios.

## 12.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do que vimos neste capítulo, a quantificação, senão mesmo a existência, de relação entre a vegetação potencial e a real não é clara. Igualmente duvidoso é o interesse de considerar o

tamanho das sementes, embora em geral a sua consideração contribua para alguma explicação da vegetação real.

O exame destes trabalhos sugere, no entanto, algumas considerações metodológicas, além das apresentadas por Parker *et al.* (1989) e referidas acima.

Desde logo, o facto de ter havido com frequência a redução do volume das amostras por crivagem, da qual terá certamente resultado a perda de um número importante de sementes. Curioso notar que o melhor ajustamento foi conseguido num dos trabalhos em que não houve crivagem (Carretero 1977), e que a total ausência de ajustamento se verificou no trabalho em que foi usado o crivo de maior malha (Vasconcelos 1984).

Outro aspecto que levanta dúvidas é o das profundidades a que o solo foi amostrado. De facto, para modelar a vegetação real em função da potencial, talvez não seja muito razoável usar o número de sementes presentes até 7.5 cm, 10 cm, 15 cm e mesmo 30 cm de profundidade, já que, para esses intervalos de profundidades é de esperar que uma porção maior ou menor das sementes quantificadas não germinem e portanto sejam não só irrelevantes como prejudiciais à tentativa de modelação.

Curiosamente, no trabalho de Zhang *et al.* (1998), e com excepção da espécie com menores sementes, não há diferenças apreciáveis entre os dois intervalos de profundidade na qualidade da explicação da vegetação real (em todos os casos  $P < 0.001$ ). Para este facto, à partida estranho por ser de esperar que sementes localizadas mais profundamente dificilmente germinem, como referido pelos autores e como concluído anteriormente (§ 7.1), são avançadas diversas explicações, incluindo mobilizações, a possibilidade da combinação de forças permitir a grupos de sementes emergirem de maiores profundidades (situação aplicável a *Setaria* spp. ou a *Abutilon theophrasti*).

Alternativamente, e não recusando a validade destas hipóteses, pensamos que a reduzida diferença entre a qualidade da previsão da vegetação real a partir da potencial nos dois intervalos de profundidade poderá ter a ver com o facto da quantificação do banco de sementes ter sido realizada por germinação e emergência das sementes depois das amostras terem sido reduzidas a uma profundidade que pouco ultrapassava 1 cm, otimizando a germinação das sementes (Belo 1993, Feast e Roberts 1973), mascarando assim as diferenças de germinação e emergência que eventualmente ocorreriam entre os intervalos 0-7.5 cm e 7.5-15 cm.

Parece-nos pois, que para prever a vegetação real a partir da potencial é de toda a vantagem considerar profundidades menores que as habitualmente usadas, de forma a quantificar unicamente as sementes com reais possibilidades de germinar e emergir.

Em favor desta sugestão vêm os resultados de Lavorel *et al.* (1993) para terrenos de sistemas mediterrânicos em que após retirada de amostras de 3 cm de profundidade não foram observadas posteriormente emergência de plântulas e, sobretudo, os de Milberg (1995), que observou uma relação ligeiramente melhor entre a vegetação real e a potencial a 0-4 cm que a 4-8 cm.

Indubitavelmente que as considerações metodológicas apresentadas por Parker *et al.* (1989) ou enunciadas por nós, podem, eventualmente, otimizar o esforço de previsão da vegetação real a partir da quantificação da potencial. A sua utilidade, indiscutível em estudos essencialmente ecológicos, é necessariamente reduzida para a gestão e controlo de infestante, tendo em conta o tempo necessário para obtenção de resultados virtualmente eliminar a sua utilidade.

Ou seja, será indispensável obter estimativas do banco de sementes muito mais rapidamente, por forma a que as previsões da vegetação infestante real sejam possíveis antes do aparecimento desta.

Nesse sentido, é de considerar a sugestão de Zhang *et al.* (1998), e amostrar o banco de sementes o mais cedo possível, utilizando a fracção facilmente germinável, por eles chamada fracção activa, como base para a previsão da vegetação real, visto que, de uma maneira ou de outra, será essa fracção que maioritariamente originará a vegetação infestante real.

No entanto, em muitas situações, o tempo disponível para o conseguir poderá, ainda assim, não ser suficiente. Uma possibilidade promissora para aumentar a rapidez de obtenção de resultados, cuja investigação já foi iniciada (Dias e Moreira 1992) e que deverá ser prosseguida, envolve o recurso a métodos de máxima verosimilhança capazes de fornecer estimativas rápidas e fiáveis do número de sementes presentes no banco.



### 13. CONCLUSÕES

aquilo que, quando se abrangeu tudo,  
ainda ficou fora  
Álvaro de Campos

Apesar de óbvio, o processamento de amostras envolvendo redução do volume por crivagem exige uma atenção especial à menor malha utilizada. Uma malha de 0.200 mm poderá ser suficiente, mas malhas menores poderão ter que ser utilizadas.

O esforço de amostragem, entendido como número de amostras necessárias para obter estimativas representativas do banco de sementes do solo, não tem necessariamente que ser muito elevado. Entre 2 e 9 amostras poderão ser suficientes, desde que o objecto do estudo seja, como é normalmente o caso, o banco de sementes enquanto comunidade multi-específica e não o banco de sementes de espécies individuais.

O tamanho das sementes, expresso numericamente pelo volume, está intimamente relacionado com uma grande variedade de processos, incluindo germinação, crescimento, fotoblastia, dispersão, predação, persistência, profundidade de emergência, efeitos de mobilizações e relação entre o banco de sementes do solo e a vegetação real. O menor volume constitui um parâmetro apropriado, biológica e analiticamente, para descrever o tamanho, dada a reduzida plasticidade das sementes e a forma como se manifesta.

Recorrendo ao menor volume, a distribuição de frequências de tamanhos do banco de sementes do solo pode ser caracterizada através de modelos de progressão geométrica, capazes de fornecer um valor numérico que sintetiza essa distribuição e proporcionar elementos sobre o tipo e escala dos processos responsáveis por essa distribuição.

A aplicação desses modelos a situações de ausência prolongada de perturbação de solo franco-arenoso, permite detectar uma 'estratégia' adaptativa de ocupação vertical do solo pela fracção permanente do banco de sementes, envolvendo dois tipos de persistência: *intrínseca*, já referida na literatura e característica de sementes isodiamétricas menores localizadas superficialmente, e *de posição*, quaisquer sementes, especialmente anisodiamétricas ou sementes maiores, com localizações mais profundas capazes de impedir a germinação. A localização preferencialmente profunda de sementes sem *persistência intrínseca*, está sujeita a uma clara retroacção negativa associada ao aumento de tamanho, de forma particularmente intensa em sementes anisodiamétricas.

A lavoura é uma mobilização cujos efeitos na distribuição vertical do banco de sementes parecem depender quase exclusivamente da distribuição pré-existente. Após um período relativamente longo sem qualquer mobilização, a lavoura tenderá a reforçar a *persistência intrínseca* e a *persistência de posição*, nesta última só em sementes anisodiamétricas.

Pelo contrário, a escarificação e a gradagem são mobilizações cujos efeitos parecem depender fortemente do tamanho e forma das sementes.

A escarificação reforçará a *persistência intrínseca* e reduzirá a *persistência de posição*

mas só em sementes anisodiamétricas, pouco ou nada alterando a *persistência de posição* de sementes isodiamétricas.

Em contrapartida, a gradagem tenderá a manter ou reforçar a *persistência intrínseca* e reduzir a *persistência de posição*, excepto quando sementes anisodiamétricas grandes estão envolvidas.

A generalização destas conclusões exige a realização de estudos do mesmo tipo em condições diferentes, nomeadamente em solos diferentes e com diferentes intensidades de passagem de máquinas.

## ANEXO. DAS DIMENSÕES DAS SEMENTES

... as listas não estão acabadas.  
Nem o estarão, até ao fim do mundo.  
Ursula Le Guin

Apresenta-se seguidamente uma lista de dimensões de sementes de espécies referidas, de forma explícita ou não ao longo deste trabalho.

Só considerámos o comprimento e a largura das sementes, correspondendo o comprimento à maior dimensão linear da semente e a largura à maior dimensão linear perpendicular à primeira. Quando eram fornecidas três dimensões (O'Donovan e Sharma 1987 ou, com alguma frequência, Villax 1963) não se considerou a terceira dado o reduzido número de espécies para que tal informação estava disponível.

Sempre que o comprimento e largura das sementes era apresentado como intervalo (por exemplo *Achillea millefolium* com 1.7-2.5×0.7-0.9 mm em Delorit 1970) assumiu-se que o menor comprimento e a menor largura pertenciam à mesma semente o mesmo acontecendo naturalmente ao maior comprimento e largura. Assim, no exemplo referido assumiu-se que, segundo Delorit (1970), as sementes de *Achillea millefolium* teriam dimensões compreendidas entre 1.7×0.7 mm e 2.5×0.9 mm. Casos haverá em que esta opção poderá ter induzido em erro, tendo em conta medições que fizemos em *Chenopodium album* de que resultaram para a menor semente 0.95×0.95 mm e para a maior semente 1.35×0.6 mm.

Sempre que eram fornecidas dimensões e, para o mesmo autor, estavam disponíveis fotografias e/ou desenhos das sementes optámos pelas dimensões, a não ser que só uma dimensão fosse fornecida, caso em que a semente(s) fotografadas ou desenhadas foram medidas. Como exemplo, *Amaranthus albus* em Elmore (sd) referido como tendo sementes com 0.7-1 mm de largura, e considerado a partir da fotografia como tendo 1×1 mm. De notar que também nesta situação podem ocorrer, se não erros pelo menos contradições. É o caso de *Plantago major*, referido por Hawthorn (1974) como tendo sementes com comprimento entre 0.5-1 mm e em que da medição do desenho resultou 1.1×0.6 mm.

Quando só uma dimensão era fornecida sem qualquer indicação de ser comprimento ou largura (situação muito comum em Tutin *et al.* 1964, 1968, 1972, 1976, 1980) assumiu-se que se tratava de comprimento, a não ser que houvesse indicação explícita de se tratar de diâmetro ou que valores obtidos doutras fontes permitissem aceitar a semente como isodiamétrica, casos em que se considerou o comprimento e a largura como iguais.

Sempre que foram efectuadas medições (em desenhos, fotografias ou directamente em sementes) considerou-se só a semente de maior e menor volume. Essa selecção foi geralmente feita de forma visual e quando após medição subsistiam dúvidas considerou-se como tendo maior volume a semente em que o produto do comprimento pela largura fosse maior. Naturalmente quando só havia uma semente foi essa a única a ser medida.

Analogamente, para cada espécie só se apresentam as dimensões correspondentes ao

menor e maior volume, assumindo que o volume das sementes era igual ao de um elipsóide de revolução em torno do eixo definido pelo comprimento.

Consequentemente, sempre que para uma espécie havia uma ou mais referências com valores de comprimento e largura e referências só com comprimento, ignoraram-se as últimas excepto quando havia elementos suficientes para considerar que o comprimento e a largura eram ou podiam ser iguais. Naturalmente que nas espécies para as quais só encontramos referência de comprimento é esse o valor apresentado, ou no caso de haver mais de um é o menor e o maior.

Casos em que só um conjunto de comprimento e largura (ou só comprimento) é apresentado significam que só esses foram obtidos ou então que os restantes são idênticos, indicando-se como fonte desses valores a publicação mais antiga. Quando pares de valores de comprimento e largura ou de comprimento têm uma única referência significa que a fonte é a mesma; caso contrário surgem duas fontes sendo a primeira referente aos primeiros valores e a segunda aos segundos, indicando-se sempre se as dimensões consideradas resultavam ou não de medições realizadas pelo autor a partir de desenhos, fotografias ou directamente de sementes.

Além da indicação dos trabalhos em que as espécies listadas foram referidas e da fonte dos valores apresentados, indicam-se todas as fontes de informação consultadas sobre as dimensões das sementes de cada espécie. Casos houve, devidamente assinalados, em que se rejeitaram valores por serem demasiado grandes ou pequenos

Os nomes das espécies são os apresentados nos trabalhos referidos, independentemente da sua correcção, só se apresentando sinónimos (entre parêntesis) em duas situações, seguindo então a nomenclatura adoptada em Tutin *et al.* (1964, 1968, 1972, 1976, 1980).

A primeira quando o seu conhecimento foi indispensável para obtermos valores de dimensão de sementes. Caso de *Chamaemelum fuscatum* referido em Villarias (1986) exclusivamente por um sinónimo (*Anthemis praecox*). Em contrapartida em situações como a de *Agropyron repens*, cuja designação correcta segundo Tutin *et al.* (1980) é *Elymus repens*, em todas as fontes referenciadas para as dimensões das sementes surgia a primeira designação (e frequentemente ambas) pelo que não apresentamos o sinónimo.

A segunda quando a mesma espécie é referida por dois ou mais autores diferentes usando nomes diferentes, caso por exemplo de *Agrostis alba* (referida por Górski *et al.* 1978) cuja designação correcta segundo Tutin *et al.* (1980) é *Agrostis stolonifera* (referida por Thompson e Grime 1979 e por Thompson *et al.* 1994); nestes casos são apresentados as duas designações apresentando-se as dimensões para a designação correcta indicada entre parêntesis a seguir à incorrecta. Ainda no que diz respeito à sinonímia refiram-se os casos de *Capsella bursa-pastoris* e *Capsella rubella*, duas espécies segundo Tutin *et al.* (1964, 1993), uma única segundo Franco (1971) e Castroviejo *et al.* (1993b), embora para o primeiro a designação correcta seja *Capsella rubella* e para os segundos a designação correcta seja *Capsella bursa-pastoris*. Dada a aparente confusão existente resultante de

provavelmente poderem ser a mesma espécie (Tutin *et al.* 1964, 1993 referem a possibilidade de híbridos férteis) optámos por apresentar as duas designações e usar indiferentemente as dimensões das sementes para as duas espécies. Outro caso é o de *Gnaphalium luteum-album* e *Pseudognaphalium luteum-album* com Tutin *et al.* (1976) a considerarem o primeiro como correcto e Franco (1984) o segundo, tendo-se igualmente optado por considerá-las como duas espécies com as mesmas dimensões de sementes. Finalmente o caso de *Hypochoeris glabra* e *H. radicata*, que surgem com este nome em Tutin *et al.* (1976) enquanto Franco (1984) os ignora e só refere *Hypochoeris glabra* e *Hypochoeris radicata*, estes ignorados por Tutin *et al.* (1976).

Finalmente, tendo em conta que nem sempre as autoridades são indicadas nos trabalhos onde as diversas espécies são referidas optámos por nunca as indicar.

As fotografias de R.A. Carneiro ou do autor foram tiradas como descrito no § 2.1.4. Todas as sementes foram obtidas no decurso de MITRA1 ou pelo autor, com excepção das de *Gnaphalium luteo-album* e *Lythrum hyssopifolia* disponibilizadas pela Eng<sup>a</sup> A.F. Belo (Departamento de Biologia, Universidade de Évora), de *Phalaris minor* disponibilizadas pelo Professor M. Carvalho (Departamento de Fitotecnia, Universidade de Évora) e de *Trifolium repens* disponibilizadas pela Estação Nacional de Melhoramento de Plantas.

As sementes medidas directamente foram obtidas pelo autor ou disponibilizadas pela Eng<sup>a</sup> Agrícola A.F. Belo (*Briza minor*, *Papaver dubium* e *Phalaris brachystachis*), pelo Professor M. Carvalho (*Phalaris minor*), pela Estação Nacional de Melhoramento de Plantas (*Avena fatua*, *Avena sativa*, *Lolium perenne*, *Lolium rigidum*, *Medicago rugosa*, *Trifolium subterraneum* e *Vicia sativa*) e através do *Index Sporarum et Seminum* do Instituto Superior de Agronomia (*Chelidonium majus*, *Chenopodium album*, *Conium maculatum*, *Convolvulus arvensis*, *Dittrichia viscosa*, *Hedypnois cretica*, *Heliotropium europaeum*, *Hypericum perforatum*, *Plantago coronopus*, *Polygonum aviculare*, *Pulicaria paludosa*, *Raphanus raphanistrum*, *Rapistrum rugosum*, *Reseda luteola*, *Rumex bucephalophorus*, *Rumex crispus*, *Rumex obtusifolius*, *Sanguisorba minor*, *Senecio jacobea*, *Setaria verticillata*, *Silene gallica*, *Sinapis arvensis*, *Sonchus asper*, *Spergula arvensis* e *Teucrium scorodonia*).

Naturalmente que uma recolha desta natureza pode ser sempre melhorada. Apesar disso, parece-nos que as conclusões gerais obtidas a partir desta listagem dificilmente se alterarão.

As referências são apresentadas de forma numérica na lista de espécies e dimensões, apresentando-se no fim a correspondência entre os números e os autores. Todas as dimensões em mm.

D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub> Dimensões (comprimento×largura) correspondentes ao menor e ao maior volume.

C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub> Menor e maior comprimento.

<sup>d</sup> Dimensões obtidas de desenhos, <sup>f</sup> dimensões obtidas de fotografias, <sup>fd</sup> só o comprimento era fornecido, \* não utilizado por fornecer valores inconsistentes com os restantes.

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Abutilon theophrasti</i> 26,31,59,74,113,200	2x1	3.6x3.0	182,60f	2	3.6	4d,50	35
<i>Acalypha virginica</i> 31	1.3x1	1.5x1.2	60f	1.3	1.5	60f	
<i>Achillea millefolium</i> 20,155,157	1.4x0.5	2.5x0.9	60f,50	1.4	2.5	60f,50	4,175,180
<i>Aethusa cynapium</i> 7,8,20,42,97,139		2.4x2	125f	2.4	4	125f,169	
<i>Agropyron repens</i> 69,155	8x1.3	8.9x1.85	50,4d	4	9	89,50	89,189
<i>Agrostemma githago</i> 69	2.5x2	5x4.3	34,175f	2.5	5	34,175f	4,50,66,168
<i>Agrostis alba</i> 70 ( <i>A. stolonifera</i> )		2.25x0.4	147d		2.25	147d	
<i>Agrostis canina</i> 155		1.1x0.4	147d		1.1	147d	
<i>Agrostis capillaris</i> 86,157,158		1.1x0.3	203	0.8	1.1	203	
<i>Agrostis pourretii</i> 144,201	0.8x0.3	2x0.5	176d,147d	1.3	2	176d,147d	
<i>Agrostis stolonifera</i> 73,86,155,158	1.3x0.4						
<i>Agrostis tenuis</i> 107,115,155 ( <i>A. capillaris</i> )	2x0.7	4.5x2	35	2	4.5	35	39
<i>Alliaria petiolata</i> 157	2.8x1.8	3x2	204	2.8	3	204	
<i>Allium cepa</i> 85							
<i>Alopecurus agrestis</i> 7 ( <i>A. myosuroides</i> )		2x0.8	147d		2	147d	
<i>Alopecurus geniculatus</i> 155,160		2.6x1.4	175f		2.6	175f	
<i>Alopecurus myosuroides</i> 8,9,47,52,116,117,174		3.2x1.5	176d	2.5	3.2	147,176d	
<i>Alopecurus pratensis</i> 70,91				1	2	35	
<i>Alyssum maritimum</i> 69		1.7x1.5	50,4d	0.6	1.7	50,4d	34,60,66,168,175
<i>Amaranthus albus</i> 31,131,144,173,202	0.6x0.6	2x1.9	28,175f	1.2	2	28,175f	4,34,60
<i>Amaranthus blitoides</i> 6,27,28,29,32,94,144,173	1.2x1.2	1.4x1.4	34	0.9	1.4	34	
<i>Amaranthus cruentus</i> 173	0.9x0.9	2x1.4	34,50	1.1	2	34,50	175
<i>Amaranthus graecizans</i> 173	1.1x1.1	1.4x1.4	34	0.9	1.4	34	60,175
<i>Amaranthus hybridus</i> 31	0.9x0.9						
<i>Amaranthus lividus</i> 162		1.5x1.5	186,34	1	1	186,34	60
<i>Amaranthus powellii</i> 133	1x1						
<i>Amaranthus quitensis</i> 64 ( <i>A. hybridus</i> 34)		1.7x1.3	50,4d	1	1.7	50,4d	34,60,175,186
<i>Amaranthus retroflexus</i> 6,7,8,9,20,26,31,32,52,43,59,65,74,97,113,159,173,190,194,200,202	1x0.6						
<i>Amaranthus silvestris</i> 32 ( <i>A. graecizans</i> 34)	2x1.5	4x2.5	175f,50	2	4	175f,50	4,10,60,126
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> 74,200		0.4x0.3	60f		0.4	60f	
<i>Ammania coccinea</i> 173		7.1x3.8	60f	6.9	7.1	60f	
<i>Ampelamus albidus</i> 26	6.9x3.8	2.6x1.25	175f	2.5	2.6	175f	
<i>Anacyclus radiatus</i> 144	2.5x1	1.4x1	50,38	0.9	1.4	50,175f	89
<i>Anagallis arvensis</i> 6,7,20,29,49,64,73,94,97,100,131,144,158,173,174,198	0.9x0.6						
<i>Anagallis foemina</i> 100,174	1x0.8	1.5x1	38	1	1.5	38	

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Anagallis monelli</i> 144	1.1×0.7	1.5×1.2	38	1.1	1.5	38	
<i>Anchusa italica</i> 144	7×2	10×3	170	7	10	170	67,175
<i>Andryala laxiflora</i> 144				1.5	2.5	171	67
<i>Angelica sylvestris</i> 155				4	5	169	66
<i>Anoda cristata</i> 59,150	3.5×3.25	4.25×3.5	60f	3.5	4.25	60f	
<i>Anthemis arvensis</i> 144	1.5×0.6	2.5×1.5	175f,171	1.5	2.5	171	50
<i>Anthemis cotula</i> 94	1.2×0.7	1.8×1	60f,50	1.2	1.8	60f,171	4,67
<i>Anthlis vulneraria</i> 157,176		2.2×1.8	176		2.2	176	
<i>Anthoxanthum odoratum</i> 86,155,157		2×1.2	176		2	176	147
<i>Anthriscus sylvestris</i> 86,157					7	169	66
<i>Apera spica-venti</i> 69		2.1×0.25	184d		2.1	184d	
<i>Apium graveolens</i> 94				1.5	2	169	66
<i>Apium nodiflorum</i> 173				1.5	2	169	66
<i>Apocynum cannabinum</i> 26	4.2×0.6	6.0×1.0	4d,50	4.2	6.0	4d,50	60
<i>Arabidopsis thaliana</i> 69,86,137,142,144,157,198	0.4×0.3	0.5×0.4	35	0.4	0.5	35	
<i>Arabis albidia</i> 69 ( <i>A. alpina</i> 35)							
<i>Arabis alpina</i> 69	1.1×1	1.6×1.1	35	1.1	1.6	35	
<i>Arabis bellidifolia</i> 69	1.5×1	1.6×1	35	1.5	1.6	35	
<i>Arabis hirsuta</i> 69	1×0.6	1.5×0.8	35	0.9	1.5	168,35	66
<i>Arabis jacquini</i> 69	1.5×1	1.6×1	35	1.5	1.6	35	
<i>Arabis pieninica</i> 70 ( <i>A. alpina</i> )							
<i>Arachis hypogea</i> 176	5.5×3.5	5.5×4	176d				
<i>Arctium lapa</i> 70		1.1×0.9	34d	5	7	176d	76
<i>Arenaria grandiflora</i> 69					1.1	34d	
<i>Arenaria serpyllifolia</i> 97,136,157				0.45	0.7	168	34,66
<i>Arrhenatherum elatius</i> 83,86,155,157	5.7×1.5	6.1×1.5	175f	5	6.1	147,175f	
<i>Artemisia absinthium</i> 69	0.8×0.4	1.2×0.6	105	0.8	1.2	105	
<i>Artemisia vulgaris</i> 69	2×0.8	2.2×0.8	4d	2	2.2	4d	
<i>Arum maculatum</i> 157		4.5×4.5	147		4.5	147	
<i>Asclepias syriaca</i> 26,108	6.5×3.75	10×5.5	60f,50	6	10	4,50	21*
<i>Asclepias verticillata</i> 108	5×3	7×4	50,4d	5	7	50,4d	
<i>Atriplex patula</i> 42,97,174	1.5×1.5	3.5×3.5	34,14	1.5	3.5	34,14	175
<i>Atriplex prostrata</i> 144,173				1.5	2.5	14	
<i>Avena barbata</i> 29,144,173				4	5	147	
<i>Avena fatua</i> 8,8,69,90,97,103,110,117,129,130,191,192,193,199	8.6×1.4	14×5.5	148d,50	6	14	89,50	4,204
<i>Avena sativa</i> 69,86,176,195	7.6×2.35	10.3×2.65	204	7.6	12	204,172	

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Avena sterilis</i> 5,29,121,144	8.8x1.4	9.2x1.8	204	8.8	9.2	204	
<i>Bellardia trixago</i> 144				0.5	0.7	203,170	170
<i>Bellis perennis</i> 107		0.5x0.3	203	1	1.5	67	66
<i>Berula erecta</i> 155				1.5	2	169	
<i>Beta vulgaris</i> 29,69,85,173,176	1.5x1.3	1.7x1.5	203,176d	1.5	1.7	203,176d	
<i>Bidens bipinnata</i> 96	8.5x0.5	13x1.3	50,4d	8	18	171	
<i>Bidens cernuus</i> 70				6	8	171	
<i>Bidens tripartita</i> 198				5	6	171	67
<i>Brassica campestris</i> 159,176 ( <i>B. rapa</i> )	1x1	2x2	176	1	2	176	60
<i>Brassica kaber</i> 178	1.3x1.3	1.7x1.7	50	1.3	1.7	50	4,60
<i>Brassica napus</i> 111,176	1.2x1.2	1.8x1.8	35	1.2	1.8	35	
<i>Brassica oleracea</i> 69,85,86,176	1.5x1.5	2.3x2.3	35	1.5	2.3	35	
<i>Brassica tournefortii</i> 95,96,98	1.2x1.2	1.6x1.6	35	1.2	1.6	35	
<i>Briza minor</i> 144	2x0.9	1.9x1.1	204	1.9	2	204	
<i>Bromus diandrus</i> 29		8x2	80d		8	80d	
<i>Bromus erectus</i> 86,155,157		8.3x1.9	176d		8.3	176d	
<i>Bromus mollis</i> 103	6.8x1.6	7.7x1.7	203	6.8	7.7	203	60
<i>Bromus secalinus</i> 69	4.3x1.3	8x2	4d,50	4.3	8	4d,50	
<i>Bromus sterilis</i> 117		4x1.3	80d		1.3	80d	
<i>Bylderdykia convolvulus</i> 6 ( <i>Polygonum convolvulus</i> )							
<i>Calendula arvensis</i> 29		13.9x2.5	175f	0.6	13.9	171,175f	
<i>Calliriche stagnalis</i> 173	1.8x1.75	2.75x2.6	170	1.8	2.75	170	
<i>Calliriche truncata</i> 173	1.3x1	1.6x1.2	170	1.3	1.6	170	67
<i>Calluna vulgaris</i> 115,155				0.5	0.7	35	
<i>Capsella bursa-pastoris</i> 7,8,20,32,49,63,77,94,97,131,137,140,141,142,159,157,158,194,198	0.9x0.4	1.2x0.6	50	0.9	1.2	50	4,35,60,89,175,203
<i>Capsella rubella</i> 144,173,201 ( <i>C. bursa-pastoris</i> 66)	0.9x0.4	1.2x0.6	50	0.9	1.2	50	4,35,60,89,175,203
<i>Cardamine hirsuta</i> 6,136,157	0.9x0.7	1.5x1.1	168,35	0.9	1.5	168,35	
<i>Cardamine leucantha</i> 162					0.9	162	
<i>Cardamine pratensis</i> 155	1.2x1	1.8x1.2	35	1.2	1.8	35	
<i>Cardaria draba</i> 173	1.1x0.8	2.2x1.5	4d,50	1.5	2.2	66,50	35,60,119,175
<i>Carduus acanthoides</i> 64				2.5	3	51	
<i>Carduus nutans</i> 26		5.4x1.4	60f	3.5	5.4	51,60f	171
<i>Carduus pycnocephalus</i> 103				4	5	171	



ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Carlina racemosa</i> <sup>144</sup>					2	171	67
<i>Carlina vulgaris</i> <sup>157</sup>				3	4	171	
<i>Cassia obtusifolia</i> <sup>59</sup>	4x2.2	4.8x2.2	60f	4	2.2	60f	
<i>Cenchrus ciliaris</i> <sup>95,96,98,176</sup>	1.4x1	2x1	79,176	1.4	2	79,176	
<i>Centaurea cyanus</i> <sup>69</sup>	3x1.5	3.8x2	60	3	4	60,171	67,175
<i>Centaurea kotschyana</i> <sup>70</sup>				4	5	171	
<i>Centaurea nigra</i> <sup>135,155</sup>				4	3	171	67
<i>Centaurea oxylepis</i> <sup>70</sup>				3	3	171	
<i>Centaurea scabiosa</i> <sup>86,157</sup>				4	5.5	171	
<i>Centaurea arvensis</i> <sup>41,69</sup>		0.8x0.7	4d	0.8	1.1	4d,34	168
<i>Cerastium fontanum</i> <sup>86,155,157,158 (C. vulgatum)</sup>	0.4x0.4	1.2x1.2	168fd	0.4	1.2	168	4,34,50,60,66
<i>Cerastium glomeratum</i> <sup>94,144,173,201,202</sup>	0.45x0.4	0.8x0.7	203,175f	0.4	0.8	168,175f	34,66,168
<i>Cerastium holosteoides</i> <sup>73 (C. fontanum)</sup>				1.2	1.5	168	34
<i>Cerastium perfoliatum</i> <sup>25</sup>							
<i>Cerastium vulgatum</i> <sup>69 (C. fontanum)</sup>							
<i>Cerastium triviale</i> <sup>131 (C. fontanum)</sup>							
<i>Chaenorrhinum minus</i> <sup>7,198</sup>				0.5	1	170	67
<i>Chaerophyllum temulentum</i> <sup>157</sup>				4	7	66	
<i>Chamaemelum fuscum</i> <sup>144,173 (Anthemis praecox)</sup>	1.25x0.6	1.8x1	175f,28	1	1.8	171,28	67
<i>Chamaemelum mixtum</i> <sup>144 (Anthemis mixta)</sup>	2x1	2.5x1.1	175f	1	2.5	171,175f	67
<i>Chamaenerium angustifolium</i> <sup>86,155 (Epilobium angustifolium)</sup>				0.8	1.3	99,169	
<i>Chelidonium majus</i> <sup>69</sup>	2x1.5	4x3	35	2	4	35	168
<i>Chenopodium album</i> <sup>6,7,8,20,29,31,32,42,49,64,65,69,74,77,78,86,94,97,100,113,115,131,133,140,141,144,159,157,158,160,162,173,174,177,194,198,200,201,202</sup>	1.1x0.65	2.2x1.4	204,33d	1.1	2.2	204,33d	175
	0.9x0.8	2x2	203,89	0.9	2	203,89	4,11,17,28,34,50,60,62,66,125,162,168,175,204
<i>Chenopodium murale</i> <sup>29,144</sup>	1.2x1.2	1.5x1.5	168	1.2	1.5	168	66,175
<i>Chenopodium opulifolium</i> <sup>29,144</sup>	1.1x1.1	2.5x2.5	168,66fd	1.1	2.5	168,66	28,34
<i>Chenopodium polyspermum</i> <sup>6,20</sup>	0.8x0.8	1.25x1.25	168	0.8	1.25	168	34,66
<i>Chenopodium urticum</i> <sup>173</sup>	0.9x0.9	1.3x1.3	168	0.9	1.3	168	34,66
<i>Chloris gayana</i> <sup>176</sup>	1.5x0.6	2x0.6	176	1.5	2	176	
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> <sup>73,135</sup>	1.5x0.6	4.5x2.5	50,4d	2	4.5	50,4d	127
<i>Chrysanthemum segetum</i> <sup>27,28,42,144</sup>	2.5x1	2.5x2	28	2.5	1	6	
<i>Cicer arietinum</i> <sup>176</sup>	7.9x7.5	8.3x8.3	176d	7.9	8.3	176d	
<i>Cichorium endivia</i> <sup>144 (como C. intybus)</sup>	2.4x1.2	3x1.5	175f,176	2	3	176	4,60,67,171
<i>Cichorium intybus</i> <sup>176</sup>							

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Circaea lutetiana</i> <sup>86</sup>	3x2	4x2.5	169	3	4	169	66
<i>Cirsium arvense</i> <sup>97,131</sup>	2.5x0.8	5x1.7	50,4d	2.4	5	175f,4d	60,114
<i>Cirsium oleraceum</i> <sup>70</sup>				4	5.5	171	
<i>Cirsium palustre</i> <sup>70,155</sup>				3	4	171	67
<i>Cirsium vulgare</i> <sup>73</sup>				3.5	5	171	4
<i>Citrullus lanatus</i> <sup>96,176</sup> ( <i>Colocynthis citrullus</i> )	3.2x1.2	4x1.7	60f,50	10	13	176,203	60
	10x6	13x8	176,203	2	2	171	67
<i>Coleostephus myconis</i> <sup>144</sup>	2.5x1.5	3.5x2.2	50	2.5	3.5	169	60,66,204
<i>Conium maculatum</i> <sup>157</sup>	2.85x2.05	4.25x3.6	204	2.7	5	175f,89	4,50,60,62,187
<i>Convolvulus arvensis</i> <sup>6,29,94,97,131,157,173,174</sup>				1	1.3	67	
<i>Coryza albida</i> <sup>100,174</sup>				1.5	5	175f,67	
<i>Coryza bonariensis</i> <sup>29,144</sup> ( <i>Erigeron crispum</i> )	1.6x0.2	1.5x0.3	175f	1	1.6	67,4d	
<i>Coryza canadensis</i> <sup>144,173,198</sup>	1.6x0.5	1.2x0.8	4d,60f	1	1.9	60,175f	35
<i>Coronopus didymus</i> <sup>64,133,157,158</sup>	1.9x1.6	1.8x1.7	175f	1	1.5	168	66
<i>Corrigiola litoralis</i> <sup>25,173</sup>	1.1x0.8	1.25x1	34	1	1.75	175f,171	67
<i>Cotula coronopifolia</i> <sup>173</sup>		1x0.5	175f	1	2.5	171	67
<i>Crepis capillaris</i> <sup>73,144,201</sup>	1.6x0.4	1.65x0.4	203	1.4	5	171	
<i>Crepis setosa</i> <sup>131</sup>	3.25x0.3	5x0.6	171	3.25	7	176	
<i>Crotalaria juncea</i> <sup>176</sup>	5x4	7x5	176	5	8	171	
<i>Cynara tournefortii</i> <sup>144</sup>	7x3	8x4	171	7	2.5	60f,175f	4,62,89,176
<i>Cynodon dactylon</i> <sup>96,115,131,144,151,202</sup>	1.1x0.6	2.5x0.75	60f,175f	1.1	1.8	172,120	60,62,89
<i>Cyperus esculentus</i> <sup>173</sup>	1.1x0.5	1.4x0.8	50,4d	1	1.25	60f	
<i>Cyperus iria</i> <sup>151</sup>	1.15x0.65	1.25x0.85	60f	0.7	2.25	172	
<i>Cyperus longus</i> <sup>173</sup>	0.95x0.5	1.5x0.8	175f,89	0.95	1.5	175f,89	4,60,62
<i>Cyperus rotundus</i> <sup>94,173</sup>				3	5	176	175
<i>Dactylis glomerata</i> <sup>45,86,91,107,155,157</sup>	3x0.8	5x1.2	176	3	4	50,188	4,28,50,60,175
<i>Datura stramonium</i> <sup>6,27,28,115,173</sup>	3x2	4x3	188	2	4	176,169	50,60,66,175
<i>Daucus carota</i> <sup>69,85,108,131,135,157,176</sup>	2x1	4x2	176,48	0.8	1.3	168,175f	18,36,60,66
<i>Descurainia sophia</i> <sup>25,97</sup> ( <i>Sisymbrium sophia</i> )	0.9x0.5	1.3x0.6	175f	1.5	2	172	
<i>Desmazeria rigida</i> <sup>144,157</sup>				2.3	2.6	60f	
<i>Desmodium tortuosum</i> <sup>59</sup>	2.3x1.7	2.6x1.7	60f	2	3.5	89,50	60,62
<i>Digitaria sanguinalis</i> <sup>6,26,32,59,64,115,131,144,173,198</sup>	2.1x0.9	3.5x1.1	175f,50	0.7	0.9	28,35	203
<i>Diplotaxis catholica</i> <sup>144,173,201,202</sup>	0.8x0.5	0.8x0.8	35,28	0.95	1.2	175f	
<i>Diplotaxis erucoides</i> <sup>32,94</sup>	1x0.6	1.2x0.9	35	1.9	2.15	204	67
<i>Dittrichia viscosa</i> <sup>144</sup>	2.15x0.2	1.9x0.4	204	1	38		
<i>Drosera rotundifolia</i> <sup>157</sup>							

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Echinochloa colonum</i> <sup>32,64</sup>	2.5x1.25	2.75x1.6	175f	2.3	3	60f,62	
<i>Echinochloa crus-galli</i> <sup>6,20,59,74,100,115,144,159,173,174,190,194,198 (Panicum crus-galli)</sup>	2x0.7	3.5x2.4	104d,50	2	4.2	104d,4d	60,62,89,147,175
<i>Echium plantagineum</i> <sup>132,144,173</sup>							
<i>Eclipta prostrata</i> <sup>173</sup>	2.5x0.9	2.7x1.45	175f, 60f,89d	2.25	2.7	60f,89d	
<i>Ehrharta calycina</i> <sup>176</sup>		3x1	176		3	176	
<i>Eleusine indica</i> <sup>59,151</sup>	0.9x0.6	1.5x1.1	4d,50	0.9	2.5	4d,60f	62,172
<i>Epilobium hirsutum</i> <sup>86,155,157</sup>				1	1.5	169	66
<i>Epilobium montanum</i> <sup>70,86</sup>				1	1	169	66
<i>Epilobium obscurum</i> <sup>86</sup>				1	1	66	
<i>Epilobium parviflorum</i> <sup>86</sup>							
<i>Epilobium atrovirens</i> <sup>176</sup>	0.6x0.3	0.8x0.4	176	0.6	0.8	176	
<i>Eragrostis barrelieri</i> <sup>96</sup>				1.5	1.7	80	
<i>Eragrostis cilianensis</i> <sup>194</sup>	0.6x0.4	0.9x0.9	50	0.6	0.9	50	
<i>Eragrostis curvula</i> <sup>176</sup>	1x0.3	1.5x0.6	176	1	1.5	176	80
<i>Eragrostis lehmanniana</i> <sup>176</sup>		0.5x0.3	176		0.5	176	
<i>Eragrostis pilosa</i> <sup>173</sup>					0.8	172	
<i>Eragrostis tef</i> <sup>86</sup>		1x0.6	176		1.25	172	
<i>Eragrostis trichodes</i> <sup>176</sup>					1	176	
<i>Erica tetralix</i> <sup>115</sup>					0.4	35	
<i>Erigeron acer</i> <sup>149</sup>					1.98	149	
<i>Erigeron bonariensis</i> <sup>94 (Conyza bonariensis)</sup>							
<i>Erigeron canadensis</i> <sup>69,115,131,157 (Conyza canadensis)</sup>	3x0.7	5.5x2	50,60f	3	7	50,66	175,203
<i>Erodium cicutarium</i> <sup>103,136</sup>					5	169	
<i>Erodium malacoides</i> <sup>29</sup>					6	169	
<i>Erodium moschatum</i> <sup>29,144</sup>					0.6	168,35	66
<i>Erophila verna</i> <sup>136,157</sup>	0.4x0.3	0.6x0.3	35	0.3	0.6	168,35	
<i>Eschscholzia californica</i> <sup>69</sup>		2.1x2	33d		2.1	33d	
<i>Eupatorium cannabinum</i> <sup>144</sup>					3	171	67
<i>Euphorbia chamaesyce</i> <sup>32</sup>	1.2x0.7	1.3x0.7	175f	1.2	1.3	169,175f	
<i>Euphorbia exigua</i> <sup>7,8,49,52,73,97,100,144,173,174</sup>	0.7x0.5	1.7x0.9	37	0.7	1.7	37	66
<i>Euphorbia falcata</i> <sup>174</sup>	0.2x0.2	0.5x0.5	37	0.2	0.2	37	66,169
<i>Euphorbia helioscopia</i> <sup>6,29,32,94,97,140,141</sup>	0.8x0.4	1x0.5	37	0.4	0.5	37	
<i>Euphorbia nutans</i> <sup>32</sup>	1.1x0.6	1.5x0.9	175f	1.1	1.3	169,175f	66,169,175*
<i>Euphorbia peplus</i> <sup>97</sup>	0.2x0.2	0.8x0.6	37	0.2	1.4	37,66	60,66
<i>Euphorbia pubescens</i> <sup>173</sup>		0.7x0.3	37	0.7	2.5	37,169	66

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Euphorbia supina</i> <sup>59</sup> ( <i>E. maculata</i> )	0.8x0.4	1.2x0.8	37,4d	0.8	1.2	169,4d	60
<i>Fallopia convolvulus</i> <sup>49</sup> ( <i>Polygonum convolvulus</i> <sup>34</sup> )	3.25x1.38	3.25x1.5	176d		3.25	176d	
<i>Festuca arundinacea</i> <sup>31,45,176</sup>	3.25x1.5	3.25x1.5	176d		3.25	176d	
<i>Festuca pratensis</i> <sup>70,91,97,107,176</sup>	4x0.8	8x1.2	176	4	8	176	
<i>Festuca rubra</i> <sup>86</sup>					2	169	66
<i>Filipendula ulmaria</i> <sup>157</sup>	0.75x0.6	1.3x1	172,89d	0.75	1.3	172,89d	
<i>Fimbristylis dichotoma</i> <sup>96</sup>	5.4x1.6	5.75x1.9	175f	4	10.5	66	
<i>Foeniculum vulgare</i> <sup>157</sup>	2x2	2.5x2.5	168	2	2.5	168	33,66
<i>Fumaria bastardii</i> <sup>173</sup>	2x2	2.5x2.5	168	2	2.5	168	33
<i>Fumaria capreolata</i> <sup>29</sup>	1.55x1.25	3x2.5	109f,66	1.55	3	109f,168	33,175
<i>Fumaria officinalis</i> <sup>20,42,63,97,140,141,144,160</sup>							
<i>Galactites tomentosa</i> <sup>144</sup>	3x1	5x1.5	171	3	5	171	67
<i>Galega officinalis</i> <sup>176</sup>	4x2	5x2.5	176	4	5	176	
<i>Galeopsis tetrahit</i> <sup>20,97,111,157</sup>	2.5x1.5	3x2.3	50,124	2.5	3.2	50	4
<i>Galinopsia ciliata</i> <sup>145</sup>	0.9x0.2	1.8x0.8	109f,183	0.9	1.8	109f,183	60
<i>Galinopsia parviflora</i> <sup>69</sup>	1.5x0.5	2.4x1	183,4d	1	2.5	171,183	67,89,175
<i>Galinopsia quadriradiata</i> <sup>70</sup> ( <i>G. ciliata</i> )							
<i>Galium aparine</i> <sup>6,8,47,52,86,97,103,111,117,157</sup>	2x2	4x4	50,102	2	5	50,171	4,60,67,89,175
<i>Galium divaricatum</i> <sup>144</sup>				0.5	0.7	171	67
<i>Galium palustre</i> <sup>86,155</sup>				2	3	171	67
<i>Galium parisiense</i> <sup>144</sup>	0.5x0.5	1x1	67,171fd	0.5	1	67,171	
<i>Galium saxatile</i> <sup>86,155,157</sup>				1	1.6	171	67
<i>Galium tricornerutum</i> <sup>25</sup> ( <i>G. tricornne</i> )		3.6x3.5	175f	3	5	171	67
<i>Galium verum</i> <sup>86</sup>				1	1.5	171	67
<i>Gamochaeta calviceps</i> <sup>144</sup>				0.4	0.9	171	
<i>Gaudinia fragilis</i> <sup>144</sup>		2.5x0.5	172		2.5	172	
<i>Geranium dissectum</i> <sup>29,103,144</sup>	1.6x1.3	2x1.45	60f	1.6	2	60f	
<i>Geranium molle</i> <sup>136</sup>	2.1x1.5	2.2x1.5	175f	2.1	2.2	175f	
<i>Glyceria fluitans</i> <sup>176</sup>					3	147	
<i>Glycine hispida</i> <sup>176</sup>	5x4	10x8	176	5	11	176,169	
<i>Glycine javanica</i> <sup>176</sup>		3x2	176		3	176	
<i>Gnaphalium luteo-album</i> <sup>173</sup> ( <i>Pseudognaphalium luteo-album</i> <sup>67</sup> )	0.5x0.2	0.5x0.25	203	0.5	0.5	171	67
<i>Gnaphalium uliginosum</i> <sup>157,158</sup>					0.5	171	67
<i>Gypsophila elegans</i> <sup>69</sup>	1x0.8	1.2x1	34	1	1.2	34	

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Halogeton glomeratus</i> <sup>143</sup>		2.2×1.7	4d		2.2	4d	
<i>Hedypnois cretica</i> <sup>144</sup>	6.15×0.45	7.8×1.2	204	5	7.8	171,204	67
<i>Hedysarum coronarium</i> <sup>6,176</sup>	5.6×5	6.7×5	175f	5.6	6.7	175f	
<i>Helianthemum chamaecistus</i> <sup>155 (H. nummularium)</sup>					1.5	36	
<i>Helianthemum nummularium</i> <sup>157</sup>	5×2.2	14×8	60,176	5	15	171	4,50
<i>Helianthus annuus</i> <sup>26,86,115,176,194</sup>				5	6	147	
<i>Helictotrichon pubescens</i> <sup>155</sup>	1.4×0.95	4.6×3.7	204,175f	1.4	4.6	204,175f	
<i>Heliotropium europaeum</i> <sup>6,25,144,173</sup>	2.7×0.8	3.9×1.1	33d	2.7	3.9	33d	
<i>Hepatica nobilis</i> <sup>108</sup>	7×6	10×8	169	7	10	169	66
<i>Heracleum sphondylium</i> <sup>155,157</sup>		0.6×0.5	34d	0.6	1.25	34d,66	
<i>Herniaria scabrida</i> <sup>144</sup>				2	3	170	66
<i>Hippuris vulgaris</i> <sup>86</sup>		1×0.8	35d		1	35d	
<i>Hirschfeldia incana</i> <sup>144</sup>	1.85×0.6	2.2×0.7	176d,156d	1.85	2.2	176d,156d	147
<i>Holcus lanatus</i> <sup>73,86,91,144,155,157,158</sup>	2.8×1	3×1	4d	2.8	3	4d	
<i>Holcus mollis</i> <sup>155</sup>		10.2×2.7	176d		10.2	176d	
<i>Hordeum bulbosum</i> <sup>176</sup>	7×3.5	10.4×4	147d,176d	7	10.4	147d,176d	
<i>Hordeum distichon</i> <sup>97</sup>		3.4×1.2	4d		3.4	4d	
<i>Hordeum jubatum</i> <sup>69</sup>		10×1.7	80d		10	80d	
<i>Hordeum murinum</i> <sup>29</sup>		12×4	176		12	176	
<i>Hordeum vulgare</i> <sup>12,86,129,176,195</sup>	8×3	4×1.25	176d	8	3.75	4	176d
<i>Hyparrhenia hirta</i> <sup>176</sup>	3.75×1.25	2.1×1.3	33d	3.75	4	33d	147
<i>Hypocoum imberbe</i> <sup>25</sup>				0.9	1	36	
<i>Hypericum hirsutum</i> <sup>86</sup>				0.7	1.3	204,50	4,36,46,60
<i>Hypericum perforatum</i> <sup>30,70,73,94,135,158</sup>	0.7×0.25	1.3×0.5	204,50	0.7	1.3	204,50	67
<i>Hypochoeris glabra</i> <sup>103,144 (Hypochoeris glabra<sup>67</sup>)</sup>				2.5	8.5	171	67
<i>Hypochoeris radicata</i> <sup>70 (Hypochoeris radicata<sup>67</sup>)</sup>	4.5×0.5	7.7×0.6	50,127d	3.4	17	1,171	67
<i>Ipomoea hederacea</i> <sup>70,71</sup>				2.4	6	4d,50	60
<i>Ipomoea lacunosa</i> <sup>59,71</sup>	2.4×1.8	6×4	4d,50	2.4	6	4d,50	
<i>Ipomoea purpurea</i> <sup>70</sup>	5×5	6×5	60	5	6	60	4
<i>Ipomoea turbinata</i> <sup>59</sup>	4.9×2.6	5.7×4	60f,50	4.7	5.7	50	
<i>Iris pseudacorus</i> <sup>86</sup>	10×7	11.5×8	60f	10	11.5	60f	
				6	8	68	
<i>Jacquemontia tamnifolia</i> <sup>58</sup>		3×2	60		3	60	
<i>Jasione montana</i> <sup>144,201</sup>	0.6×0.3	0.7×0.3	203	0.6	0.7	203	
<i>Juncus articulatus</i> <sup>70,94,155</sup>				0.5	0.6	172	81

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Juncus bufonius</i> 20,25,70,115,131,133,144,158,173,174,201,202	0.3×0.2	0.45×0.3	175f	0.3	0.55	175f,172	81,203
<i>Juncus effusus</i> 155,157					0.5	172	81
<i>Juncus inflexus</i> 155					0.5	172	81
<i>Juncus squarrosus</i> 70				0.6	0.8	172	
<i>Kickxia lanigera</i> 144					0.75	170	67
<i>Kickxia spuria</i> 6,7,8,20,94,100,144,173,174 ( <i>Linaria spuria</i> )	0.7×0.6	0.9×0.65	175f	0.7	1.25	175f,170	67
<i>Kochia scoparia</i> 26,94,194,201	1×0.8	2.5×1.5	175f,60f	1	2.5	175f,60f	4,50
<i>Lactuca scariola</i> 69,94,97 ( <i>L. scariola</i> )	2.75×0.5	4×1.5	175f,60	2.75	8	175f,171	4,67
<i>Lamium amplexicaule</i> 25,29,31,32,64,94,97,144,151,173	1.6×0.75	2.7×1.3	60f,175f	1.6	2.7	60f,175f	4
<i>Lamium purpureum</i> 6,20,111,160,198	1.6×1	1.9×1	60f	1.6	1.9	35f	
<i>Lapsana communis</i> 8,70,158				2.5	9	171	67
<i>Lathyrus cicera</i> 176		6.7×5.6	176d		6.7	176d	
<i>Lathyrus climentum</i> 176		5×4	176		5	176	
<i>Lathyrus ochrus</i> 176	4×4	6×6	176	4	6	176	175
<i>Lathyrus sativus</i> 176	6×2	8×4	176	6	8	176	
<i>Lavatera cretica</i> 29				7	11	169	35
<i>Lavatera trimestris</i> 144	2.6×2	2.8×2.4	175f	2.6	2.8	175f	
<i>Leontodon autumnalis</i> 69,149				3.5	7	171	67,149
<i>Leontodon hispidus</i> 69,86,157				5	8	171	67
<i>Lepidium sativum</i> 69	2×1	3×1.5	35	2	3	35	
<i>Lepidium virginicum</i> 131	1×0.6	1.9×1	4d,60f	1	1.9	4d,60f	36,50
<i>Lespedeza cuneata</i> 176	1.8×1.3	2.5×1.5	176d	1.8	2.5	176d	
<i>Linaria minor</i> 20				0.5	1	67	
<i>Linaria purpurea</i> 157				1	1.3	170	
<i>Linaria spartea</i> 144,201	0.9×0.5	0.75×0.6	203	0.6	0.9	170,203	67
<i>Lithospermum arvense</i> 97	2.6×1.7	3.7×2.6	50	2.6	3.7	50	4,60,175
<i>Logfia gallica</i> 144,173	0.6×0.25	0.9×0.4	171	0.6	0.9	171	67
<i>Lolium multiflorum</i> 70,103,144,176	5×1.5	8×2	176	5	5.6	176,60f	175
<i>Lolium perenne</i> 45,53,70,73,86,91,107,131,144,155,157	3.75×0.65	8×2	204,176	3.75	8	204,176	147
<i>Lolium rigidum</i> 25,94,144,173	4.4×1.1	7.9×1.8	204	4.4	7.9	204	
<i>Lotus arenarius</i> 176	1×1	1.5×1.5	176	1	1.5	176	
<i>Lotus corniculatus</i> 86,91,155,157,176	1×1	1.7×1.4	176,175f	1	1.7	176,175f	165
<i>Lotus creticus</i> 176	1×1	2×2	176	1	2	176	
<i>Lotus maroccanus</i> 176	0.8×0.8	1.2×1.2	176	0.8	1.2	176	

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Lotus pedunculatus</i> <sup>176</sup>	0.8×0.8	1×1	176	0.8	1	176	
<i>Lotus tenuis</i> <sup>173 (L. corniculatus)</sup>							66
<i>Lupinus albus</i> <sup>176</sup>	11×3	13×5	176	8	14	169	
<i>Lupinus angustifolius</i> <sup>176</sup>	4.5×3	10×7	66,176	4.5	10	66,176	
<i>Lupinus luteus</i> <sup>176</sup>	6×4.5	8×6.5	169,176	6	8	169,176	66,175
<i>Lupinus polyphyllus</i> <sup>70</sup>							
<i>Lythrum hyssopifolia</i> <sup>6,144,173</sup>	0.9×0.6	203		0.9	203		
<i>Lythrum junceum</i> <sup>144,173</sup>	3.9×1.1	4.4×2.4	175f	3.9	4.4	175f	
<i>Lythrum salicaria</i> <sup>86,94</sup>	0.4×0.2	101		0.4	101		
<i>Malcolmia africana</i> <sup>6</sup>	1×0.7	1.7×0.9	36,175f	1	1.7	36,175f	
<i>Malva hispanica</i> <sup>144</sup>	2×2	2.5×2.5	36	2	2.5	36	
<i>Malva parviflora</i> <sup>144</sup>	2×2	2.5×2	36	2	2.5	36	
<i>Matricaria chamomilla</i> <sup>20</sup>							67
<i>Matricaria discoidea</i> <sup>158 (Chamomilla suaveolens)</sup>	1.35×0.5	1.6×0.6	60f	1.2	1.6	171,60f	67
<i>Matricaria inodora</i> <sup>69,78 (M. perforata)</sup>	1.35×0.5	1.6×0.6	60f	1.2	1.6	171,60f	
<i>Matricaria matricarioides</i> <sup>63,140,141,157</sup>	1.3×0.5	2.2×1.1	171	1.3	2.2	171	196
<i>Matricaria perforata</i> <sup>160</sup>							67
<i>Matricaria recutita</i> <sup>42,198</sup>							
<i>Matthiola incana</i> <sup>69</sup>	2.8×2.2	3.2×3	35	2.8	3.2	35	
<i>Medicago hispida</i> <sup>32 (M. polymorpha)</sup>							
<i>Medicago littoralis</i> <sup>45</sup>							
<i>Medicago lupulina</i> <sup>73,91,131,135,140,141,157,173,176</sup>	2×0.8	2.5×1.5	123	2.5	2.5	123	
<i>Medicago nigra</i> <sup>29,144 (M. polymorpha)</sup>							164,176
<i>Medicago polymorpha</i> <sup>103</sup>	2.8×1.6	3.3×1.6	176d	2.8	3.3	176d	
<i>Medicago rugosa</i> <sup>45,53</sup>	2.5×1.5	3.55×2.95	123,204	2.5	3.55	123,204	
<i>Medicago sativa</i> <sup>45,91,161,176</sup>	2×1.2	6.3×3.3	176,175f	2	6.3	176,175f	123
<i>Melandrium album</i> <sup>69 (Silene alba)</sup>							
<i>Melandrium noctiflorum</i> <sup>97</sup>		0.8×0.6	109		0.8	109	
<i>Melandrium rubrum</i> <sup>69 (Silene dioica)</sup>							
<i>Melilotus albus</i> <sup>70,176</sup>	2×1	2.5×1.5	176	2	2.5	176	154,166
<i>Melilotus altissima</i> <sup>157</sup>							
<i>Melilotus indica</i> <sup>144,176</sup>	1.2×1	2×2	176,154	1.2	2.3	176,175f	154
<i>Melilotus italicus</i> <sup>176</sup>	2.5×2.5	4.3×3.4	176,154d	2.5	4.3	176,154d	
<i>Melilotus parviflora</i> <sup>32 (M. indica)</sup>							
<i>Melilotus segetalis</i> <sup>173</sup>	1.8×1.3	176d		1.8		176d	

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Melilotus sulcatus</i> 176	2x2	5.4x3.7	176,154d	2	5.4	176,154d	
<i>Melinis minutiflora</i> 176	1x0.3	1.2x0.5	176	1	1.2	176	67
<i>Menha pulegium</i> 144				0.57	0.75	170	67
<i>Menha suaveolens</i> 144,173	2.3x1.7	2.6x1.8	175f	2	2.6	169,175f	66
<i>Mercurialis annua</i> 20,29,174,198				3	3.5	169	66
<i>Mercurialis perennis</i> 155	1x0.8	1.2x0.9	34	1	1.2	34	66
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> 69		2.5x1	147d	2	2.5	147d	
<i>Milium effusum</i> 86		0.5x0.4	34d	2	3	172	
<i>Molinia caerulea</i> 86,176		0.6x0.5	50,60f	0.5	0.7	50,34	
<i>Mollugo cerviana</i> 96	0.5x0.4	0.6x0.5	50,60f	1.3	2.5	175f,170	67
<i>Mollugo verticillata</i> 74	1.3x0.85	2.5x1.2	175f,170	2	1.2	67	
<i>Myosotis arvensis</i> 20,158	2x2	3x3	3fd,4	2	3	3fd,4	
<i>Myosotis ramosissima</i> 136				1	1.2	4d,203	
<i>Myriophyllum spicatum</i> 86	1x0.8	1.2x0.8	4d,203	1.5	3.1	36,175f	
<i>Nasturtium officinale</i> 173	1.9x1	3.1x2.3	50,175f	1.2	2	169	60,82
<i>Neslia paniculata</i> 97	1.2x0.7	1.7x1.3	169,50	1.2	1.4	60	66
<i>Oenothera biennis</i> 59,74	1.2x0.8	1.4x0.8	60	1.5	1.5	169	66
<i>Oenothera laciniata</i> 151	3x2	5x4	176	3	5	176	
<i>Oenothera stricta</i> 86				2.5	2.5	169	
<i>Onobrychis viciaefolia</i> 176	4.3x2.9	4.4x3.5	175f	4.3	4.4	175f	
<i>Ononis repens</i> 157		2x1.6	176	2	2	176	
<i>Ornithopus compressus</i> 45,144	6.25x3.25	8x4	60,147	6.25	8	60,147	
<i>Ornithopus sativus</i> 176				18	18	162	
<i>Oryza sativa</i> 86	1.4x0.9	1.7x1	175f,89d	1	1.7	56,89d	
<i>Osmorhiza aristata</i> 162	1x0.5	1.5x1.1	60f,50	1	1.6	56	4
<i>Oxalis corniculata</i> 29,32,131,144,173							
<i>Oxalis europaea</i> 20 ( <i>O. stricta</i> )							
<i>Oxalis stricta</i> 31 ( <i>O. europaea</i> )							
<i>Panicum capillare</i> 74,194	1.1x0.5	1.5x0.9	50,60f	1.1	1.6	50	
<i>Panicum crus-galli</i> 69 ( <i>Echinochloa crus-galli</i> )	2.6x1.8	3.2x2	60f	2.6	3.2	60f	
<i>Panicum miliaceum</i> 176	2.0x0.8	2.3x0.9	4d	2.0	2.3	4d	
<i>Panicum dichotomiflorum</i> 26,31,74		4.7x2	60f		4.7	60f	
<i>Panicum taxanum</i> 59							



ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Papaver dubium</i> 29,32,137,138,142,144	0.05x0.05	0.45x0.4	204	0.05	0.45	204	
<i>Papaver hybridum</i> 144	0.65x0.5	0.7x0.6	175f	0.65	0.7	175f	
<i>Papaver lecoqii</i> 138 ( <i>P. dubium</i> 33)	0.5x0.4	0.8x0.6	175f	0.5	0.8	175f	203
<i>Papaver rhoeas</i> 6,20,25,29,42,49,63,94,97,111,137,138,140,141,142,144,173,201	1.3x0.3	1.9x0.3	60f	1.3	2.8	128	
<i>Parthenium hysterophorus</i> 122	2x1.8	4x2.5	4d,60	2	4	4d,60	
<i>Paspalum dilatatum</i> 202	2x1	5x3	79,176	2	5	79,176	
<i>Pennisetum americanum</i> 176	1.5x0.5	2x1	176	1.5	2	176	
<i>Pennisetum macrourum</i> 176	1.5x0.5	2.5x1	176	1.5	2.5	176	
<i>Pennisetum setaceum</i> 176	1.2x0.6	1.6x0.8	176	1.2	1.6	176	
<i>Pennisetum villosum</i> 176	2x1	3x1.5	176	2	3	176	
<i>Phalaris arundinacea</i> 70,86	3x0.7	4.2x1.5	4	3	4.2	176d,4	60,147
<i>Phalaris brachystachys</i> 27,28,87,88,144,173	3.1x1.1	5x1.5	204,28	3.1	5	204,28	175
<i>Phalaris canariensis</i> 29,176				3	3	147	
<i>Phalaris minor</i> 32,88,144,173	2.6x1	3.3x1.5	204,175f	2.6	3.3	204,175f	
<i>Phalaris paradoxa</i> 87,88,144,173	3.3x1.5	3.5x1.5	175f	3.3	3.5	175f	
<i>Phaseolus aconitifolius</i> 176	5x3	8x5	176	5	8	176	
<i>Pheum pratense</i> 73,86,91,158,176	2x0.6	2.9x1.4	147d,176d	2	2.9	147d,176d	
<i>Picris echinoides</i> 6,29,94,100,144,173,174	3x0.3	3.5x1.1	50	2.9	7	175f,171	67
<i>Picris hieracioides</i> 94				3	6	171,67	
<i>Pimpinella major</i> 155				2.5	3.5	169	
<i>Pimpinella saxifraga</i> 155				2	2.5	169	
<i>Piptatherum miliaceum</i> 144		1.9x1	176d		1.9	176d	
<i>Pisum arvense</i> 176	4x4	8x8	176	4	8	176	
<i>Plantago coronopus</i> 201,202	0.6x0.1	1x0.55	204	0.6	1.2	204,203	67,171
<i>Plantago lanceolata</i> 69,73,74,83,86,91,94,131,133,144,155,157,158,173	2.1x1	3.6x1.7	40d,175f	1.5	3.6	89,175f	4,50,60,67,127,171
<i>Plantago major</i> 6,20,69,86,94,133,158,173,198	1x0.6	1.5x0.8	4d,50	1	1.5	4d,50	67,84,89,171
<i>Plantago media</i> 69,73				2	2	171	
<i>Plantago ramosa</i> 70				2.5	2.5	171	
<i>Poa annua</i> 6,20,29,32,73,86,91,94,97,107,137,140,141,142,144,151,155,157,158,160,173,198,201,202	2.2x0.5	3.65x1.1	179d,175f	2	3.65	147,175f	60
<i>Poa pratensis</i> 31,91,94,135,155		2.5x0.7	176d	1.3	2.5	147,176d	
<i>Poa trivialis</i> 20,70,86,100,107,115,155,157,174,176				1.5	1.5	147	
<i>Polycarpon tetraphyllum</i> 144,173	0.6x0.4	0.5x0.5	34d,168fd	0.5	0.6	168,33d	66
<i>Polygonum alatum</i> 145 ( <i>Fallopia dumetorum</i> 34)	3.8x2.4	34d		3.8	3.8	34d	

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Polygonum aviculare</i> 6,7,20,25,32,42,73,77,78,94,97,115,131,137,140,141,142,144,155,157,159,173	2.25x0.95	3x2	204,50	2.1	3.5	60f,168	4,34,175
<i>Polygonum convolvulus</i> 7,20,42,49,73,97,115,140,141,194	3x2	3.9x2.7	50,60f	2.5	5	34,168	4,89,92,175
<i>Polygonum lapathifolium</i> 6,29,42,97,173,198	1.5x1.3	3.1x2.6	50,175f	1.5	3.5	50,175f	34,60
<i>Polygonum nodosum</i> 69 ( <i>P. lapathifolium</i> )	2.5x2.2	3.5x3.5	60	2.5	3.5	60,50	4
<i>Polygonum pensylvanicum</i> 31	2x1.7	3.7x3	50,60f	2	3.7	50,60f	4,34,175
<i>Polygonum persicaria</i> 8,20,42,74,115,131,133,159,173,177,198,200							
<i>Polygonum tomentosum</i> 70 ( <i>P. lapathifolium</i> 34)							
<i>Polygonum monspeliense</i> 144,173		0.7x0.3	147d		0.7	147d	
<i>Portulaca oleracea</i> 6,25,31,32,59,64,94,96,98,131,133,144,162,173,194,198	0.5x0.4	1.2x1.2	4d,34fd	0.5	1.2	168,34	50,60,62,66,89,112,162,175
<i>Primula vulgaris</i> 86	0.8x0.7	1.3x1	38	0.8	1.3	38	
<i>Prunella vulgaris</i> 70,73,86 ( <i>Brunella vulgaris</i> )	1.6x0.9	2.4x1.4	50,175f	1.6	2.4	50,175f	4,127
<i>Pseudognaphalium luteo-album</i> 144 ( <i>Gnaphalium luteo-album</i> 67)	0.5x0.2	0.5x0.25	203	0.5	1.71		67
<i>Pueraria thunbergiana</i> 176	3x2	4x2.5	176	3	4	176	
<i>Pulicaria paludosa</i> 144	0.6x0.1	0.7x0.1	204	0.6	1	204,171	67
<i>Quamoclit coccinea</i> 70 ( <i>Ipomoea coccinea</i> 60)		2.4x2.2	60f		2.4	60f	
<i>Ranunculus acris</i> 70,146	2.2x2	3.3x2.6	50	2	3.5	168	4,33
<i>Ranunculus bulbosus</i> 146	3x2.3	3.5x2.8	50	2.2	4	33,168	66
<i>Ranunculus gramineus</i> 70				2.5	4.5	33	66,171
<i>Ranunculus muricatus</i> 144,173	5.6x4.4	6.7x4.4	175f	5	8	33,168	66
<i>Ranunculus repens</i> 73,133,144,146,155,157,158	2.7x2	7x7	4d,57	2.7	7	4d,57	33,66,168
<i>Ranunculus trilobus</i> 144,173		4x2.9	33d	2	4	168,33d	
<i>Raphanus raphanistrum</i> 29,42,131,144,173,202	1.4x0.7	4x2.3	204,50	1.4	4	204,168	
<i>Rapistrum rugosum</i> 44,94,144,202	1.35x0.45	2x1.5	204,35	1.35	2	204,35	35,89,175
<i>Reichardia picroides</i> 144				2	4	67,171	175
<i>Reseda luteola</i> 144,201,202	0.5x0.5	1x0.9	204,175f	0.5	1	204,175f	35,203
<i>Rhynchelytrum roseum</i> 176	1x0.3	1.5x0.5	176	1	1.5	176	
<i>Ridolfia segetum</i> 144,173	2.25x0.9	2.5x1.5	175f	1.5	2.5	169	66
<i>Roemeria hybrida</i> 25	0.9x0.6	1.2x0.8	175f	0.9	1.2	175f	33
<i>Rottboellia cochinchinensis</i> 24		10x2	60f		10	60f	
<i>Rumex acetosa</i> 69,86,155	2.2x1.4	2.3x1.4	127d	1.8	2.5	168,34	66
<i>Rumex acetosella</i> 86,115,131,157,159,202	0.9x0.6	1.5x1.2	4d,34	0.9	1.5	4d,168	50,66
<i>Rumex bucephalophorus</i> 144	0.95x0.95	1.9x1.1	204,34d	0.95	2.5	204	168
<i>Rumex conglomeratus</i> 144		1.5x1.3	34d		1.5	34d	

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Rumex crispus</i> <sup>27,28,29,64,69,86,97,144,159,173,185</sup>	1.35x0.6	3.2x2	204,28	1.35	3.2	204,28	4,50,60,89,34,175
<i>Rumex hydrolopathum</i> <sup>70,86</sup>				3.5	5	34,168	
<i>Rumex obtusifolius</i> <sup>69,86,158,185</sup>	2.1x0.65	2.9x1.6	204	2	3	50,34	60,89
<i>Rumex sanguineus</i> <sup>86</sup>		1.8x1.2	34d		1.8	34d	
<i>Rumex vesicarius</i> <sup>96</sup>				2.8	4.7	168	168
<i>Sagina maritima</i> <sup>136</sup>				0.35	0.45	34	
<i>Salsola kali</i> <sup>25,96,194</sup>	1.6x1.4	2.1x2	4d,175f	1.6	2.2	4d,50	
<i>Salsola pestifer</i> <sup>43 (S. kali)</sup>							
<i>Samolus valerandi</i> <sup>94</sup>		0.6x0.5	38d		0.6	38d	
<i>Sanguisorba minor</i> <sup>94,176</sup>	2.5x1.5	7.2x4.4	204,175f	2.5	7.2	204,175f	176
<i>Saxifraga rotundifolia</i> <sup>70</sup>	0.5x0.3	0.7x0.4	38	0.5	0.7	38	
<i>Saxifraga tridactylites</i> <sup>136</sup>	0.35x0.25	0.45x0.25	38	0.35	0.45	38	
<i>Saxifraga umbrosa</i> <sup>70</sup>	0.6x0.35	0.8x0.45	38	0.6	0.8	38	
<i>Scirpus juncooides</i> <sup>173</sup>					2	172	
<i>Scolymus hispanicus</i> <sup>144</sup>				3	5	171	
<i>Secale cereale</i> <sup>69</sup>	9.6x2.7	10x2.7	176d	9.6	10	176d	
<i>Senecio fuchsii</i> <sup>69 (S. nemorensis)</sup>				2	2.5	171	67
<i>Senecio gallicus</i> <sup>25</sup>	1.55x0.7	3x1	204,4d	1.55	3	204,4d	60,67,149,171
<i>Senecio jacobaea</i> <sup>149</sup>					4	171	67
<i>Senecio nemorensis</i> <sup>70</sup>				2.3	3.8	67	171
<i>Senecio sylvaticus</i> <sup>115</sup>				2.75	4	149,171	
<i>Senecio viscosus</i> <sup>149</sup>	2.3x0.4	3x0.5	175f	1.5	3	171,175f	
<i>Senecio vulgaris</i> <sup>29,42,69,136,140,141,149,157,158,173,202</sup>	3x2.2	4.4x2.4	60f	3	4.4	60f	67,149
<i>Sesbania exaltata</i> <sup>59</sup>							
<i>Setaria adhaerens</i> <sup>32 (como S. verticillata<sup>172</sup>)</sup>	2.3x1.1	2.8x1.8	126,4d	2.2	3	50,60f	
<i>Setaria faberi</i> <sup>31,200</sup>							
<i>Setaria glauca</i> <sup>6,16,65,70,152,200 (S. lutescens)</sup>							
<i>Setaria italica</i> <sup>152</sup>	2x1.2	2.5x1.7	176	2	2.5	176	
<i>Setaria lutescens</i> <sup>74,194 (S. pumila)</sup>							
<i>Setaria pumila</i>	2.6x1.4	3x2.1	4d,50	2.5	3.3	50,175f	60
<i>Setaria verticillata</i> <sup>100,173,174</sup>	1.45x0.5	3x1.6	204	1.45	3	204,89	50,60,153,175
<i>Setaria viridis</i> <sup>26,65,94,100,131,152,173,174,200</sup>	2x0.9	3.1x1.75	60f,175f	1.8	3.1	50,175f	4,55,89
<i>Sherardia arvensis</i> <sup>144</sup>				2	7	67,171	
<i>Sida spinosa</i> <sup>59,96</sup>	2x1.5	2.7x1.6	36,60f	2	2.7	4d,60f	
<i>Sieglingia decumbens</i> <sup>155</sup>					3	147	
<i>Silene alba</i> <sup>6 (Lychnis alba)</sup>	1.2x1	2x1.7	60f,4d	1.2	2	60f,4d	34,50,106

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Silene dioica</i> 157	1.2x1	1.5x1.5	34	1.2	1.5	34	204
<i>Silene gallica</i> 103,144,173,201,202	0.8x0.5	1x0.8	34,203	0.8	1.2	34	
<i>Silene hayektiana</i> 70 ( <i>S. saxifraga</i> )	0.9x0.7	1.7x1.3	34	0.9	1.7	34	
<i>Silene inflata</i> 69 ( <i>S. vulgaris</i> )	0.9x0.7	1.0x0.8	34	0.75	1	168	
<i>Silene nutans</i> 155,157	1x0.8	1.1x0.9	34	1	1.1	34	
<i>Silene rubella</i> 32		1x0.9	34	1	1	34	
<i>Silene saxifraga</i> 70		1x0.9	34	1	1	34	
<i>Silene viridiflora</i> 70	1x0.9	2.1x1.8	50,175f	1	2.1	168,175f	34,60,66
<i>Silene vulgaris</i> 25,144,157 ( <i>S. cucubalis</i> )	2x2	3.5x3.5	176,35	2	3.5	176,35	175
<i>Sinapis alba</i> 69,86,107,176	1x1	1.75x1.7	4,175f	1	1.75	4,175f	28,35,118,204
<i>Sinapis arvensis</i> 6,8,20,27,28,29,42,43,52,69,97,111,144 ( <i>Brassica arvensis</i> )	0.8x0.5	1.1x0.7	50,4d	0.8	1.2	168,60f	36,66
<i>Sisymbrium altissimum</i> 43	1.1x0.6	1.2x0.6	36	1	1.2	168,36	66
<i>Sisymbrium erysimoides</i> 95,96	0.7x0.4	1.3x0.7	60f,175f	0.7	1.3	60f,175f	36,66,168
<i>Sisymbrium irio</i> 94,202	1x0.6	1.5x0.9	36,50	1	1.5	168,50	4,66
<i>Sisymbrium officinale</i> 144	1.1x0.7	1.4x0.9	36	1.1	1.4	36	
<i>Sisymbrium orientale</i> 23	3.4x2.4	3.6x2.6	60f	3.4	3.6	60f	
<i>Solanum elaeagnifolium</i> 22	1x0.9	2.4x2.4	50,170fd	1	2.4	50,170	
<i>Solanum nigrum</i> 6,20,29,49,77,97,115,133,144,173,198	1.6x1.2	1.7x1.4	60f	1.5	1.8	12	4,12,60,89,175
<i>Solanum ptycanthum</i> 31	1.5x1.5	3x3	60,13	1.5	3	60,50	
<i>Solanum rostratum</i> 194	1.6x1.4	2x1.5	60f,12	1.6	2	60f,12	
<i>Solanum sarachoides</i> 194		1.2x0.3	4d	0.9	1.2	171,4d	
<i>Solidago canadensis</i> 135					3	171	67
<i>Solidago virgaurea</i> 69					3	171	4,71
<i>Sonchus arvensis</i> 70,97	2.4x0.7	3.5x1.5	50,171	2	3.5	60,171	
<i>Sonchus asper</i> 11,20,52,73,97,144,160,173,174	2.75x0.4	2.5x1.5	204,93	2	3.15	171,175f	4,60,203
<i>Sonchus oleraceus</i> 11,29,70,94,115,149,144,173,198	2.5x0.6	3.3x1.1	89d,50	2.5	3.75	4d,171	93,149
<i>Sonchus tenerrimus</i> 11,29	2.5x0.5	3.3x1.2	171	2.5	3.3	171	
<i>Sorghum bicolor</i> 86	6.25x2.5	4.7x3.7	60,176d	4.7	6.25	176d,60	
<i>Sorghum halepense</i> 59,61,64,94,176,197,198	2x1.3	6.6x2.6	50,181	2	6.6	50,181	4,60,62,89,175
<i>Sorghum vulgare</i> 176 ( <i>S. bicolor</i> )	0.6x0.6	2.5x2.5	204,34	0.6	2.5	204,34	4,50,66,89,168,175,176,203
<i>Spergula arvensis</i> 69,140,141,144,145,157,173,176,177,201	0.45x0.4	0.6x0.5	203,175f	0.45	0.6	168	34,66
<i>Spergularia purpurea</i> 144,173,201,202	2x1.5	2.1x1.75	175f	2	2.1	175f	
<i>Stachys annua</i> 20,100,174							
<i>Stellaria media</i> 6,7,20,29,31,32,42,47,49,59,63,64,73,77,78,94,97,103,111,115,133,137,140,141,142,144,157,160,173,194,202	0.8x0.8	1.3x1.3	34	0.8	1.4	168	4,50,60,89,167,175
<i>Succisa pratensis</i> 155					0.5	171	67*

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Tanacetum vulgare</i> <sup>69</sup>	1.3×0.5	1.7×0.7	50	1.2	1.8	171	67
<i>Taraxacum officinale</i> <sup>97,135,149,158</sup>	3×0.5	4×1.3	203,50	2.4	4.3	175f,60f	4,67,149*
<i>Teucrium scorodonia</i> <sup>155</sup>	1.1×0.9	1.35×1.15	198	1.1	1.35	204	
<i>Thlaspi arvense</i> <sup>43,77,97,140,141,157,160</sup>	1.2×1	3.3×2	19,4d	1.2	3.3	19,4d	50,60,175
<i>Tolpis barbata</i> <sup>144</sup>					4	171	
<i>Torilis arvensis</i> <sup>144</sup>				3	6	169	66
<i>Torilis japonica</i> <sup>157</sup>				3	4	169	67
<i>Tragopogon dubius</i> <sup>135</sup>		12.7×1.3	60f	2.5	13.3	171,60f	
<i>Tragopogon major</i> <sup>69 (T. dubius)</sup>				1	2.5	171	
<i>Tragopogon orientalis</i> <sup>69 (como T. pratensis 171)</sup>				3	4	171	149*
<i>Tragopogon porrifolius</i> <sup>149</sup>				4	6.4	50,175f	
<i>Tribulus terrestris</i> <sup>25,96,194</sup>	4.8×3.6	5×5	4d,50				
<i>Trifolium alexandrinum</i> <sup>176</sup>	1.8×1.2	2.2×1.5	176	1.8	2.2	176	
<i>Trifolium angustifolium</i> <sup>144</sup>	2.1×1.1	2.4×1.5	176d,175f	2.1	2.5	176d,175f	
<i>Trifolium arvense</i> <sup>29,144,173</sup>	1×0.6	1.4×1	176d	1	1.4	176d	
<i>Trifolium campestre</i> <sup>6,144,173</sup>		1×0.6	176d		1	176d	
<i>Trifolium fragiferum</i> <sup>45,176</sup>	1.2×1	1.5×1.2	176	1.2	1.5	176	
<i>Trifolium glomeratum</i> <sup>144,202</sup>	0.75×0.6	0.9×0.6	176d	0.75	0.9	176d	
<i>Trifolium hybridum</i> <sup>176</sup>	1×0.8	1.4×1.2	176	1	1.4	176	
<i>Trifolium incarnatum</i> <sup>6,45,107,176</sup>	1.9×1.25	2.25×1.75	176d	1.9	2.25	176d	
<i>Trifolium isthmocarpum</i> <sup>176</sup>	1.5×1.25	1.9×1.25	176d	1.5	1.9	176d	
<i>Trifolium lappaceum</i> <sup>144</sup>	1.2×0.7	1.4×1.1	176d	1.2	1.4	176d	
<i>Trifolium pratense</i> <sup>91,107,133,176</sup>	1.5×1	2.5×1.5	176	1.5	2.5	176	
<i>Trifolium repens</i> <sup>6,20,31,45,86,91,107,131,133,155,158,162,176</sup>	1×0.9	1.8×1	163	1	1.8	176,163	162,203
<i>Trifolium resupinatum</i> <sup>144,176</sup>	1×1	1.2×1	176	1	1.2	176	
<i>Trifolium subterraneum</i> <sup>45,53,132,144,176,201</sup>	1×0.9	3×3	203,176	1	3	203,176	204
<i>Trigonella foenum-graecum</i> <sup>176</sup>	4×3	6×5	176	4	6	176	169
<i>Trigonella polyceratia</i> <sup>25</sup>				1.5	2	169	
<i>Tripleurospermum maritimum</i> <sup>63,140,141,155</sup>	1.8×1	3.5×2	171	1.8	3.5	171	
<i>Triticum aestivum</i> <sup>47,86,97</sup>	6×3	10×4.6	147,176d	6	10	147,176d	
<i>Triticum vulgare</i> <sup>69 (T. aestivum)</sup>	1.2×0.8	2.3×1.5	34	1.2	2.3	34	66
<i>Tunica prolifera</i> <sup>131 (Petrorhagia prolifera<sup>34</sup>)</sup>					3	171	
<i>Tussilago farfara</i> <sup>31,69</sup>				0.7	1.4	72	172
<i>Typha angustifolia</i> <sup>94</sup>							
<i>Urtica dioica</i> <sup>29,70,86,155,157</sup>	0.9×0.7	1.85×1.4	50,175f	0.9	1.85	50,175f	4,15,36

ESPÉCIE E REFERÊNCIA	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	FONTES	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	FONTES	OUTRAS FONTES
<i>Urtica urens</i> 32,42,64,70,140,141,144,173	1.5x1	1.75x1	36	1.5	1.75	36	
<i>Vaccaria hispanica</i> 144 ( <i>V. pyramidata</i> 66)	2x2	2.7x2.7	60	2	2.7	168,60	34,66
<i>Vaccinium myrtilloides</i> 155		1.4x0.9	35d		1.4	35d	
<i>Valeriana officinalis</i> 155				2	5	171	
<i>Valerianella locusta</i> 136				1.5	2.5	67	
<i>Verbascum phlomooides</i> 131 ( <i>V. thapsus</i> 66)	0.6x0.4	1x0.7	50,60f	0.5	1	75,60f	4
<i>Verbena officinalis</i> 6,94,131,144,173,174,198	1.9x0.65	2.1x0.7	175f	1.5	2.1	170,175f	
<i>Veronica arvensis</i> 77,78,133,136,174	0.9x0.6	1.6x1	67,4d	0.9	1.6	67,4d	170,175
<i>Veronica hederifolia</i> 6,7,9,20,25,42,52,63,86,140,141	2.5x2.25	3.1x2.7	170,175f	2.5	3.1	170,175f	67,109*
<i>Veronica persica</i> 6,20,42,73,77,78,97,131,137,140,141,142,173,198		1.75x1.25	170		1.75	170	67
<i>Veronica polita</i> 32		1.5x1.25	170		1.5	170	
<i>Veronica triphyllos</i> 25,69		1.5x1.25	170		1.5	170	
<i>Vicia cracca</i> 86,157	2.5x2.5	3.5x3.5	2	2.5	3.5	2	
<i>Vicia faba</i> 69,94,176	10x5	30x10	176	10	30	176	66,169
<i>Vicia narbonensis</i> 176				4	6	169	66
<i>Vicia sativa</i> 29,32,103,134,158,176,201 ( <i>V. angustifolia</i> )	2x2	8x8	60,169fd	2	8	60,169	2,4,50,175,176,203*,204
<i>Vicia villosa</i> 176	3x3	5x5	176	3	5	176	60
<i>Vigna sinensis</i> 176 ( <i>V. unguiculata</i> )		8x5	60	8	15	60,169	
<i>Viola arvensis</i> 20,42,49,97,140,141,157,160	1.5x0.7	1.9x1.1	36	1	1.9	54,36	
<i>Viola palustris</i> 155					1.5	36	
<i>Viola riviniana</i> 155				1.2	2.3	36	
<i>Xanthium pensylvanicum</i> 59,194	12x4.5	14x5	50	12	15.3	50,4d	
<i>Zea mays</i> 69,86,176	6x5	15x12	176	6	15	176	
<b>Referências e Fontes</b>							
1 Aarssen 1981							16 Baskin <i>et al.</i> 1996
2 Aarssen <i>et al.</i> 1986							17 Benoit 1986
3 Aiken <i>et al.</i> 1979							18 Best 1977
4 Anônimo 1971							19 Best e Mcintyre 1975
5 Arco <i>et al.</i> 1995							20 Beuret 1989
6 Barberi <i>et al.</i> 1998a							
7 Barralis e Chadoeuf 1980							
8 Barralis <i>et al.</i> 1988							
9 Barralis <i>et al.</i> 1990							
10 Bassett e Crompton 1975							
11 Bassett e Crompton 1978							
12 Bassett e Munro 1985							
13 Bassett e Munro 1986							
14 Bassett e Munro 1987							
15 Bassett <i>et al.</i> 1977							

- 21Bhowmik e Bandeen 1976  
 22Bouhache e Tanji 1985  
 23Boutsalis e Powles 1998  
 24Bridgemohan *et al.* 1991  
 25Burgaz e Saiz 1989  
 26Burnside *et al.* 1981  
 27Caixinhas 1984  
 28Caixinhas 1988  
 29Caixinhas *et al.* 1998  
 30Campbell 1985  
 31Cardina *et al.* 1991  
 32Carretero 1977  
 33Castroviejo *et al.* 1986  
 34Castroviejo *et al.* 1990  
 35Castroviejo *et al.* 1993a  
 36Castroviejo *et al.* 1993b  
 37Castroviejo *et al.* 1997a  
 38Castroviejo *et al.* 1997b  
 39Cavers *et al.* 1979  
 40Cavers *et al.* 1980  
 41Chambers *et al.* 1991  
 42Chancellor 1964  
 43Chepil 1946  
 44Cousens *et al.* 1994  
 45Crespo 1975  
 46Crompton *et al.* 1988  
 47Cussans *et al.* 1996  
 48Dale 1974  
 49Debaeke 1988  
 50Delorit 1970  
 51Desrochers *et al.* 1988  
 52Dessaint *et al.* 1990b  
 53Dias e Dias 1982  
 54Dooan e Monaco 1992  
 55Douglas *et al.* 1985  
 56Doust *et al.* 1985  
 57Doust *et al.* 1990  
 58Eastin 1983  
 59Egley e Chandler 1978  
 60Elmore sd  
 61Eso *et al.* 1986  
 62Fay e Olson 1978  
 63Feast e Roberts 1973  
 64Feldman *et al.* 1997  
 65Forcella 1992  
 66Franco 1971  
 67Franco 1984  
 68Franco e Afonso 1994  
 69Górski *et al.* 1977  
 70Górski *et al.* 1978  
 71Gomes *et al.* 1978  
 72Grace e Harrison 1986  
 73Graham e Hutchings 1988a  
 74Gross e Renner 1989  
 75Gross e Werner 1978  
 76Gross *et al.* 1980  
 77Gundry e Mead 1998  
 78Gundry *et al.* 1996  
 79Häfliger e Scholz 1980  
 80Häfliger e Scholz 1981  
 81Häfliger *et al.* 1982  
 82Hall *et al.* 1988  
 83Harper 1977  
 84Hawthorn 1974  
 85Hegarty e Royle 1978  
 86Hendry *et al.* 1994  
 87Hidalgo *et al.* 1990a  
 88Hidalgo *et al.* 1991  
 89Holm *et al.* 1977  
 90Holroyd 1964  
 91Hulme 1994  
 92Hume *et al.* 1983  
 93Hutchinson *et al.* 1984  
 94Izquierdo e Recasens 1990  
 95Jurado e Westoby 1992  
 96Jurado *et al.* 1991  
 97Kropác 1966  
 98Leishman e Westoby 1994a  
 99Lemna e Messersmith 1990  
 100Lopez *et al.* 1988  
 101Mal *et al.* 1992  
 102Malik e Born 1988  
 103Marafón e Bartolome 1989  
 104Maun e Bassett 1986  
 105Maw *et al.* 1985  
 106McNeill 1977  
 107McRill e Sagar 1973  
 108Michaels *et al.* 1988  
 109Miège e Wuest 1984  
 110Miller e Nalewaja 1990  
 111Miller *et al.* 1998  
 112Miyanishi e Cavers 1980  
 113Mohler e Galford 1997  
 114Moore 1975  
 115Morin e Wojewodka 1984  
 116Moss 1985b  
 117Moss 1988  
 118Mulligan e Bailey 1975  
 119Mulligan e Findlay 1974  
 120Mulligan e Junkins 1976  
 121Navarrete e Quintanilla 1996  
 122Navie *et al.* 1998  
 123Nègre 1959  
 124O'Donovan e Sharma 1987  
 125Ødum 1965  
 126Ohtsuka e Ohsawa 1994  
 127Oomes e Elberse 1976  
 128Pandey e Dubey 1988  
 129Peters 1985  
 130Peters 1986  
 131Peyronel 1953  
 132Piggin 1976  
 133Popay *et al.* 1994  
 134Qiu e Mosjidis 1993  
 135Reader 1993  
 136Rees 1995  
 137Roberts 1963  
 138Roberts e Boddrell 1984  
 139Roberts e Boddrell 1985  
 140Roberts e Feast 1972  
 141Roberts e Feast 1973  
 142Roberts e Stokes 1965  
 143Roberker *et al.* 1969  
 144Sá 1989  
 145Sahoo *et al.* 1994  
 146Sarukhán 1974  
 147Savulescu *et al.* 1972  
 148Sharma e Born 1978  
 149Sheldon 1974  
 150Solano *et al.* 1974  
 151Standifer 1980  
 152Staricka *et al.* 1990  
 153Steel *et al.* 1983  
 154Stevenson 1969  
 155Thompson e Grime 1979  
 156Thompson e Turkington 1988  
 157Thompson *et al.* 1993  
 158Thompson *et al.* 1994  
 159Thorsen e Crabtree 1977  
 160Tørresen 1998  
 161Townsend 1992  
 162Tsuuzaki 1994  
 163Turkington e Burdon 1983  
 164Turkington e Cavers 1979  
 165Turkington e Franko 1980  
 166Turkington *et al.* 1978  
 167Turkington *et al.* 1980  
 168Tutin *et al.* 1964  
 169Tutin *et al.* 1968  
 170Tutin *et al.* 1972  
 171Tutin *et al.* 1976  
 172Tutin *et al.* 1980

- 173 Vascelos 1984
- 174 Verdier *et al.* 1990
- 175 Villarias 1986
- 176 Villax 1963
- 177 Vleeshouwers 1997
- 178 Warnes e Andersen 1984
- 179 Warwick 1979
- 180 Warwick e Black 1982
- 181 Warwick e Black 1983
- 182 Warwick e Black 1988
- 183 Warwick e Sweet 1983
- 184 Warwick *et al.* 1985
- 185 Weaver e Cavers 1979
- 186 Weaver e McWilliams 1980
- 187 Weaver e Riley 1982
- 188 Weaver e Warwick 1984
- 189 Werner e Rioux 1977
- 190 Wiese e Davis 1967
- 191 Wilson 1978
- 192 Wilson 1981
- 193 Wilson 1985
- 194 Wilson *et al.* 1985
- 195 Wit 1960
- 196 Woo *et al.* 1991
- 197 Zanin *et al.* 1986
- 198 Zanin *et al.* 1989
- 199 Zorner *et al.* 1984
- 200 Zhang *et al.* 1998
- 201 MITRA1
- 202 MITRA2
- 203 Fotografias tiradas por R.A. Carneiro no âmbito do seu trabalho de fim de Curso (Carneiro 1993) ou pelo autor
- 204 Medição directa pelo autor



## REFERÊNCIAS

diariamente, são registadas cerca de 20 milhões de palavras de informação técnica

Hubert Murray Jr.

- Aarssen, L.W. 1981. The biology of Canadian weeds. 50. *Hypochoeris radicata* L. *Can. J. Pl. Sci.* **61**:365-381
- Aarssen, L.W., I.V. Hall e K.I.N. Jensen 1986. The biology of Canadian weeds. 76. *Vicia angustifolia* L., *V. cracca* L., *V. sativa* L., *V. tetrasperma* (L.) Schreb. and *V. villosa* Roth. *Can. J. Pl. Sci.* **66**:711-737
- Aguiar, F.B. e J.T. Grilo (não publicado). *Carta de solos da Herdade da Mitra*
- Aiken, S.G., P.R. Newroth e I. Wile 1979. The biology of Canadian weeds. 34. *Myriophyllum spicatum* L. *Can. J. Pl. Sci.* **59**:201-215
- Albrecht, H. e G. Bachthaler 1989. Unkrautsamengehalte und bodeneigenschaften von ackerflächen in Bayern. *Weed Res.* **30**:101-108
- Alho, L.M.C.V., C.F. Maximino, J.F. Marques e M.J.G.P.R. Carvalho 1990. Implantação de estirpes *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* em solos "problema". *Past. Forrag.* **11**:133-147
- Ambrosio, L., J. Dorado e J.P. Monte 1997. Assessment of the sample size to estimated the weed seedbank in soil. *Weed Res.* **37**:129-137
- Andersen, R.N. 1970. Influence of soybean seed size on response to atrazine. *Weed Sci.* **18**:162-164
- Andersson, L. 1996. Characteristics of seeds and seedlings from weeds treated with sublethal herbicide doses. *Weed Res.* **36**:55-64
- Andersson, L. 1998. Post-dispersal seed removal in some agricultural weeds. *Aspects Appl. Biol.* **51**:159-164
- Anónimo 1971. *Common weeds of the United States*. Dover Publications, Inc., New York
- Anónimo 1986. *GW-BASIC*. Version 3.11, Revision 3.12. Microsoft Corporation, Olivetti SpA, USA, Italia
- Anónimo 1989. *Statgraphics*. Version 4.2. STSC, Inc., USA
- Anónimo 1993. *Mathematica*. Enhanced version 2.2. Wolfram Research, Inc., Champaign
- Anónimo 1998. *Statgraphics Plus*. Version 3.3. Manugistics, Inc., Rockville
- Arana, T.M. 1985. Reserva de semillas en el suelo de una dehesa en Sierra Morena: relación con la vegetación. *Anal. Edaf. Agrobiol.* **44**:1805-1816
- Archibold, O.W. 1989. Seed banks and vegetation processes in coniferous forests. *In*: M.A. Leck, V.T. Parker e R.L. Simpson (eds.) *Ecology of soil seed banks*, pp. 107-122. Academic Press, Inc., San Diego
- Arco, M.J.S., C. Torner e C.F. Quintanilla 1995. Seed dynamics in populations of *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*. *Weed Res.* **35**:477-487
- Armstrong, A.C. 1986. On the fractal dimensions of some transient soil properties. *J. Soil Sci.* **37**:641-652
- Austin, R.B. 1972. Effects of environment before harvesting on viability. *In*: E.H. Roberts (ed.) *Viability of seeds*, pp.114-149. Chapman and Hall Ltd, London
- Austin, R.B. e P.C. Longden 1967. Some effect of seed size and maturity on the yield of carrot crops. *J. Hort. Sci.* **42**:339-353
- Baker, H.G. 1972. Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology* **53**:997-1010
- Baldock, J.A. e B.D. Kay 1987. Influence of cropping history and chemical treatments on the water-stable aggregation of a silt loam soil. *Can. J. Soil Sci.* **67**:501-511
- Ball, D.A. e S.D. Miller 1989. A comparison of techniques for estimation of arable soil seedbanks and their relationship to weed flora. *Weed Res.* **29**:365-373
- Bàrberi, P., M. Macchia e E. Bonari 1998a. Comparison between the seed extraction and seedling emergence methods for weed seedbank evaluation. *Aspects Appl. Biol.* **51**:9-14
- Bàrberi, P., A. Cozzani, M. Macchia e E. Bonari 1998b. Size and composition of the weed seedbank under different management systems for continuous maize cropping. *Weed Res.* **38**:319-334
- Bàrberi, P., M. Macchia, A. Cozzani e E. Bonari 1998c. Structure of weed seedbank communities under different management systems for continuous maize crop. *Aspects Appl. Biol.* **51**:289-296
- Barralis, G. e R. Chadoeuf 1980. Etude de la dynamique d'une communauté adventice: I - Evolution de la flore adventice au cours du cycle végétatif d'une culture. *Weed Res.* **20**:231-237

- Barralis, G. e R. Chadoeuf 1987. Potentiel semencier des terres arables. *Weed Res.* **27**:417-424
- Barralis, G., R. Chadoeuf e F. Dessaint 1990. Evolution à long terme (1977/78-1985/86) du potentiel semencier de mauvaises herbes dans une rotation triennale. *Proc. EWRS Symposium 1990, Integrated Weed Management Cereals*:135-142
- Barralis, G., R. Chadoeuf e F. Dessaint 1992. Influence à long terme des techniques culturales sur la dynamique des levées au champ d'adventices. *IXème Colloque International Biologie Mauvaises Herbes*:55-63
- Barralis, G., R. Chadoeuf e J.-P. Gouet 1986. Essai de détermination de la taille de l'échantillon pour l'étude du potentiel semencier d'un sol. *Weed Res.* **26**:291-297
- Barralis, G., R. Chadoeuf e J.P. Lonchamp 1988. Longévité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. *Weed Res.* **28**:407-418
- Bartholomew, B. 1970. Bare zones between California shrubs and grassland communities: the role of animals. *Science* **170**:1210-1212
- Baskerville, J.C. e J.H. Toogood 1982. Guided regression modeling for prediction and exploration of structure with many explanatory variables. *Technometrics* **24**:9-17
- Baskin, C.C., J.M. Baskin e S.A. El-Moursey 1996. Seasonal changes in germination responses of buried seeds of the weedy summer annual grass *Setaria glauca*. *Weed Res.* **36**:319-324
- Bassett, I.J. e C.W. Crompton 1975. The biology of Canadian weeds. 11. *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. psilostachya* DC. *Can. J. Pl. Sci.* **55**:463-476
- Bassett, I.J. e C.W. Crompton 1978. The biology of Canadian weeds. 32. *Chenopodium album* L. *Can. J. Pl. Sci.* **58**:1061-1072
- Bassett, I.J. e D.B. Munro 1985. The biology of Canadian weeds. 67. *Solanum ptycanthum* Dun., *S. nigrum* L. and *S. sarrachoides* Sendt. *Can. J. Pl. Sci.* **65**:401-414
- Bassett, I.J. e D.B. Munro 1986. The biology of Canadian weeds. 78. *Solanum carolinense* L. and *Solanum rostratum* Dunel. *Can. J. Pl. Sci.* **66**:977-991
- Basset, I.J. e D.B. Munro 1987. The biology of Canadian weeds. 81. *Atriplex patula* L., *A. prostrata* BOUCHER EX DC., and *A. rosea* L. *Can. J. Pl. Sci.* **67**:1069-1082
- Bassett, I.J., C.W. Crompton e D.W. Woodland 1977. The biology of Canadian weeds. 21. *Urtica dioica* L. *Can. J. Pl. Sci.* **57**:491-498
- Bavel, C.H.M. 1949. Mean weight-diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **14**:20-23
- Bebawi, F.F. e E.M. Mutwali 1991. Witchweed management by sorghum-sudangrass seed size and stage of harvest. *Agron. J.* **83**:781-786
- Bebawi, F.F., R.E. Eplee e R.S. Norris 1984. Effects of seed size and weight on witchweed (*Striga asiatica*) seed germination, emergence, and host-parasitization. *Weed Sci.* **32**:202-205
- Bekker, R.M., J.P. Bakker, U. Grandin, R. Kalamees, P. Milberg, P. Poschlod, K. Thompson e J.H. Willems 1998. Seed size, shape and vertical distribution in the soil: indicators of seed longevity. *Function. Ecol.* **12**:834-842
- Belo, A.D.F. 1993. *Dinâmica do banco de sementes do solo*. Trabalho de fim de Curso, Universidade de Évora, Évora (mimeograf.)
- Belo, A.F. e L.S. Dias 1998. Changes in grass-weed seedbanks in relation to crops and rotations. *Aspects Appl. Biol.* **51**:221-228
- Benoit, D.L. 1986. *Methods of sampling seedbanks in arable soils with special reference to *Chenopodium* spp.* PhD thesis, The University of Western Ontario, London (mimeograf.)
- Benoit, D.L. e P.B. Cavers 1998. Does cropping sequence affect the abundance and physical state of *Chenopodium* seeds in the seed bank? *Aspects Appl. Biol.* **51**:205-221
- Benoit, D.L., N.C. Kenkel e P.B. Cavers 1989. Factors influencing the precision of soil seed bank estimates. *Can. J. Bot.* **67**:2833-2840
- Benvenuti, S. e M. Macchia 1995. Effect of hypoxia on buried weed seed germination. *Weed Res.* **35**:343-351
- Benvenuti, S. e M. Macchia 1998. Phytochrome-mediated germination control of *Datura stramonium* L. seeds after seed burial. *Weed Res.* **38**:199-205
- Benvenuti, S., M. Macchia e A. Stefani 1994. Effects of shade on reproduction and some morphological characteristics of *Abutilon theophrasti* Medicus, *Datura stramonium* L. and *Sorghum halepense* L. Pers. *Weed Res.* **34**:283-288
- Berk, K.N. 1978. Comparing subset regression procedures. *Technometrics* **20**:1-6
- Bernhardt, K.-G. e H. Hurka 1989. Dynamik des samenspeichers in einigen mediterranen kulturböden. *Weed Res.* **29**:247-254
- Berrettoni, J.N. 1964. Practical applications of the Weibull distribution. *Indust. Qual. Control* **21**:71-79
- Berti, A., G. Zanin, G. Baldoni, C. Grignani, M. Mazzoncini, P. Montemurro, F. Tei, C. Vazzana e P. Viggiani 1992. Frequency distribution of weed counts and applicability of a sequential sampling method to integrated

- weed management. *Weed Res.* **32**:39-44
- Best, K.F. 1977. The biology of Canadian weeds. 22. *Descurainia sophia* (L.) Webb. *Can. J. Pl. Sci.* **57**:499-507
- Best, K.F. e G.I. McIntyre 1975. The biology of Canadian weeds. 9. *Thlaspi arvense* L. *Can. J. Pl. Sci.* **55**:279-292
- Beuret, E. 1984a. Stocks grainiers des sols et pratiques culturales: la relation flore réelle-flore potentielle. *Recherche Agron. Suisse* **23**:89-96
- Beuret, E. 1984b. Expression et évolution du stock grainier des sols: influence de l'assolement et de l'époque des travaux du sol. *7ème Colloque International Écologie, Biologie, Systématique Mauvaises Herbes* **1**:81-90
- Beuret, E. 1988. Weeds in vegetable crops: What about soil seed bank and integrated weed control. In: R. Cavalloro e A. Titi (eds.) *Weed control in vegetable production*, pp. 213-221. A.A. Balkema, Rotterdam
- Beuret, E. 1989. Influence des pratiques culturales sur l'évolution de la flore adventice: étude du potentiel semencier des sols. *Rev. Suisse Agric.* **21**:75-82
- Bhowmik, P.C. e J.B. Bandeen 1976. The biology of Canadian weeds. 19. *Asclepias syriaca* L. *Can. J. Pl. Sci.* **56**:579-589
- Bigwood, D.W. e D.W. Inouye 1988. Spatial pattern analysis of seed banks: an improved method and optimized sampling. *Ecology* **69**:497-507
- Black, J.N. 1959. Seed size in herbage legumes. *Herbage Abst.* **29**:235-241
- Böhm, W. 1979. *Methods of studying root systems*. Springer-Verlag, Berlin
- Bond, W., S. Burston, H.C. Moore, J.R. Bevan e M.E.K. Lennartsson 1998. Changes in the weed seedbank following different weed control treatments in transplanted bulb onions grown organically and conventionally. *Aspects Appl. Biol.* **51**:273-278
- Bonis, A. e J. Lepart 1994. Vertical structure of seed banks and the impact of depth of burial on recruitment in two temporary marshes. *Vegetatio* **112**:127-139
- Bonner, F.T. e T.R. Dell 1976. The Weibull function: a new method of comparing seed vigor. *J. Seed Technol.* **1**:96-103
- Bouhache, M. e A. Tanji 1985. Evaluation du stock en semences de la morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) dans le sol du Tadla (Maroc). *Weed Res.* **25**:11-14
- Boutsalis, P. e S.B. Powles 1998. Seedbank characteristics of herbicide-resistant and susceptible *Sysimbrium orientale*. *Weed Res.* **38**:389-395
- Box, G.E.P. e D.R. Cox 1964. An analysis of transformations. *J. Royal Stat. Soc.* **B26**:211-252
- Box, G.E.P. e D.R. Cox 1982. An analysis of transformations revisited, rebutted. *J. Am. Stat. Assoc.* **77**:209-210
- Box, G.E.P. e J.M. Wetz 1973. Criteria for judging adequacy of estimation by an approximating response function. *Technical Report N° 9*. Department of Statistics, University of Wisconsin
- Bradbury, R.H., R.E. Reichelt e D.G. Green 1984. Fractals in ecology: methods and interpretation. *Marine Ecol.-Prog. Ser.* **14**:295-296
- Bradshaw, A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Adv. Genet.* **13**:115-155
- Brandão, R.M.A. 1996. *Aerobiologia polínica e respectivas aplicações em estudos fenológicos e alergológicos. Uma análise das interações no ambiente mesomediterrânico português (Alentejo: Sul de Portugal)*. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Évora, Évora (mimeograf.)
- Brenchley, W.E. e K. Warington 1930. The weed seed population of arable soil. I. Numerical estimation of viable seeds and observations on their natural dormancy. *J. Ecol.* **18**:235-272
- Brenchley, W.E. e K. Warington 1930. The weed seed population of arable soil. I. Numerical estimation of viable seeds and observations on their natural dormancy. *J. Ecol.* **18**:235-272
- Brenchley, W.E. e K. Warington 1933. The weed seed population of arable soil. II. Influence of crop, soil and methods of cultivation upon the relative abundance of viable seeds. *J. Ecol.* **21**:103-127
- Brenchley, W.E. e K. Warington 1936. The weed seed population of arable soil. III. The re-establishment of weed species after reduction by fallowing. *J. Ecol.* **24**:479-501
- Bridgemohan, P., R.A.I. Brathwaite e C.R. McDavid 1991. Seed survival and patterns of seedling emergence studies of *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton in cultivated soils. *Weed Res.* **31**:265-272
- Bridgemohan, P. e R.A.I. Brathwaite 1989. Weed management strategies for the control of *Rottboellia cochinchinensis* in maize in Trinidad. *Weed Res.* **29**:433-440
- Brown, J.S. e D.L. Venable 1986. Evolutionary ecology of seed-bank annuals in temporally varying environments. *Am. Nat.* **127**:31-47
- Brown, R.F. 1987. Germination of *Aristida armata* under constant and alternating temperatures and its analysis with the

- cumulative Weibull distribution as a model. *Aust. J. Bot.* **35**:581-591
- Brown, R.F. e D.G. Mayer 1988a. Representing cumulative germination. 1. A critical analysis of single-value germination indices. *Ann. Bot.* **61**:117-125
- Brown, R.F. e D.G. Mayer 1988b. Representing cumulative germination. 2. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. *Ann. Bot.* **61**:127-138
- Buchan, G.D. 1989. Applicability of the simple lognormal model to particle-size distribution in soils. *Soil Sci.* **147**:155-161
- Buchan, G.D., K.S. Grewal e A.B. Robson 1993. Improved models of particle-size distribution: an illustration of model comparison techniques. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **57**:901-908
- Bunke, O. e B. Droge 1984. Estimators of the mean square error of prediction in linear regression. *Technometrics* **26**:145-155
- Burgaz, A.R. e F. Saiz 1989. Banco de semillas de suelos cerealistas en el Sur de la Provincia de Valladolid (España). *Proc. 4th EWRS Mediterranean Symposium*: 152-161
- Burnside, O.C., C.R. Fenster, L.L. Evetts e R.F. Mumm 1981. Germination of exhumed weed seeds in Nebraska. *Weed Sci.* **29**:577-586
- Burnside, O.C., R.G. Wilson, G.A. Wicks, F.W. Roeth e R.S. Moomaw 1986. Weed seed decline and buildup in soils under various corn management systems across Nebraska. *Agron. J.* **78**:451-454
- Burrough, P.A. 1983a. Multiscale sources of spatial variation in soil. I. The application of fractal concepts to nested levels of soil variation. *J. Soil Sci.* **34**:577-597
- Burrough, P.A. 1983b. Multiscale sources of spatial variation in soil. II. A non-Brownian fractal model and its application in soil survey. *J. Soil Sci.* **34**:599-620
- Caixinhas, M.L. 1980. *Plântulas de infestantes. Dicotiledóneas*. 2ª ed. Centro de Botânica Aplicada à Agricultura da Universidade Técnica de Lisboa e Direcção-Geral de Protecção à Produção Agrícola, Lisboa
- Caixinhas, M.L. 1984. Études sur la germination après enfouissement et les émergences de mauvaises herbes. *Proc. EWRS 3rd Symposium Weed Problems Mediterranean Area* 1:63-72
- Caixinhas, M.L.C.L. 1988. *Aspectos ecológicos da germinação de sementes de infestantes*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa (mimeograf.)
- Caixinhas, M.L., A.A. Jerónimo, F. Rocha e A. Leitão 1998. Relationship between the seedbank and actual weed flora in one agricultural soil in the Tapada da Ajuda (Lisboa). *Aspects Appl. Biol.* **51**:51-57
- Campbell, M.H. 1985. Germination, emergence and seedling growth of *Hypericum perforatum* L. *Weed Res.* **25**:259-266
- Campbell, M.H. e H.I. Nicol 1997. Effect of storage on the germination of *Cassinia arcuata* seeds in storage and buried in soil. *Weed Res.* **37**:103-109
- Cardina, J., E. Regnier e K. Harrison 1991. Long-term tillage effects on seed banks in three Ohio soils. *Weed Sci.* **39**:186-194
- Cardina, J., T.M. Webster e C.P. Herms 1998. Long-term tillage and rotation effects on soil seedbank characteristics. *Aspects Appl. Biol.* **51**:213-220
- Cardoso, J.V.J.C. 1965. *Os solos de Portugal. Sua classificação, caracterização e génese. 1-A Sul do rio Tejo*. Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa
- Carey, P.D. e A.R. Watkinson 1993. The dispersal and fates of seeds of the winter annual grass *Vulpia ciliata*. *J. Ecol.* **81**:759-767
- Carneiro, R.A. 1993. *Avaliação do potencial de sementes no solo em pastagem*. Trabalho de fim de Curso, Universidade de Évora, Évora (mimeograf.)
- Carretero, J.L. 1977. Estimacion del contenido de semillas de malas hierbas de un suelo agrícola como prediccion de su flora adventicia. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* **34**:267-278
- Carvalho, M.J.G.P.R., L.M.C.V. Alho, A.L. Azevedo e J.F. Marques 1990. Efeito dos antecedentes culturais no restabelecimento natural de uma pastagem de trevo subterrâneo. *Past. Forrag.* **11**:33-49
- Cash, S.D. e R.L. Ditterline 1996. Seed size effects on growth and N<sub>2</sub> fixation of juvenile sanfoin. *Field Crops Res.* **46**:145-151
- Castroviejo, S., C. Aedo, C. Benedí, M. Lainz, F.M. Garmendia, G.N. Feliner e J. Paiva 1997a. *Flora iberica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares* vol 8 (Setembro). Real Jardín Botánico, C.S.I.C., Madrid
- Castroviejo, S., C. Aedo, M. Lainz, R. Morales, F.M. Garmendia, G.N. Feliner e J. Paiva 1997b. *Flora iberica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares* vol 5. Real Jardín Botánico, C.S.I.C., Madrid
- Castroviejo, S., M. Lainz, G.L. González, P. Montserrat, F.M. Garmendia, J. Paiva e L. Villar 1986. *Flora iberica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares* vol 1. Real Jardín Botánico, C.S.I.C., Madrid
- Castroviejo, S., M. Lainz, G.L. González, P.

- Montserrat, F.M. Garmendia, J. Paiva e L. Villar 1990. *Flora iberica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares* vol 2. Real Jardín Botánico, C.S.I.C., Madrid
- Castroviejo, S., C. Aedo, S. Cirujano, M. Laínz, P. Montserrat, R. Morales, F.M. Garmendia, C. Navarro, J. Paiva e C. Soriano 1993a. *Flora iberica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares* vol 3. Real Jardín Botánico, C.S.I.C., Madrid
- Castroviejo, S., C. Aedo, C.G. Campo, M. Laínz, P. Montserrat, R. Morales, F.M. Garmendia, G.N. Feliner, E. Rico, S. Talavera e L. Villar 1993b. *Flora iberica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares* vol 4. Real Jardín Botánico, C.S.I.C., Madrid
- Cavers, P.B. e D.L. Benoit 1989. Seed banks in arable land. In: M.A. Leck, V.T. Parker e R.L. Simpson (eds.) *Ecology of soil seed banks*, pp. 309-328. Academic Press, Inc., San Diego
- Cavers, P.B., I.J. Bassett e C.W. Crompton 1980. The biology of Canadian weeds. 47. *Plantago lanceolata* L. *Can. J. Pl. Sci.* **60**:1269-1282
- Cavers, P.B., M.I. Heagy e R.F. Kokron 1979. The biology of Canadian weeds. 35. *Alliaria petiolata* (M. Bieb.) Cavara and Granle. *Can. J. Pl. Sci.* **59**:769-776
- Cerqueira, J.M.C. 1991. *Operações e máquinas-Agricultura geral*. Clássica Editora, Lisboa
- Chadoeuf, R., G. Barralis e J.P. Lonchamp 1984. Evolution du potentiel semencier de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. *7ème Colloque International Écologie, Biologie Systématique Mauvaises Herbes*:63-70
- Chambers, J.C. e J.A. MacMahon 1994. A day in the life of a seed: movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **25**:263-292
- Chambers, J.C., J.A. MacMahon e J.H. Haefner 1991. Seed entrapment in alpine ecosystems: effects of soil particle size and diaspore morphology. *Ecology* **72**:1668-1677
- Champness, S.C. 1949. Note on the technique of sampling soil to determine the content of buried viable seeds. *J. Brit. Grassl. Soc.* **4**:115-118
- Chancellor, R.J. 1964. The depth of weed seed germination in the field. *Proc. 7th British Weed Control Conference* **2**:607-613
- Chauvel, B., J. Gasquez e H. Darmency 1989. Changes of weed seed bank parameters according to species, time and environment. *Weed Res.* **29**:213-219
- Chepil, W.S. 1946. Germination of weed seeds: II. The influence of tillage treatments on germination. *Scien. Agric.* **26**:347-357
- Chu, C.C., R.D. Sweet e J.L. Ozbun 1978. Some germination characteristics in common lambsquarters (*Chenopodium album*). *Weed Sci.* **26**:255-258
- Clark, S.J., J.N. Perry e E.J.P. Marshall 1996. Estimating Taylor's power law parameters for weeds and the effect of spatial scale. *Weed Res.* **36**:405-417
- Cochran, D.G. 1963. *Sampling techniques*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York
- Cochran, W.G. 1950. Estimation of bacterial densities by means of the "most probable number". *Biometrics* **6**:105-116
- Conn, J.S., C.L. Cochran e J.A. DeLapp 1984. Soil seed bank changes after forest clearing and agricultural use in Alaska. *Weed Sci.* **32**:343-347
- Cook, R. 1980. The biology of seeds in soil. In: O.T. Solbrig (ed.) *Demography and evolution in plant populations*, pp.107-129. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Costa, J.V.B. 1975. *Caracterização e constituição do solo*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa
- Cousens, R. e S.R. Moss 1990. A model of the effects of cultivation on the vertical distribution of weed seeds within the soil. *Weed Res.* **30**:61-70
- Coutinho, A.X.P. 1939. *Flora de Portugal (plantas vasculares) dispostas em chaves dicotômicas*. 2ª ed. Bertrand (Irmãos), Ltd., Lisboa
- Cousens, R., G. Armas e R. Baweja 1994. Germination of *Rapistrum rugosum* (L.) All. from New South Wales, Australia. *Weed Res.* **34**:127-135
- Crespo, D.G. 1975. *Pastagens semeadas temporárias e permanentes de sequeiro*. INIA, Oeiras (mimeograf.)
- Cresswell, E.G. e J.P. Grime 1981. Phenology, demography and regeneration in herbaceous vegetation. *Unit of Comparative Plant Ecology (NERC) Annual Report 1981*, pp. 10-11. University of Sheffield, Sheffield
- Crompton, C.W., I.V. Hall, K.I.N. Jensen e P.D. Hildebrand 1988. The biology of Canadian weeds. 83. *Hypericum perforatum* L. *Can. J. Pl. Sci.* **68**:149-162
- Cussans, G.W., S.R. Moss e B.J. Wilson 1987. Straw disposal techniques and their influence on weeds and weed control. *1987 British Crop Protection Conference-Weeds*:97-106
- Cussans, G.W., S. Raudonius, P. Brain e S. Cumberworth 1996. Effects of depth of seed burial and soil aggregate size on seedling emergence of *Alopecurus myosuroides*, *Galium*

- aparine, *Stellaria media* and wheat. *Weed Res.* **36**:133-141
- Czabator, F.J. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *For. Sci.* **8**:386-396
- Dale, H.M. 1974. The biology of Canadian weeds. 54. *Daucus carota*. *Can. J. Pl. Sci.* **54**:673-685
- Darwin, C. 1859. *The origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*. (Edited with an introduction by J.W. Burrow), Penguin Books Ltd., Harmondsworth
- Dastgheib, F. 1989. Relative importance of crop seed, manure and irrigation water as sources of weed infestation. *Weed Res.* **29**:113-116
- Davidonis, G.H., A. Johnson, J. Landivar e O. Hinojosa 1996. Influence of low-weight seeds and notes on the fiber properties of other cotton seeds. *Field Crops Res.* **48**:141-153
- Davies, D.H.K., A. Christal, N.M. Fisher, H.M. Lawson e G.M. Wright 1998. Soil seedbank changes under non-rotational set-aside management and the relationship with vegetation development. *Aspects Appl. Biol.* **51**:255-264
- Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle-size analysis. In: C.A. Black, D.D. Evans, L.E. Ensminger, J.L. White, F.E. Clark e R.C. Dinauer (eds.) *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling*, pp. 545-567. American Society of Agronomy Inc., Publisher, Madison
- Debaeke, P. 1988. Dynamique de quelques dicotylédones adventices en culture de céréale. I. Relation flore levée-stock semencier. *Weed Res.* **28**:251-263
- Delevoryas, T. 1966. *Plant diversification*. Holt, Rinehart and Wiston, Inc., New York
- Delorit, R.J. 1970. *An illustrated taxonomy manual of weed seeds*. Agronomic Publications, River Falls
- Derksen, D.A., P.R. Watson e H.A. Loepki 1998. Weed community composition in seedbanks, seedling and mature plant communities in a multi-year trial in western Canada. *Aspects Appl. Biol.* **51**:43-50
- Derksen, D.A., A.G. Thomas, G.P. Lafond, H.A. Loepki e C.J. Swanton 1995. Impact of post-emergence herbicides on weed community diversity within conservation-tillage systems. *Weed Res.* **35**:311-320
- Desrochers, A.M., J.F. Bain e S.I. Warwick 1988. The biology of Canadian weeds. 89. *Carduus nutans* L. and *Carduus acanthoides* L. *Can. J. Pl. Sci.* **68**:1053-1068
- Dessaint, F. 1991. La répartition spatiale du stock semencier: comparaison de techniques statistiques. *Weed Res.* **31**:41-48
- Dessaint, F., R. Chadoeuf e G. Barralis 1990a. Etude de la dynamique d'une communauté adventice: II Influence à long terme des techniques culturales sur le potentiel semencier. *Weed Res.* **30**:297-306
- Dessaint, F., R. Chadoeuf e G. Barralis 1990b. Etude de la dynamique d'une communauté adventice: II Influence à long terme des techniques culturales sur la composition spécifique du stock semencier. *Weed Res.* **30**:319-330
- Dessaint, F., R. Chadoeuf e G. Barralis 1996a. Influence of tillage on the vertical distribution of simulated plastic seeds. *2nd International Weed Control Congress*:95-100
- Dessaint, F., G. Barralis, E. Beuret, M.L. Caixinhas, B.J. Post e G. Zanin 1990c. Etude coopérative EWRS: la détermination du potentiel semencier: I. Recherche d'une relation entre la moyenne et la variance d'échantillonnage. *Weed Res.* **30**:421-429
- Dessaint, F., G. Barralis, E. Beuret, M.L. Caixinhas, B.J. Post e G. Zanin 1992. Etude coopérative EWRS: la détermination du potentiel semencier: II - estimation de la précision relative sur la moyenne à partir de composites. *Weed Res.* **32**:95-101
- Dessaint, F., G. Barralis, M.L. Caixinhas, J.-P. Mayor, J. Recasens e G. Zanin 1996b. Precision of soil seedbank sampling: how many soil cores? *Weed Res.* **36**:143-151
- Desu, M.M. e D. Raghavarao 1990. *Sample size methodology*. Academic Press, Inc., San Diego
- Dewanji, A., D. Krewski e M.J. Goddard 1993. A Weibull model for the estimation of tumorigenic potency. *Biometrics* **49**:367-377
- Dias, A.S., L.S. Dias e I.P. Pereira 1996. Effect of temperature on the germination of *Cistus ladanifer* L. *Actas I Colóquio Internacional Ecologia Vegetação*:425-431
- Dias, M.A.S.R. e L.M.P.S. Dias 1982. *Pesquisa de interações alelopáticas entre Lolium perenne L., Medicago rugosa Desr., Trifolium subterraneum L. e Oxalis pes-caprae L. devidas a exsudados radiculares*. Relatório de estágio de Licenciatura, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa (mimeograf.)
- Dias, L.S. e I. Moreira 1992. Evaluation probabilistique du nombre de semences du sol. *C. R. Biologie Distribution Mauvaises Herbes. Potentiel Semencier Sols*:29, EWRS, Lisboa (mimeograf.)
- Diemer, M. e S. Prock 1993. Estimates of alpine

- seed bank size in two central european and one scandinavian subarctic plant communities. *Arct. Alp. Res.* **25**:194-200
- Doohan, D.J. e T.J. Monaco 1992. The biology of Canadian weeds. 99. *Viola arvensis* Murr. *Can. J. Pl. Sci.* **72**:187-201
- Dorado, J., L. Ambrosio e J.P. Monte 1995. Tamaño de muestra para la estimación del banco de semillas del suelo. *Congreso 1995 Sociedad Española Malherbología*:103-107
- Douglas, B.J., A.G. Thomas, I.N. Morrison e M.G. Maw 1985. The biology of Canadian weeds. 70. *Setaria viridis* (L.) Beauv. *Can. J. Pl. Sci.* **65**:669-690
- Doust, J.L., L.L. Doust e A.T. Groth 1990. The biology of Canadian weeds. 95. *Ranunculus repens*. *Can. J. Pl. Sci.* **70**:1123-1141
- Doust, L.L., A. MacKinnon e J.L. Doust 1985. The biology of Canadian weeds. 71. *Oxalis stricta* L., *O. corniculata* L., *O. dillenii* Jacq. ssp. *dillenii* and *O. dillenii* Jacq. ssp. *filipes* (Small) Eiten. *Can. J. Pl. Sci.* **65**:691-709
- Drabo, I., T.A.O. Ladeinde, R. Redden e J.B. Smithson 1985. Inheritance of seed size and number per pod in cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Field Crops Res.* **11**:335-344
- Draper, N.R. e H. Smith 1981. *Applied regression analysis*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Dubey, S.D. 1967. Normal and Weibull distributions. *Naval Res. Logist. Quart.* **14**:69-79
- Dubey, S.D. 1968. A compound Weibull distribution. *Naval Res. Logist. Quart.* **15**:179-188
- Dumur, D., C.J. Pilbeam e J. Craighon 1990. Use of the Weibull function to calculate cardinal temperatures in faba bean. *J. Exp. Bot.* **41**:1423-1430
- Durbin, J. e G.S. Watson 1951. Testing for serial correlation in least squares regression. II. *Biometrika* **38**:159-178
- Eastin, E.F. 1983. Smallflower morningglory (*Jacquemontiana tamnifolia*) germination as influenced by scarification, temperature, and seeding depth. *Weed Sci.* **31**:727-730
- Eckel, C.S., J.R. Bradley e J.W. Duyn 1992. Soybean growth and development alterations caused by *Helicoverpa zea* (Boddie) feeding. *Agron. J.* **84**:813-820
- Egley, G.H. e J.M. Chandler 1978. Germination and viability of weed seeds after 2.5 years in a 50-year buried seed study. *Weed Sci.* **26**:230-239
- Ellerton, R.R.W. 1978. Is the regression equation adequate? - A generalization. *Technometrics* **20**:313-315
- Elliott, J.M. 1977. *Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates*. Freshwater Biological Association, 2nd. ed., Titus Wilson and Son Ltd., Kendal
- Ellis, F.B., D.G. Christian e R.Q. Cannell 1982. Direct drilling, shallow tine-cultivation and ploughing on a silt loam soil, 1974-1980. *Soil & Till. Res.* **2**:115-130
- Elmore, C.D. sd. *Weed identification guide*. Southern Weed Science Society, Champaign
- Emmerich, W.E. e S.P. Hardegree 1990. Polyethylene glycol solution contact effects on seed germination. *Agron. J.* **82**:1103-1107
- Erasmus, D.J. e J. Staden 1986. Germination of *Chromolaena odorata* (L.) K. & R. achenes: effect of temperature, imbibition and light. *Weed Res.* **26**:75-81
- Erskine, W., P.C. Williams e H. Nakkoul 1985. Genetic and environmental variation in the seed size, protein, yield, and cooking quality of lentils. *Field Crops Res.* **12**:153-161
- Esso, M.L., C.M. Ghera e A. Soriano 1986. Cultivation effects on the dynamics of a johnson grass seed population in the soil profile. *Soil & Till. Res.* **6**:325-335
- Evertsz, C.J.G. e B.B. Mandelbrot 1992. Multifractal measures. In: H.O. Peitgen, H. Jürgens e D. Saupe *Chaos and fractals. New frontiers of science*, pp. 921-953. Springer-Verlag New York, Inc., New York
- Fay, P.F. e W.A. Olson 1978. Technique for separating weed seed from soil. *Weed Sci.* **26**:530-533
- Feast, P.M. e H.A. Roberts 1973. Note on the estimation of viable weed seeds in soil samples. *Weed Res.* **13**:110-113
- Feder, J. 1988. *Fractals*. Plenum Press, New York
- Feldman, S.R. e J.P. Lewis 1990. Output and dispersal of propagules of *Carduus acanthoides* L. *Weed Res.* **30**:161-169
- Feldman, S.R., C. Alzugaray, P.S. Torres e P. Lewis 1997. The effect of different tillage systems on the composition of the seedbank. *Weed Res.* **37**:71-76
- Feldman, S.R., C. Alzugaray, P.S. Torres e P. Lewis 1998. Gap colonization by weeds in a wheat crop grown under different cultivation regimes. *Weed Res.* **38**:35-45
- Fitter, A.H. e H.J. Peat 1994. The ecological flora database. *J. Ecol.* **82**:415-425
- Fitzpatrick, E.A. 1993. *Soil microscopy and micromorphology*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester

- Fogelfors, H. e U. Boström 1998. Effects of autumn tillage and reduced herbicide doses on the part of the weed seedbank that produce seedlings. *Aspects Appl. Biol.* **51**:229-236
- Forcella, F. 1984. A species-area curve for buried viable seeds. *Aust. J. Agric. Res.* **35**:645-652
- Forcella, F. 1992. Prediction of weed seedling densities from buried seed reserves. *Weed Res.* **32**:29-38
- Franco, J.A. 1971. *Nova flora de Portugal (Continente e Açores)* vol I. Ed. autor, Lisboa
- Franco, J.A. 1984. *Nova flora de Portugal (Continente e Açores)* vol II. Ed. autor, Lisboa
- Franco, J.A. M.L.R. Afonso 1994. *Nova flora de Portugal (Continente e Açores)* vol III(I). Escolar Editora, Lisboa
- Friedman, J.H. e B.W. Silverman 1989. Flexible parsimonious smoothing and additive modeling. *Technometrics* **31**:3-21
- Frontier, S. 1983. *Stratégies d'échantillonnage en écologie*. Masson S.A. e Les Presses de L'Université Laval, Paris, Québec
- Frontier, S. 1985. Diversity and structure in aquatic ecosystems. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **23**:253-312
- Froud-Williams, R.J. e R. Ferris 1987. Germination of proximal and distal seeds of *Poa trivialis* L. from contrasting habitats. *Weed Res.* **27**:245-250
- Froud-Williams, R.J., R.J. Chancellor e D.S.H. Drennan 1983. Influence of cultivation regime upon buried weed seeds in arable cropping systems. *J. Appl. Ecol.* **20**:199-208
- Gallagher, R.S. e J. Cardina 1998. Ecophysiological aspects of phytochrome-mediated germination in soil seed banks. *Aspects Appl. Biol.* **51**:165-172
- Garcia, M.A. 1995. Relationships between weed community and soil seed bank in a tropical agroecosystem. *Agric. Ecos. Environ.* **55**:139-146
- Gardner, W.R. 1956. Representation of soil aggregate-size distribution by a logarithmic-normal distribution. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **20**:151-153
- Garwood, N.C. 1989. Tropical soil seed banks: a review. In: M.A. Leck, V.T. Parker e R.L. Simpson (eds.) *Ecology of soil seed banks*, pp. 149-209. Academic Press, Inc., San Diego
- Geremia, F., J.F. Picard e J. Timbal 1984. Contribution à l'étude de l'expression du stock de graines de divers humus forestiers. *7ème Colloque international écologie, biologie, systématique mauvaises herbes* 1:99-106
- Geritz, S.A.H. 1995. Evolutionary stable seed polymorphism and small-scale variation in seedling density. *Am. Nat.* **146**:685-707
- Geritz, S.A.H. 1998. Co-evolution of seed size and seed predation. *Evolution. Ecol.* **12**:891-911
- Ghersa, C.M., M.A. Martinez-Ghersa, E.H. Satorre, M.L. Esso e C. Chichotky 1993. Seed dispersal, distribution and recruitment of seedlings of *Sorghum halepense* (L.) Pers. *Weed Res.* **33**:79-88
- Giere, J.P., K.M. Johnson e J.H. Perkins 1980. A closer look at no-till farming. *Environment* **22**:14-41
- Gomes, L.F., J.M. Chandler e C.E. Vaughan 1978. Aspects of germination, and seed production of three *Ipomoea* taxa. *Weed Sci.* **26**:245-248
- Goodchild, N.A. e M.G. Walker 1971. A method of measuring seed germination in physiological studies. *Ann. Bot.* **35**:615-621
- Górski, T., K. Górka e J. Nowicki 1977. Germination of seeds of various herbaceous species under leaf canopy. *Flora* **166**:249-259
- Górski, T., K. Górka e J. Rybicki 1978. Studies on the germination of seeds under leaf canopy. *Flora* **167**:289-299
- Gould, F. 1991. The evolutionary potential of crop pests. *Am. Scient.* **79**:496-507
- Goyeau, H. e G. Fablet 1982. Etude du stock de semences de mauvaises herbes dans le sol: le problème de l'échantillonnage. *Agronomie* **2**:545-552
- Grace, J.B. e J.S. Harrison 1986. The biology of Canadian weeds. 73. *Typha latifolia* L., *Typha angustifolia* L. and *Typha xglauca* Godr. *Can. J. Pl. Sci.* **66**:361-379
- Graham, D.J. e M.J. Hutchings 1988a. Estimation of the seed bank of a chalk grassland ley established on former arable land. *J. Appl. Ecol.* **25**:241-252
- Graham, D.J. e M.J. Hutchings 1988b. A field investigation of germination from the seed bank of a chalk grassland ley on former arable land. *J. Appl. Ecol.* **25**:253-263
- Granados, F.L. e L.G. Torres 1993. Seed bank and other demographic parameters of broomrape (*Orobancha crenata* Forsk.) populations in faba bean (*Vicia faba* L.). *Weed Res.* **33**:319-327
- Green, E.J., F.A. Roesch, A.F.M. Smith e W.E. Strawderman 1994. Bayesian estimation for the three-parameter Weibull distribution with tree diameter data. *Biometrics* **50**:254-269
- Grime, J.P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester
- Grime, J.P., J.G. Hodgson, R. Hunt, K. Thompson, G.A.F. Hendry, B.D. Campbell, A.



- Jalili, S.H. Hillier, S. Diaz e M.J.W. Burke 1993. Functional types: testing the concept in Northern England. *GCTE Workshop Plant Functional Types*, Charlottesville
- Gross, K.L. 1990. A comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. *J. Ecol.* **78**:1079-1093
- Gross, K.L. e K.A. Renner 1989. A new method for estimating seed numbers in the soil. *Weed Sci.* **37**:836-839
- Gross, K.L. e P.A. Werner 1978. The biology of Canadian weeds. 28. *Verbascum Thapsus* L. e *V. Blattaria* L. *Can. J. Pl. Sci.* **58**:401-413
- Gross, R.S., P.A. Werner e W.R. Hawthorn 1980. The biology of Canadian weeds. 38. *Arctium minus* (Hill) Bernh. and *A. lapa* L. *Can. J. Pl. Sci.* **60**:621-634
- Gutián, J. e J.M. Sánchez 1992. Seed dispersal spectra of plant communities in the Iberian Peninsula. *Vegetatio* **98**:157-164
- Gundry, A.C. e A. Mead 1998. Modelling the effects of seed depth on weed seedling emergence. *Aspects Appl. Biol.* **51**:75-82
- Gundry, A.C., A. Mead e W. Bond 1996. Modelling the effect of weed-seed distribution in the soil profile on seedling emergence. *Weed Res.* **36**:375-384
- Guterman, Y. 1985. Flowering, seed development, and the influences during maturation on seed germination of annual weeds. In: S.O. Duke (ed.) *Weed physiology. I. Reproduction and ecophysiology*, pp. 1-25. CRC Press, Inc., Boca Raton
- Guyot, L. 1984. De l'intérêt de l'étude du comportement des semences souterraines viables des espèces adventices pour la connaissance des conditions d'évolution du tapis végétal de surface. *7ème Colloque International Écologie, Biologie, Systématique Mauvaises Herbes* **1**:107-114
- Häfliger, E. e H. Scholz 1980. *Grass weeds 1. Weeds of the subfamily Panicoideae*. CIBA-GEIGY Ltd., Basle
- Häfliger, E. e J. Brun-Hool sd. *Tabela de plantas daninhas Ciba-Geigy*. CIBA-GEIGY Ltd., Basileia
- Häfliger, E. e H. Scholz 1981. *Grass weeds 2. Weeds of the subfamilies Chloridoideae, Pooideae, Oryzoideae*. CIBA-GEIGY Ltd., Basle
- Häfliger, E., U. Kühn, L. Hämet-Ahti, C.D.K. Cook, R. Faden e F. Speta 1982. *Monocot weeds 3. Monocot weeds excluding grasses*. CIBA-GEIGY Ltd., Basle
- Hall, E.S., P. Threadgill e R.W. Jones 1988. The biology of Canadian weeds. 84. *Oenothera biennis* L. *Can. J. Pl. Sci.* **68**:163-173
- Hansen, K. 1911. Ukrudsfrøets forekomst og levedygtighed. *Ugeskr. Landm.* **56**:149-151
- Harper, J.L. 1961. Approaches to the study of plant competition. *Symp. Soc. Exp. Biol.* **15**:1-39
- Harper, J.L. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press Inc. (London) Ltd, London
- Harper, J.L., P.H. Lovell e K.G. Moore 1970. The shapes and sizes of seeds. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **1**:327-356
- Hawthorn, W.R. 1974. The biology of Canadian weeds. 4. *Plantago major* and *P. rugelii*. *Can. J. Pl. Sci.* **54**:383-396
- Hazony, Y. 1979. Algorithms for parallel processing: curve and surface definition with Q-splines. *Comput. Graphics* **4**:165-176
- Heatherly, L.G. e C.D. Elmore 1983. Response of soybeans (*Glycine max*) to planting in untilled, weedy seedbed on clay soil. *Weed Sci.* **31**:93-99
- Hebden, P.M., S.J. Rodger, G. Wright e G. Squire 1998. Effects of rotation and cropping system on dynamics of seedbank species diversity. *Aspects Appl. Biol.* **51**:243-248
- Hedge, S.G., R. Loksha, K.N. Ganeshiah e R.U. Shaanker 1991. Seed size distribution in plants: an explanation based on fractal geometry. *Oikos* **62**:100-101
- Hegarty, T.W. e S.M. Royle 1978. Soil impedance as a factor reducing crop seedling emergence, and its relation to soil conditions at sowing, and to applied water. *J. Appl. Ecol.* **15**:897-904
- Heithaus, E.R. 1981. Seed predation by rodents on three ant-dispersed plants. *Ecology* **62**:136-145
- Heithaus, E.R. 1986. Seed dispersal mutualism and the population density of *Asarum canadense*, an ant-dispersed plant. In: A. Estrada e R.H. Fleming (eds.) *Frugivores and seed dispersal*, pp. 199-210. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht
- Henderson, C.B., K.E. Petersen e R.A. Redak 1988. Spatial and temporal patterns in the seed bank and vegetation of a desert grassland community. *J. Ecol.* **76**:717-728
- Hendry, G.A.F., K. Thompson, C.J. Moss, E. Edwards e P.C. Thorpe 1994. Seed persistence: a correlation between seed longevity in the soil and *ortho*-dihydroxyphenol concentration. *Function. Ecol.* **8**:658-664
- Heydecker, W. 1966. Clarity in recording germination data. *Nature* **210**:753-754
- Heydecker, W. 1972. Vigour. In: E.H. Roberts (ed.) *Viability of seeds*, pp. 209-252. Chapman and Hall Ltd, London
- Hezewijk, M.J., K.-H. Linke, F.L. Granados,

- O.A. Menoufi, L.G. Torres, M.C. Saxena, J.A.C. Verkleij e A.H. Pieterse 1994. Seasonal changes in germination response of buried seeds of *Orobancha crenata* Forsk. *Weed Res.* **34**:369-376
- Hidalgo, M.J.J., M. Saavedra e L.G. Torres 1990a. Dynamics of *Phalaris brachystachys* and *P. paradoxa* populations in winter wheat. *Proc. EWRS Symposium 1990, Integrated Weed Management in Cereals*:37-43
- Hidalgo, M.J.J., M. Saavedra e L.G. Torres 1990b. Notas sobre dinámica de poblaciones de *Phalaris brachystachys* y *P. paradoxa* en una rotación de trigo/girasol. *Actas Reunión 1990 Sociedad Española Malherbología*:299-306
- Hidalgo, M.J.J., M. Saavedra e L.G. Torres 1991. La emergencia de *Phalaris* spp. en el sur de España. *Actas Reunión 1991 Sociedad Española Malherbología*:65-69
- Hill, N.M., D.G. Patriquin e S.P.V. Kloet 1989. Weed seed bank and vegetation at the beginning and end of the first cycle of a 4-course crop rotation with minimal weed control. *J. Appl. Ecol.* **26**:233-246
- Hill, R.C., G.C. Judge e T.B. Fomby 1978. On testing the adequacy of a regression model. *Technometrics* **20**:491-494
- Hill, R.C., G.C. Judge e T.B. Fomby 1980. Is the regression equation adequate?-A reply. *Technometrics* **22**:127-128
- Hines, W.W. e D.C. Montgomery 1980. *Probability and statistics in engineering and management sciences* 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York
- Hoaglin, D.C. e R.E. Welsch 1978. The hat matrix in regression and ANOVA. *Am. Stat.* **32**:17-22
- Hocking, P.J. e B.T. Steer 1989. Effects of seed size, cotyledon removal and nitrogen stress on growth and on yield components of oilseed sunflower. *Field Crops Res.* **22**:59-75
- Hocking, R.R. 1983. Developments in linear regression methodology: 1959-1982. *Technometrics* **25**:219-230
- Holm, L.G., D.L. Plucknett, J.V. Pancho e J.P. Herberger 1977. *The world's worst weeds. Distribution and biology*. The University Press of Hawaii, Honolulu
- Holroyd, J. 1964. The emergence and growth of *Avena fatua* from different depths in the soil. *Proc. 7th British Weed Control Conference*:621-627
- Holzner, W., I. Hayashi e J. Glauning 1982. Reproductive strategy of annual agrestals. In: W. Holzner e M. Numata (eds.) *Biology and ecology of weeds*, pp. 111-121. Dr W. Junk Publishers, The Hague
- Howe, H.F. e J. Smallwood 1982. Ecology of seed dispersal. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **13**:201-228
- Hsu, F.H., C.J. Nelson e W.S. Chow 1984. A mathematical model to utilize the logistic function in germination and seedling growth. *J. Exp. Bot.* **35**:1629-1640
- Hughes, L., M. Dunlop, K. French, M.R. Leishman, B. Rice, L. Rodgerson e M. Westoby 1994. Predicting dispersal spectra: a minimal set of hypotheses based on plant attributes. *J. Ecol.* **82**:933-950
- Hulme, P.E. 1994. Post-dispersal seed predation in grassland: its magnitude and sources of variation. *J. Ecol.* **82**:645-652
- Hume, L., J. Martinez e K. Best 1983. The biology of Canadian weeds. 60. *Polygonum convolvulus* L. *Can. J. Pl. Sci.* **63**:959-971
- Hurlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* **52**:577-586
- Hutcheon, J.A., C.D. Stride e K.J. Wright 1998. Manipulation of weed seedbanks in reduced tillage systems for sustainable weed control. *Aspects Appl. Biol.* **51**:249-254
- Hutchinson, I., J. Colosi e R.A. Lewin 1984. The biology of Canadian weeds. 63. *Sonchus asper* (L.) Hill and *S. oleraceus* L. *Can. J. Pl. Sci.* **64**:731-744
- Izquierdo, J. e J. Recasens 1990. Relacion entre la flora real y la flora potencial en un suelo agricola. *Actas Reunión 1990 Sociedad Española Malherbología*:263-270
- Jacobsohn, R. e R. Marcus 1988. Quantitative determination of broomrape (*Orobancha* spp.) seeds in vetch seeds. *Weed Res.* **28**:159-162
- Janssen, J.G.M. 1973. A method of recording germination curves. *Ann. Bot.* **37**:705-708
- Jauzein, P. 1990. *Clé de détermination des plantules dicotylédones (cotylédons présents intacts)*. Documento distribuído no Specialist Course on Weed Biology and Control for Mediterranean Conditions, Zaragoza (mimeograf.)
- Jauzein, P. e J. Montegut 1990. *Graminées. Clé des espèces au stade plantule. Clé des espèces au stade végétatif*. Documento distribuído no Specialist Course on Weed Biology and Control for Mediterranean Conditions, Zaragoza (mimeograf.)
- Jensen, V. 1974. Decomposition of angiosperm tree leaf litter. In: C.H. Dickinson e G.J.F. Pugh (eds.) *Biology of plant litter decomposition*, vol 1, pp. 69-104. Academic Press Inc. (London) Ltd., London

- Joel, D.M., V.H. Portnoy e N. Katzir 1998. Use of DNA fingerprint for soil-borne identification. *Aspects Appl. Biol.* **51**:23-27
- Johnson, E.A. e G.I. Fryer 1992. Physical characterization of seed microsites - movement on the ground. *J. Ecol.* **80**:823-836
- Johnston, S.K., R.H. Crowley e D.S. Murray 1978. Separating seed by species with CaCl<sub>2</sub> solutions. *Weed Sci.* **26**:213-215
- Jones, D. 1984. Use, misuse, and role of multiple-comparison procedures in ecological and agricultural entomology. *Environ. Entomol.* **13**:635-649
- Jones, N.E. 1998. The number of soil cores required to accurately estimate the seed bank on arable land. *Aspects Appl. Biol.* **51**:1-8
- Jurado, E. e M. Westoby 1992. Seedling growth in relation to seed size among species of arid Australia. *J. Ecol.* **80**:407-416
- Jurado, E., M. Westoby e D. Nelson 1991. Diaspore weight, dispersal, growth form and perennality of central Australian plants. *J. Ecol.* **79**:811-830
- Karssen, C.M. 1980/81. Patterns of change in dormancy during burial of seeds in soil. *Israel J. Bot.* **29**:65-73
- Kleinbaum, D.G., L.L. Kupper e K.E. Muller 1988. *Applied regression analysis and other multivariable methods*. 2nd. ed. Duxbury Press, Belmont
- Kotowski, F. 1926. Temperature relations to germination of vegetable seed. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* **23**:176-181
- Kropác, Z. 1966. Estimation of weed seeds in arable soil. *Pedobiologia* **6**:105-128
- Krummel, J.R., R.H. Gardner, G. Sugihara, R.V. O'Neill e P.R. Coleman 1987. Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos* **48**:321-324
- Kuijt, J. 1969. *The biology of parasitic flowering plants*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles
- Kuiper, D. e P.J.C. Kuiper 1988. Phenotypic plasticity in a physiological perspective. *Oecol. Plant.* **9**:43-59
- Laird, R.J. e F.B. Cady 1969. Combined analysis of yield data from fertilizer experiments. *Agron. J.* **61**:829-834
- Laranjeira, A.I.L. 1999. *Efeito de rotações no banco de sementes do solo*. Trabalho de fim de Curso, Universidade de Évora, Évora (mimeograf.)
- Lavorel, S., M. Debussche, J.-D. Lebreton e J. Lepart 1993. Seasonal patterns in the seed bank of Mediterranean old-fields. *Oikos* **67**:114-128
- Lawson, H.M. 1988. The use of weed seedbank in the selection of herbicide recommendations. *Weed Res.* **28**:486-487
- Leck, M.A. 1989. Wetland seed banks. In: M.A. Leck, V.T. Parker e R.L. Simpson (eds.) *Ecology of soil seed banks*, pp. 283-305. Academic Press, Inc., San Diego
- Leck, M.A. e K.J. Graveline 1979. The seed bank of a freshwater tidal marsh. *Amer. J. Bot.* **66**:1006-1015
- Leck, M.A. e R.L. Simpson 1987a. Seed bank of a freshwater tidal wetland: turnover and relationship to vegetation change. *Amer. J. Bot.* **74**:360-370
- Leck, M.A. e R.L. Simpson 1987b. Spore bank of a Delaware river freshwater tidal wetland. *Bull. Torrey Bot. Club* **114**:1-7
- Lee, K.E. 1985. *Earthworms, their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press Australia, North Ryde
- Legendre, L. e P. Legendre 1979. *Écologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques. 2. La structure des données écologiques*. Masson S.A. e Presses de l'Université du Québec, Paris
- Leishman, M.R. e M. Westoby 1994a. The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions - experimental evidence from semi-arid species. *J. Ecol.* **82**:249-258
- Leishman, M.R. e M. Westoby 1994b. Hypotheses on seed size: tests using the semiarid flora of Western New South Wales, Australia. *Am. Nat.* **143**:890-906
- Leishman, M.R., M. Westoby e E. Jurado 1995. Correlates of seed size variation: a comparison among five temperate floras. *J. Ecol.* **83**:517-529
- Lemna, W.K. e C.G. Messersmith 1990. The biology of Canadian weeds. 94. *Sonchus arvensis* L. *Can. J. Pl. Sci.* **70**:509-532
- Levey, D.J. e A. Grajal 1991. Evolutionary implications of fruit-processing limitations in cedar waxwings. *Am. Nat.* **138**:171-189
- Lloyd, D.G. 1987. Selection of offspring size at independence and other size-versus-number strategies. *Am. Nat.* **129**:800-817
- Loehle, C. e B.L. Li 1996. Statistical properties of ecological and geologic fractals. *Ecol. Model.* **85**:271-284
- Lofty, J.R. 1974. Oligochaetes. In: C.H. Dickinson e G.J.F. Pugh (eds.) *Biology of plant litter decomposition*, vol. 2, pp. 467-488. Academic Press Inc. (London) Ltd., London
- Longer, D.E., E.J. Lorenz e J.T. Cothren 1986. The influence of seed size on soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] emergence under simulated soil crust conditions. *Field Crops Res.* **14**:371-

375

- Lopez, C., P. Abramovsky, J.L. Verdier e J. Mamarot 1988. Estimation du stock semencier dans le cadre d'un essai étudiant l'influence de systèmes culturaux sur l'évolution de la flore adventice. *Weed Res.* **28**:215-221
- Lord, J., M. Westoby e M. Leishman 1995. Seed size and phylogeny in six temperate floras: constraints, niche conservatism, and adaptation. *Am. Nat.* **146**:349-364
- Louda, S.M. 1989. Predation in the dynamics of seed regeneration. In: M.A. Leck, V.T. Parker e R.L. Simpson (eds.) *Ecology of soil seed banks*, pp. 25-51. Academic Press, Inc., San Diego
- Lyon, J.L. e R.J. Coffelt 1966. Rapid method for determining numerical indexes for time-course curves. *Nature* **211**:330
- Mack, A.L. 1993. The size of vertebrate-dispersed fruits: a neotropical-paleotropical comparison. *Am. Nat.* **142**:840-856
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* **2**:176-177
- Maillet, J. e H. Traore 1989. Evaluation du potentiel semencier de vignobles méditerranéens. *Proc. 4th EWRS Symposium Weed Problems Mediterranean Climates*:215-222
- Mal, T.K., J.L. Doust, L.L. Doust e G.A. Mulligan 1992. The biology of Canadian weeds. 100. *Lythrum salicaria*. *Can. J. Pl. Sci.* **72**:1305-1330
- Malik, N. e W.H. Born 1988. The biology of Canadian weeds. 86. *Galium aparine* L. and *Galium spurium* L. *Can. J. Pl. Sci.* **68**:481-499
- Mallows, C.L. 1973. Some comments on  $C_p$ . *Technometrics* **15**:661-675
- Malone, C.R. 1967. A rapid method for enumeration of viable seeds in soil. *Weeds* **15**:381-382
- Mandelbrot, B. 1967. How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension. *Science* **156**:636-638
- Mandelbrot, B. 1991. *Objectos fractais. Forma, acaso e dimensão seguido de Panorama da linguagem fractal*. Gradiva - Publicações Lda., Lisboa
- Mandelbrot, B.B. 1983. *The fractal geometry of nature*. W.H. Freeman and Company, New York
- Marañón, T. e J.W. Bartolome 1989. Seed and seedling populations in two contrasted communities: open grassland and oak (*Quercus agrifolia*) understory in California. *Oecol. Plant.* **10**:147-158
- Marañón, T. e J.W. Bartolome 1994. Coast live oak (*Quercus agrifolia*) effects on grassland biomass and diversity. *Madroño* **41**:39-52
- Marañón, T. e P.J. Grubb 1993. Physiological basis and ecological significance of the seed size and relative growth rate relationship in Mediterranean annuals. *Function. Ecol.* **7**:591-599
- Marks, M.K. e A.C. Nwachuku 1986. Seed-bank characteristics in a group of tropical weeds. *Weed Res.* **26**:151-157
- Marquardt, D.W. 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *J. Soc. Indust. Appl. Math.* **11**:431-441
- Maun, M.A. e S.C.H. Barrett 1986. The biology of Canadian weeds. 77. *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *Can. J. Pl. Sci.* **66**:739-759
- Maw, M.G., A.G. Thomas e A. Stahevitch 1985. The biology of Canadian weeds. 66. *Artemisia absinthium* L. *Can. J. Pl. Sci.* **65**:389-400
- Mayer, F., H. Albrecht e J. Pfadenhauer 1998. The transport of seeds by soil-working implements. *Aspects Appl. Biol.* **51**:83-89
- Mayer, R. 1948. *As Geórgicas de Vergílio. Versão em prosa dos três primeiros livros e comentários de um agrônomo*. Livraria Sá da Costa, Lisboa
- Mayor, J.-P. e F. Dessaint 1998. Influence of weed management strategies on soil seedbank diversity. *Weed Res.* **38**:95-105
- McCanny, S.J. e P.B. Cavers 1988. Spread of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) in Ontario, Canada. II. Dispersal by combines. *Weed Res.* **28**:67-72
- McCloskey, M.C., L.G. Firbank, A.R. Watkinson e D.J. Webb 1998. Interactions between weeds of winter wheat under different fertilizer, cultivation and weed management treatments. *Weed Res.* **38**:11-24
- McGraw, J.B. 1980. Seed bank size and distribution of seeds in cottongrass tussock tundra, Eagle Creek, Alaska. *Can. J. Bot.* **58**:1607-1611
- McNeill, J. 1977. The biology of Canadian weeds. 25. *Silene alba* (Miller) E. H. L. Krause. *Can. J. Pl. Sci.* **57**:1103-1114
- McRill, M. e G.R. Sagar 1973. Earthworms and seeds. *Nature* **22**:482
- Mead, A., A.C. Grundy e S. Burston 1998. Predicting the movement of seeds following cultivation. *Aspects Appl. Biol.* **51**:91-98
- Michaels, H.J., B. Benner, A.P. Hartgerink, T.D. Lee, S. Rice, M.F. Willson e R.I. Bertin 1988. Seed size variation: magnitude, distribution, and ecological correlates. *Evolution. Ecol.* **2**:157-166
- Miège, J. e J.-M. Mascherpa 1979. Etude des surfaces tégumentaires des graines de quelques

- Phaseoleae: méthodologie. *Candollea* **34**:87-97
- Miège, J. e J. Wuest 1984. Morphologie tegumentaire de diaspores d'adventices. *Proc. EWRS 3rd Symposium Weed Problems Mediterranean Area* **2**:427-436
- Miele, S., M. Macchia, A. Cozzani e P. Bàrberi 1998. Prediction of weed flora emergence from buried seed reserves in sugar beet. *Aspects Appl. Biol.* **51**:29-36
- Milberg, P. 1995. Soil seed bank after eighteen years of succession from grassland to forest. *Oikos* **72**:3-13
- Milberg, P. 1997. Weed seed germination after short-term light exposure: germination rate, photon fluence response and interaction with nitrate. *Weed Res.* **37**:157-164
- Milberg, P. e M.L. Hansson 1993. Soil seed bank and species turnover in a limestone grassland. *J. Veg. Sci.* **4**:35-42
- Miller, A.C.E., P.J.W. Lutman, K.J. Wright e G. M. Wright 1998. A preliminary report on patterns of seedbank decline and the relationship between seedbank and seedling emergence for seven arable weed species in winter wheat. *Aspects Appl. Biol.* **51**:59-67
- Miller, S.D. e J.D. Nalewaja 1990. Influence of burial depth on wild oats (*Avena fatua*) seed longevity. *Weed Technol.* **4**:514-517
- Miyanishi, K. e P.B. Cavers 1980. The biology of Canadian weeds. 40. *Portulaca oleracea* L. *Can. J. Pl. Sci.* **60**:953-963
- Mohler, C.L. e A.E. Galford 1997. Weed seedling emergence and seed survival: separating the effects of seed position and soil modification by tillage. *Weed Res.* **37**:147-155
- Montegut, J. sd. *Pérennes et vivaces*. Monsanto
- Montegut, J. 1990. *Mauvaises herbes. Reconnaissance au stade plantule*. Documento distribuído no Specialist Course on Weed Biology and Control for Mediterranean Conditions, Zaragoza (mimeograf.)
- Monteiro, I. e F. Rocha 1992. Prospection de biotypes résistants à l'atrazine: analyse de la flore potentielle du sol. *C. R. Biologie Distribution Mauvaises Herbes. Potentiel Semencier Sols*:15-18, EWRS, Lisboa (mimeograf.)
- Moore, R.J. 1975. The biology of Canadian weeds. 13. *Cirsium arvense* (L.) Scop. *Can. J. Pl. Sci.* **55**:1033-1048
- Moore, J.M. e R.W. Wein 1977. Viable seed populations by soil depth and potential site recolonization after disturbance. *Can. J. Bot.* **55**:2408-2412
- Moreira, I., J.-L. Guillermin, L. Caixinhas, D. Espírito-Santo, T. Vasconcelos 1986. *Ervas daninhas das vinhas e pomares*. Departamento de Botânica, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa
- Morin, C. e A. Wojewodka 1984. Evaluation du potentiel semencier d'un sol. *7ème Colloque International Écologie, Biologie, Systématique Mauvaises Herbes* **1**:55-62
- Moss, S. 1985a. Straw burning and its effects on weeds. In: J. Hardcastle (ed.) *Straw Soils and Science*, pp.18-19. Agricultural and Food Research Council, London
- Moss, S.R. 1985b. The survival of *Alopecurus myosuroides* Huds. seeds in soil. *Weed Res.* **25**:201-211
- Moss, S.R. 1987. Influence of tillage, straw disposal system and seed return on the population dynamics of *Alopecurus myosuroides* Huds. in winter wheat. *Weed Res.* **27**:313-320
- Moss, S.R. 1988. Influence of cultivations on the vertical distribution of weed seeds in the soil. *VIIIème Colloque International Biologie, Écologie Systematique Mauvaises Herbes*:71-80
- Mulligan, G.A. e L.G. Bailey 1975. The biology of Canadian weeds. 8. *Sinapis arvensis* L. *Can. J. Pl. Sci.* **55**:171-183
- Mulligan, G.A. e J.N. Findlay 1974. The biology of Canadian weeds. 3. *Cardaria draba*, *C. chaelepis*, and *C. pubescens*. *Can. J. Pl. Sci.* **54**:149-160
- Mulligan, G.A. e B.E. Junkins 1976. The biology of Canadian weeds. 17. *Cyperus esculentus* L. *Can. J. Pl. Sci.* **56**:339-350
- Murray, D.R. 1984. The seed and survival. In: D.R. Murray (ed.) *Seed physiology*, vol. 1, pp. 1-40. Academic Press Australia, North Ryde
- Navarrete, L. e C.F. Quintanilla 1996. The influence of crop rotation and soil tillage on seed population dynamics of *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*. *Weed Res.* **36**:123-131
- Navie, S.C., F.D. Panetta, R.E. McFadyen e S.W. Adkins 1998. Behaviour of buried and surface-sown seeds of *Parthenium hysterophorus*. *Weed Res.* **38**:335-341
- Nègre, R. 1959. Révision des Medicago d'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* **50**: 267-314
- Noffsinger, S.L. e E. Santen 1995. Yield and yield components of spring-sown white lupin in the Southeastern USA. *Agron. J.* **87**:493-497
- Norris, R.F. 1992. Have ecological and biological studies improved weed control strategies? *Proc. First International Weed Control Congress*:7-33
- O'Connor, T.G. 1991. Local extinction in

- perennial grasslands: a life-history approach. *Am. Nat.* **137**:753-773
- O'Donovan, J.T. e M.P. Sharma 1987. The biology of Canadian weeds. 78. *Galeopsis tetrahit* L. *Can. J. Pl. Sci.* **67**:787-796
- Odum, E.P., T.Y. Park e K. Hutcheson 1994. Comparison of the weedy vegetation in old-fields and crop fields on the same site reveals that fallowing crop fields does not result in seedbank buildup of agricultural weeds. *Agric. Ecos. Environ.* **49**:247-252
- Ødum, S. 1965. Germination of ancient seeds. Floristical observations and experiments with archaeological dated soil samples. *Dansk Bot. Arkiv* **24**:1-70
- Ohtsuka, T. e M. Ohsawa 1994. Accumulation of buried seeds and establishment of ruderal therophytic communities in disturbed habitat, central Japan. *Vegetatio* **110**:83-96
- Oomes, M.J.M. e W.T. Elberse 1976. Germination of six grassland herbs in microsites with different water contents. *J. Ecol.* **64**:745-755
- Osunkoya, O.O., J.E. Ash, M.S. Hopkins e A.W. Graham 1994. Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance of rain-forest tree species in Northern Queensland. *J. Ecol.* **82**:149-163
- Paatela, J. e L.-R. Erviö 1971. Weed seeds in cultivated soils in Finland. *Ann. Agric. Fenniae* **10**:144-152
- Pandey, H.N. e S.K. Dubey 1988. Achene germination of *Parthenium hysterophorus* L.: effects of light, temperature, provenance and achene size. *Weed Res.* **28**:185-190
- Panetta, F.D. 1985. Population studies on pennyroyal mint (*Mentha pulegium* L.) II. Seed banks. *Weed Res.* **25**:311-315
- Pareja, M.R. e D.W. Staniforth 1985. Seed-soil microsite characteristics in relation to weed seed germination. *Weed Sci.* **33**:190-195
- Pareja, M.R., D.W. Staniforth e G.P. Pareja 1985. Distribution of weed seed among soil structural units. *Weed Sci.* **33**:182-189
- Parker, V.T. e V.R. Kelly 1989. Seed banks in California chaparral and other Mediterranean climate shrublands. In: M.A. Leck, V.T. Parker e R.L. Simpson (eds.) *Ecology of soil seed banks*, pp. 231-255. Academic Press, Inc., San Diego
- Parker, V.T. e M.A. Leck 1985. Relationships of seed banks to plant distribution patterns in a freshwater tidal wetland. *Amer. J. Bot.* **72**:161-174
- Parker, V.T., R.L. Simpson e M.A. Leck 1989. Pattern and process in the dynamics of seed banks. In: M.A. Leck, V.T. Parker e R.L. Simpson (eds.) *Ecology of soil seed banks*, pp. 367-384. Academic Press, Inc., San Diego
- Peart, M.H. 1981. Further experiments on the biological significance of the morphology of seed-dispersal units in grasses. *J. Ecol.* **69**:425-436
- Peart, M.H. 1984. The effects of morphology, orientation and position of grass diaspores on seedling survival. *J. Ecol.* **72**:437-453
- Peart, M.H. e H.T. Clifford 1987. The influence of diaspore morphology and soil-surface properties on the distribution of grasses. *J. Ecol.* **75**:569-576
- Pereira, I.P., A.S. Dias e L.S. Dias 1993. Effects of heat treatment on the germination of *Cistus ladanifer* L. *Acta Horticult.* **344**:229-237
- Perfect, E. e B.D. Kay 1991. Fractal theory applied to soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **55**:1552-1558
- Perfect, E. e B.D. Kay 1994. Influence of corn management on dry aggregate tensile strength: Weibull analysis. *Soil & Till. Res.* **32**:149-161
- Perfect, E., B.D. Kay e V. Rasiyah 1993a. Multifractal model for soil aggregate fragmentation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **57**:896-900
- Perfect, E., B.D. Kay e V. Rasiyah 1994. Unbiased estimation of the fractal dimension of soil aggregate size distributions. *Soil & Till. Res.* **31**:187-198
- Perfect, E., V. Rasiyah e B.D. Kay 1992. Fractal dimensions of soil aggregate-size distributions calculated by number and mass. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **56**:1407-1409
- Perfect, E., B.D. Kay, J.A. Ferguson, A.P. Silva e K.A. Denholm 1993b. Comparison of functions for characterizing the dry aggregate size distribution of tilled soil. *Soil & Till. Res.* **28**:123-139
- Peters, N.C.B. 1985. Competitive effects of *Avena fatua* L. plants derived from seeds of different weights. *Weed Res.* **25**:67-77
- Peters, N.C.B. 1986. Factors affecting seedling emergence of different strains of *Avena fatua* L. *Weed Res.* **26**:29-38
- Peterson, C.M., B. Klepper e R.W. Rickman 1989. Seed reserves and seedling development in winter wheat. *Agron. J.* **81**:245-251
- Peyronel, B. 1953. Sulla presenza di semi germinabili a varie profondità nel terreno lavorato e nel terreno incolto. *Allionia* **1**:257-265
- Philips, R.E. e S.H. Philips (eds.) 1984. *No-tillage agriculture. Principles and practices*. Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York

- Philips, R.E., R.L. Blevins, G.W. Thomas, W.W. Frye e S.H. Philips 1980. No-tillage agriculture. *Science* **208**:1108-1113
- Pickett, S.T.A. e M.J. McDonnell 1989. Seed bank dynamics in temperate deciduous forest. In: M.A. Leck, V.T. Parker e R.L. Simpson (eds.) *Ecology of soil seed banks*, pp. 123-147. Academic Press, Inc., San Diego
- Pielou, E.C. 1977. *Mathematical ecology*. John Wiley & Sons, Inc., New York
- Piggin, C.M. 1976. Factors affecting seed germination of *Echium plantagineum* L. and *Trifolium subterraneum* L. *Weed Res.* **16**:337-344
- Pijl, L. 1972. *Principles of dispersal in higher plants*. 2nd ed. Springer-Verlag, Heidelberg
- Popay, A.I. e G.W. Ivens 1982. East Africa. In: W. Holzner e M. Numata (eds.) *Biology and ecology of weeds*, pp. 345-372. Dr W. Junk Publishers, The Hague
- Popay, A.I. e R.W. Medd 1990. The biology of Australian weeds 21. *Carduus nutans* L. ssp *nutans*. *Pl. Protect. Quart.* **5**:3-13
- Popay, A.I., T.I. Cox, A. Ingle e R. Kerr 1994. Effects of soil disturbance on weed seedling emergence and its long-term decline. *Weed Res.* **34**:403-412
- Post, B.J. 1984. Physical and chemical treatments for assessing the seed bank in soil samples. *7th International Symposium on Weed Biology, Ecology Systematics* **1**:71-79
- Post, B.J. 1986. Factors of influence on the development of an arable weed vegetation. *Proc. EWRS Symposium 1986, Economic Weed Control*, pp. 317-325
- Post, B.J. e H. Oeveren 1998. Effect of date of sampling and germination temperature on seedbank estimates of arable weed species. *Aspects Appl. Biol.* **51**:37-42
- Powers, K.D., R.E. Noble e R.H. Chabreck 1978. Seed distribution by waterfowl in Southwestern Louisiana. *J. Wildl. Manag.* **42**:598-605
- Primack, R.B. 1987. Relationships among flowers, fruits, and seeds. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **18**:409-430
- Qiu, J. e J.A. Mosjidis 1993. Influence of seed weight and planting depth on common vetch establishment and growth. *Field Crops Res.* **33**: 353-366
- Rasiah, V., B.D. Kay e E. Perfect 1992. Evaluation of selected factors influencing aggregate fragmentation using fractal theory. *Can. J. Soil Sci.* **72**:97-106
- Rasiah, V., B.D. Kay e E. Perfect 1993. New mass-based model for estimating fractal dimensions of soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **57**:891-895
- Reader, R.J. 1993. Control of seedling emergence by ground cover and seed predation in relation to seed size for some old-field species. *J. Ecol.* **81**:169-175
- Recasens, J., F. Riba, J. Izquierdo e A. Taberner 1991. L'análisi del banc de llavors de males herbes de sòls agrícoles. Aspectes metodològics. *Ilerda "Ciències"* **49**:83-102
- Recasens, J., J. Izquierdo, J. Tomas, A. Taberner e F. Riba 1992. Comparaison de le stock semencier en mauvaises herbes de deux parcelles d'une même region. Relation entre la moyenne et la variance d'échantillonnage. *C. R. Biologie Distribution Mauvaises Herbes. Potentiel Semencier Sols*:10-14, EWRS, Lisboa (mimeograf.)
- Rees, M. 1995. Community structure in sand dune annuals: is seed weight a key quantity? *J. Ecol.* **83**:857-863
- Reis, R.M.M. e M.Z. Gonçalves 1987. *O clima de Portugal. 34. Caracterização climática da região agrícola do Alentejo*. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa
- Rencher, A.C. e F.C. Pun 1980. Inflation of R<sup>2</sup> in best subset regression. *Technometrics* **22**:49-53
- Rew, L.J. e G.W. Cussans 1997. Horizontal movement of seeds following tine and plough cultivation: implications for spatial dynamics of weed infestations. *Weed Res.* **37**:247-256
- Richards, O.W. e R.G. Davies 1977. *Imms' general textbook of entomology. Volume 2: Classification and biology*. 10th ed. Chapman and Hall Ltd., London
- Rieu, M. e G. Sposito 1991a. Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: I. Theory. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **55**:1231-1238
- Rieu, M. e G. Sposito 1991b. Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: II. Applications. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **55**:1239-1244
- Roberts, H.A. 1963. Studies on the weeds of vegetable crops. III. Effect of different primary cultivations on the weed seeds in the soil. *J. Ecol.* **51**:83-95
- Roberts, H.A. 1981. Seed banks in soils. *Adv. Appl. Biol.* **6**:1-55
- Roberts, H.A. e J.E. Boddrell 1984. Seed survival and periodicity of seedling emergence in four weedy species of *Papaver*. *Weed Res.* **24**:195-200
- Roberts, H.A. e J.E. Boddrell 1985. Temperature requirements for germination of

- buried seeds of *Aethusa cynapium* L. *Weed Res.* **25**:267-274
- Roberts, H.A. e R.J. Chancellor 1986. Seed banks of some arable soils in the English midlands. *Weed Res.* **26**:251-257
- Roberts, H.A. e P.A. Dawkins 1967. Effect of cultivation on the numbers of viable weed seeds in soil. *Weed Res.* **7**:290-301
- Roberts, H.A. e P.M. Feast 1972. Fate of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and disturbed soil. *Weed Res.* **12**:316-324
- Roberts, H.A. e P.M. Feast 1973. Emergence and longevity of seeds of annual weeds in cultivated and undisturbed soil. *J. Appl. Ecol.* **10**:133-143
- Roberts, H.A. e M.E. Ricketts 1979. Quantitative relationships between the weed flora after cultivation and the seed population in the soil. *Weed Res.* **19**:269-275
- Roberts, H.A. e F.G. Stokes 1965. Studies on the weeds of vegetable crops. V. Final observations on an experiment with different primary cultivations. *J. Appl. Ecol.* **2**:307-315
- Roberts, J.T. e E.R. Heithaus 1986. Ants rearrange the vertebrate-generated seed shadow of a neotropical fig tree. *Ecology* **67**:1046-1051
- Robocker, W.C., M.C. Williams, R.A. Evans e P.J. Torell 1969. Effects of age, burial, and region on germination and viability of halogeton seed. *Weed Sci.* **17**:63-65
- Rohlf, F.J. 1992. *Biom. A package of statistical programs to accompany the text* Biometry. Applied Biostatistics, Inc., New York
- Rosa, M.L. 1977. *Relatório do estágio realizado no Laboratoire de Malherbologie de Dijon (França)*. Centro de Botânica Aplicada à Agricultura das Universidades de Lisboa (mimeograf.)
- Rosin, P. e E. Rammler 1933. The laws governing the fineness of powdered coal. *J. Inst. Fuel* **7**:29-36
- Roundy, B.A., V.K. Winkel, J.R. Cox, A.K. Dobrenz e H. Tewolde 1993. Sowing depth and soil water effects on seedling emergence and root morphology of three warm-season grasses. *Agron. J.* **85**:975-982
- Sá, M.G.F. 1989. *Ecologia da flora das searas de trigo do Alto Alentejo*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa (mimeograf.)
- Sahoo, U.K., R.S. Tripathi, H.N. Pandey e J. Misra 1994. Population dynamics of buried weed seeds as influenced by shifting and terrace cultivation in the humid subtropics of India. *Weed Res.* **34**:157-165
- Sakai, S. e A. Sakai 1995. Flower size-dependent variation in seed size: theory and a test. *Am. Nat.* **145**:918-934
- Salisbury, E. 1974. Seed size and mass in relation to environment. *Proc. R. Soc. London B.* **186**:83-88
- Salisbury, E. 1975. The survival value of modes of dispersal. *Proc. R. Soc. London B.* **188**:183-188
- Salisbury, E.J. 1942. *The reproductive capacity of plants. Studies in quantitative biology*. G. Bell and Sons, Ltd, London
- Sarukhán, J. 1974. Studies on plant demography: *Ranunculus repens* L., *R. bulbosus* L. and *R. acris* L. II. Reproductive strategies and seed population dynamics. *J. Ecol.* **62**:151-177
- Sarukhán, J. 1980. Demographic problems in tropical systems. In: O.T. Solbrig (ed.) *Demography and evolution in plant populations*, pp.161-188. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Savulescu, T., E.I. Nyárády, A. Buia e A. Pauca 1972. *Flora republicii socialiste România* vol XII. Academiei Republicii Socialiste România, Bucuresti
- Scheuring, I. e R.H. Riedi 1994. Application of multifractals to the analysis of vegetation pattern. *J. Veget. Sci.* **5**:489-496
- Schimpf, D.J., S.D. Flint e I.G. Palmblad 1977. Representation of germination curves with the logistic function. *Ann. Bot.* **41**:1357-1360
- Schmitt, J., J. Niles e R.D. Wulff 1992. Norms of reaction of seed traits to maternal environment in *Plantago lanceolata*. *Am. Nat.* **139**:451-466
- Schroeder, M., J. Deli, E.D. Schall e G.F. Warren 1974. Seed composition of 66 weed and crop species. *Weed Sci.* **22**:345-348
- Schweizer, E.E. e R.L. Zimdahl 1984a. Weed seed decline in irrigated soil after six years of continuous corn (*Zea mays*) and herbicides. *Weed Sci.* **32**:76-83
- Schweizer, E.E. e R.L. Zimdahl 1984b. Weed seed decline in irrigated soil after rotation of crops and herbicides. *Weed Sci.* **32**:84-89
- Sen, A. e M. Srivastava 1990. *Regression analysis. Theory, methods and applications*. Springer-Verlag New York Inc., New York
- Sharma, M.P. e W.H. Born 1978. The biology of Canadian weeds. 27. *Avena fatua* L. *Can. J. Pl. Sci.* **58**:141-157
- Sheldon, J.C. 1974. The behaviour of seeds in soil. III. The influence of seed morphology and the behaviour of seedlings on the establishment of plants from surface-lying seeds. *J. Ecol.* **62**:47-66
- Shiple, B. e J. Dion 1992. The allometry of



- seed production in herbaceous angiosperms. *Am. Nat.* **139**:467-483
- Silva, C.I.B. 1996. *Efeito de mobilizações na distribuição vertical de sementes do solo*. Trabalho de fim de Curso, Universidade de Évora, Évora (mimeograf.)
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* **163**:688
- Simpson, R.L., M.A. Leck e V.T. Parker 1989. Seed banks: general concepts and methodological issues. In: M.A. Leck, V.T. Parker e R.L. Simpson (eds.) *Ecology of soil seed banks*, pp. 3-8. Academic Press, Inc., San Diego
- Skidmore, B.A. e E.R. Heithaus 1988. Lipid cues for seed-carrying by ants in *Hepatica americana*. *J. Chem. Ecol.* **14**:2185-2196
- Smith, H. 1975. *Phytochrome and photomorphogenesis*. McGraw-Hill Book Company (UK) Limited, Maidenhead
- Smith, J.L., R.R. Schnabel, B.L. McNeal e G.S. Campbell 1980. Potential errors in the first-order model estimating soil nitrogen mineralization potentials. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **44**:996-1000
- Smith, M.C. e M. Webb 1996. Estimation of the seedbank of *Striga* spp. (Scrophulariaceae) in Malian fields and the implications for a model of biocontrol of *Striga hermonthica*. *Weed Res.* **36**:85-92
- Smucker, A.J.M., S.L. McBurney e A.K. Srivastava 1982. Quantitative separation of roots from compacted soil profiles by the hydropneumatic elutriation system. *Agron. J.* **74**:500-503
- Smyth, M.J., A.W. Sheppard e A. Swirepik 1997. The effect of grazing on seed production in *Echium plantagineum*. *Weed Res.* **37**:63-70
- Snaydon, R.W. 1980. Plant demography in agricultural systems. In: O.T. Solbrig (ed.) *Demography and evolution in plant populations*, pp.131-160. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Snee, R.D. 1977. Validation of regression models: methods and examples. *Technometrics* **19**:415-428
- Snee, R.D. 1983. Discussion. *Technometrics* **25**:230-237
- Sokal, R.R. e F.J. Rohlf 1981. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. 2nd ed. W.H. Freeman and Company, New York
- Sokal, R.R. e F.J. Rohlf 1995. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. 3rd ed. W.H. Freeman and Company, New York
- Solano, F., J.W. Schrader e H.D. Coble 1974. Germination and emergence of spurred anoda. *Weed Sci.* **22**:353-354
- Spitters, C.J.T e J.P. Bergh 1982. Competition between crops and weeds: A system approach. In: W. Holzner e M. Numata (eds.) *Biology and ecology of weeds*, pp. 137-148. Dr W. Junk Publishers, The Hague
- Standifer, L.C. 1980. A technique for estimating seed weed populations in cultivated soil. *Weed Sci.* **28**:134-138
- Stanley, H.E. e P. Meakin 1988. Multifractal phenomena in physics and chemistry. *Nature* **335**:405-409
- Staricka, J.A., P.M. Burford, R.R. Allmaras e W.W. Nelson 1990. Tracing the vertical distribution of simulated shattered seeds as related to tillage. *Agron. J.* **82**:1131-1134
- Steel, M.G., P.B. Cavers e S.M. Lee 1983. The biology of Canadian weeds. 59. *Setaria glauca* (L.) Beauv. and *S. verticillata* (L.) Beauv. *Can. J. Pl. Sci.* **63**:711-725
- Steinberg, D.M. e W.G. Hunter 1984. Experimental design: review and comment. *Technometrics* **26**:71-97 (Discussion, 98-130)
- Stevenson, G.A. 1969. An agronomic and taxonomic review of the genus *Melilotus* Mill. *Can. J. Pl. Sci.* **49**:1-20
- Stoller, E.W. e L.M. Wax 1974. Dormancy changes and fate of some annual weed seeds in the soil. *Weed Sci.* **22**:151-155
- Stupnicka-Rodzynkiewicz, E., T. Hochól, T. labza e J. Pula 1998. Influence of fallow on weed seedbanks. *Aspects Appl. Biol.* **51**:237-242
- Suich, R. e G.C. Derringer 1977. Is the regression equation adequate?-One criterion. *Technometrics* **19**:213-216
- Suich, R. e G.C. Derringer 1980. Is the regression equation adequate?-A further note. *Technometrics* **22**:125-126
- Tanji, A. e M. Elgharous 1998. A survey of mineral composition of weed seeds. *Weed Res.* **38**:79-86
- Taylor, L.R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature* **189**:732-735
- Taylor, L.R., I.P. Woiwod e J.N. Perry 1979. The negative binomial as a dynamic ecological model for aggregation, and the density dependence of *k*. *J. Anim. Ecol.* **48**:289-304
- Taylorson, R.B. 1970. Changes in dormancy and viability of weed seeds in soils. *Weed Sci.* **18**:265-269
- Taylorson, R.B. 1972. Phytochrome controlled changes in dormancy and germination of buried weed seeds. *Weed Sci.* **20**:417-422
- Taylorson, R.B. 1991. Inhibition of germination in *Amaranthus albus* seeds by prolonged

- irradiation: a physiological basis. *Seed Sci. Res.* 1:51-56
- Templeton, A.R. e D.A. Levin 1979. Evolutionary consequences of seed pools. *Am. Nat.* 114:232-249
- Thill, D.C., D.L. Zamora e D.L. Kambitsch 1985. Germination and viability of common crupina (*Crupina vulgaris*) achenes buried in the field. *Weed Sci.* 33:344-348
- Thompson, A.W. 1961. *On growth and form*. (An abridged edition edited by J.T. Bonner), Cambridge University Press, Cambridge
- Thompson, J.D. e R. Turkington 1988. The biology of Canadian weeds. 82. *Holcus lanatus* L. *Can. J. Pl. Sci.* 68:131-147
- Thompson, K. 1987. Seeds and seed banks. *New Phytol.* 106(Suppl.):23-34
- Thompson, K. e J.P. Grime 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *J. Ecol.* 67:893-921
- Thompson, K., J.P. Bakker e R.M. Bekker 1997. *The soil seed banks of north West Europe: methodology, density and longevity*. Cambridge University Press, Cambridge
- Thompson, K., S.R. Band e J.G. Hogdson 1993. Seed size and shape predict persistence in soil. *Function. Ecol.* 7:236-241
- Thompson, K., A. Green e A.M. Jewels 1994. Seeds in soil and worm casts from a neutral grassland. *Function. Ecol.* 8:29-35
- Thorsen, J.A. e G. Crabtree 1977. Washing equipment for separating weed seed from soil. *Weed Sci.* 25:41-42
- Timson, J. 1965. New method of recording germination data. *Nature* 207:216-217
- Tørresen, K.S. 1998. Emergence and longevity of weed seeds in soil with different tillage treatments. *Aspects Appl. Biol.* 51:197-204
- Townsend, C.E. 1992. Seedling emergence of yellow-flowered alfalfa as influenced by seed weight and planting depth. *Agron. J.* 84:821-826
- Tsuyuzaki, S. 1991. Survival characteristics of buried seeds 10 years after the eruption of the Usu volcano in northern Japan. *Can. J. Bot.* 69:2251-2256
- Tsuyuzaki, S. 1993. Seed viability after immersion in K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution. *Seed Sc. & Technol.* 21:479-481
- Tsuyuzaki, S. 1994. Rapid seed extraction from soils by a flotation method. *Weed Res.* 34:433-436
- Turcotte, D.L. 1986. Fractals and fragmentation. *J. Geophys. Res.* 91:1921-1926
- Turcotte, D.L. 1992. *Fractals and chaos in geology and geophysics*. Cambridge University Press, Cambridge
- Turkington, R. e J.J. Burdon 1983. The biology of Canadian weeds. 57. *Trifolium repens* L. *Can. J. Pl. Sci.* 63:243-265
- Turkington, R. e P.B. Cavers 1979. The biology of Canadian weeds. 33. *Medicago lupulina* L. *Can. J. Pl. Sci.* 59:99-110
- Turkington, R. e G.D. Franko 1980. The biology of Canadian weeds. 41. *Lotus corniculatus* L. *Can. J. Pl. Sci.* 60:965-979
- Turkington, R.A., P.B. Cavers e E. Rempel 1978. The biology of Canadian weeds. 29. *Melilotus alba* Desr. and *M. officinalis* (L.) Lam. *Can. J. Pl. Sci.* 58:523-537
- Turkington, R., N.C. Kenkel e G.D. Franko 1980. The biology of Canadian weeds. 42. *Stellaria media* (L.) Vill. *Can. J. Pl. Sci.* 60:981-992
- Turley, D.B., G. Wright e P. Hebden 1998. Changes in weed seedbanks during long-term set-aside. *Aspects Appl. Biol.* 51:265-272
- Tutin, T.G., V.H. Heywood, N.A. Burges, D.H. Valentine, S.M. Walters e D.A. Webb 1964. *Flora Europaea*, vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge
- Tutin, T.G., V.H. Heywood, N.A. Burges, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters e D.A. Webb 1968. *Flora Europaea* vol 2. Cambridge University Press, Cambridge
- Tutin, T.G., V.H. Heywood, N.A. Burges, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters e D.A. Webb 1972. *Flora Europaea* vol 3. Cambridge University Press, Cambridge
- Tutin, T.G., V.H. Heywood, N.A. Burges, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters e D.A. Webb 1976. *Flora Europaea* vol 4. Cambridge University Press, Cambridge
- Tutin, T.G., V.H. Heywood, N.A. Burges, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters e D.A. Webb 1980. *Flora Europaea* vol 5. Cambridge University Press, Cambridge
- Tutin, T.G., N.A. Burges, A.O. Chapter, J.R. Edmondson, V.H. Heywood, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters e D.A. Webb 1993. *Flora Europaea* vol 1. 2nd. ed. Cambridge University Press, Cambridge
- Tyler, S.W. e S.W. Wheatcraft 1989. Application of fractal mathematics to soil water retention estimation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:987-996
- Tyler, S.W. e S.W. Wheatcraft 1992. Fractal scaling of soil particle-size distributions: analysis and limitations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:362-369
- Unger, P.W. 1984. Tillage effects on surface soil physical conditions and sorghum emergence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:1423-1432

- Valk, A.G. e R.L. Pederson 1989. Seed banks and the management and restoration of natural vegetation. In: M.A. Leck, V.T. Parker e R.L. Simpson (eds.) *Ecology of soil seed banks*, pp. 329-346. Academic Press, Inc., San Diego
- Vanhala, P. e J. Pitkänen 1998. Long-term effects of primary tillage on above-ground weed flora and on the weed seedbank. *Aspects Appl. Biol.* **51**:99-104
- Vasconcellos, J.C. 1970. *Chaves dicotômicas para a determinação dos géneros de leguminosas papilionadas (Lotóideas) infestantes das searas, quando ainda afastadas da floração*. Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa
- Vasconcellos, J.C. 1971. *Infestantes das searas. Chaves dicotômicas para a sua determinação antes da floração*. Laboratório de Fitofarmacologia, Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas e Comissão Reguladora dos Produtos Químicos e Farmacêuticos, Lisboa
- Vasconcelos, M.T.C. 1984. *Estudos bio-ecológicos das infestantes na cultura do tomateiro*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa (mimeograf.)
- Venable, D.L. 1985. Ecology of achene dimorphism in *Heterotheca latifolia*. III. Consequences of varied water availability. *J. Ecol.* **73**:757-763
- Venable, D.L. 1989. Modeling the evolutionary ecology of seed banks. In: M.A. Leck, V.T. Parker e R.L. Simpson (eds.) *Ecology of soil seed banks*, pp. 67-87. Academic Press, Inc., San Diego
- Venable, D.L. e J.S. Brown 1988. The selective interactions of dispersal, dormancy, and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. *Am. Nat.* **131**:360-384
- Venable, D.L. e D.A. Levin 1985a. Ecology of achene dimorphism in *Heterotheca latifolia*. I. Achene structure, germination and dispersal. *J. Ecol.* **73**:133-145
- Venable, D.L. e D.A. Levin 1985b. Ecology of achene dimorphism in *Heterotheca latifolia*. II. Demographic variation within populations. *J. Ecol.* **73**:743-755
- Verdier, J.L., C. Drogeat, J. Mamarot e C. Lopez 1990. Évolution du stock semencier dans une rotation triennale. *14ème Conférence COLUMA*:1155-1165
- Vidal, J.I. e J. Recasens 1995. Dinámica del banco de semillas de malas hierbas en un suelo agrícola. *Congreso 1995 Sociedad Española Malherbología*:157-161
- Villarias, J.L. 1979. *Control de malas hierbas. I. Atlas de malas hierbas*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid
- Villarias, J.L. 1986. *Control de malas hierbas. I. Atlas de malas hierbas*. 2ª ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid
- Villax, E.J. 1963. *La culture des plantes fourragères dans la région méditerranéenne occidentale*. Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat
- Vincent, E.M. e E.H. Roberts 1979. The influence of chilling, light and nitrate on the germination of dormant seeds of common weed species. *Seed Sc. & Technol.* **7**:3-14
- Vyvey, Q. 1989a. Bibliographical review on buried viable seeds in the soil. *Excerpta Bot. Sect. B* **26**:311-320
- Vyvey, Q. 1989b. Bibliographical review on buried viable seeds in the soil (continued). *Excerpta Bot. Sect. B* **27**:1-52
- Vleeshouwers, L.M. 1997. *Modelling weed emergence patterns*. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen
- Wagenvoort, W.A. e J.F. Bierhuizen 1977. Some aspects of seed germination in vegetables. II. The effect of temperature fluctuation, depth of sowing, seed size and cultivar, on heat sum and minimum temperature for germination. *Scientia Horticult.* **6**:259-270
- Warnes, D.D. e R.N. Andersen 1984. Decline of wild mustard (*Brassica kaber*) seeds in soil under various cultural and chemical practices. *Weed Sci.* **32**:214-217
- Warwick, M.A. 1984. Buried seeds in arable soils in Scotland. *Weed Res.* **24**:261-268
- Warwick, S.I. 1979. The biology of Canadian weeds. 37. *Poa annua* L. *Can. J. Pl. Sci.* **59**:1053-1066
- Warwick, S.I. e L. Black 1982. The biology of Canadian weeds. 52. *Achillea millefolium* L. *Can. J. Pl. Sci.* **62**:163-182
- Warwick, S.I. e L.D. Black 1983. The biology of Canadian weeds. 61. *Sorghum halepense* (L.) PERS. *Can. J. Pl. Sci.* **63**:997-1014
- Warwick, S.I. e L.D. Black 1988. The biology of Canadian weeds. 90. *Abutilon theophrasti*. *Can. J. Pl. Sci.* **68**:1069-1085
- Warwick, S.I. e R.D. Sweet 1983. The biology of Canadian weeds. 58. *Galinsoga parviflora* and *G. quadriradiata* (= *G. ciliata*). *Can. J. Pl. Sci.* **63**:695-709
- Warwick, S.I., L.D. Black e B.F. Zilkey 1985. The biology of Canadian weeds. 72. *Apera spica-venti*. *Can. J. Pl. Sci.* **65**:711-721
- Weaver, S.E. e P.B. Cavers 1979. Dynamics of seed populations of *Rumex crispus* and *Rumex obtusifolius* (Polygonaceae) in disturbed and undisturbed soil. *J. Appl. Ecol.* **16**:909-917
- Weaver, S.E. e E.L. McWilliams 1980. The biology of Canadian weeds. 44. *Amaranthus*

- retroflexus* L., *A. powellii* S. Wats. and *A. hybridus* L. *Can. J. Pl. Sci.* **60**:1215-1234
- Weaver, S.E. e W.R. Riley 1982. The biology of Canadian weeds. 53. *Convolvulus arvensis* L. *Can. J. Pl. Sci.* **62**:461-472
- Weaver, S.E. e S.I. Warwick 1984. The biology of Canadian weeds. 64. *Datura stramonium* L. *Can. J. Pl. Sci.* **64**:979-991
- Weibull, W. 1951. A statistical distribution function of wide applicability. *J. Appl. Mechanics* **18**:293-297
- Werner, P.A. e R. Rioux 1977. The biology of Canadian weeds. 24. *Agropyron repens* (L.) Beauv. *Can. J. Pl. Sci.* **57**:905-919
- Westoby, M., B. Rice e J. Howell 1990. Seed size and plant growth form as factors in dispersal spectra. *Ecology* **71**:1307-1315
- White, J.W. e A. González 1990. Characterization of the negative association between seed yield and seed size among genotypes of common bean. *Field Crops Res.* **23**:159-175
- White, J.H., S.P. Singh, C. Pino, M.J. Rios e I. Buddenhagen 1992a. Effects of seed size and photoperiod response on crop growth and yield of common bean. *Field Crops Res.* **28**:295-307
- White, J.W., J. Kornegay, J. Castillo, C.H. Molano, C. Cajiao e G. Tejada 1992b. Effect of growth habit on yield of large-seeded bush cultivars of common bean. *Field Crops Res.* **29**:151-161
- Wiese, A.F. e R.G. Davis 1967. Weed emergence from two soils at various moistures, temperatures, and depths. *Weeds* **15**:118-121
- Willan, A.R. e D.G. Watts 1978. Meaningful multicollinearity measures. *Technometrics* **20**:407-412
- Williams, G.H. 1982. *Dictionary of weeds of western Europe*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam
- Wilson, B.J. 1978. The long-term decline of a population of *Avena fatua* L. with different cultivations associated with spring barley cropping. *Weed Res.* **18**:25-31
- Wilson, B.J. 1981. The influence of reduced cultivations and direct drilling on the long-term decline of a population of *Avena fatua* L. in spring barley. *Weed Res.* **21**:23-28
- Wilson, B.J. 1985. Effect of seed age and cultivation on seedling emergence and seed decline of *Avena fatua* L. in winter barley. *Weed Res.* **25**:213-219
- Wilson, R.G. 1980. Dissemination of weed seeds by surface irrigation water in Western Nebraska. *Weed Sci.* **28**:87-92
- Wilson, R.G., E.D. Kerr e L.A. Nelson 1985. Potential for using weed seed content in the soil to predict future weed problems. *Weed Sci.* **33**:171-175
- Wit, C.T. 1960. On competition. *Versl. landbouwk. onderz.* **66**:1-82
- Woo, S.L., A.G. Thomas, D.P. Peschken, G.G. Bowes, D.W. Douglas, V.L. Harms e A.S. McClay 1991. The biology of Canadian weeds. 99. *Matricaria perforata* Mérat (Asteraceae). *Can. J. Pl. Sci.* **71**:1101-1119
- Wu, Q., M. Borkovec e H. Sticher 1993. On particle-size distributions in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **57**:883-890
- Yenish, J.P., J.D. Doll e D.D. Buhler 1992. Effects of tillage on vertical distribution of weed seeds in soil. *Weed Sci.* **40**:429-433
- Young, J.A. e R.A. Evans 1973. Mucilaginous seed coats. *Weed Sci.* **21**:52-54
- Young, K.R. e R.D. Cousens 1998. Predicting the emergence of wild radish (*Raphanus raphanistrum*). *Aspects Appl. Biol.* **51**:69-74
- Zammit, C. e P.H. Zedler 1994. Organisation of the soil seed bank in mixed chaparral. *Vegetatio* **111**:1-16
- Zanin, G., A. Berti e M.C. Zuin 1989. Estimation du stock semencier d'un sol labouré ou en semis direct. *Weed Res.* **29**:407-417
- Zanin, G., G. Mosca e P. Catizone 1992. A profile of the potential flora in maize fields of Po valley. *Weed Res.* **32**:407-418
- Zanin, G., M.C. Zuin e L. Toniolo 1986. Technique de travail du sol et controle des mauvaises herbes dans le maïs. *XIII Conférence COLUMA*:35-45
- Zentner, R.P. e C.W. Lindwall 1982. Economic evaluation of minimum tillage systems for summer fallow in southern Alberta. *Can. J. Pl. Sci.* **62**:631-638
- Zhang, J. e A.S. Hamill 1996. Responses of *Abutilon theophrasti* to agricultural management systems. *Weed Res.* **36**:471-481
- Zhang, J., A.S. Hamill, I.O. Gardiner e S.E. Weaver 1998. Dependence of weed flora on the active soil seedbank. *Weed Res.* **38**:143-152
- Zimdahl, R.L. 1993. *Fundamentals of weed science*. Academic Press, Inc., San Diego
- Zimdahl, R.L., K. Moody, R.T. Lubigan e E.M. Castin 1988. Pattern of weed emergence in tropical soil. *Weed Sci.* **36**:603-608
- Zorner, P.S., R.L. Zimdahl e E.E. Schweizer 1984. Sources of viable seed loss in buried dormant and non-dormant populations of wild oat (*Avena fatua* L.) seed in Colorado. *Weed Res.* **24**:143-150
- Zwenger, P., K. Hurle e A. Kemmer 1990. Untersuchungen zum einfluß von fruchtfolge

und anbauintensität auf die entwicklung des unkrautsamengehaltes im boden. *Proc. EWRS Symposium 1990, Integrated Weed Management Cereals*:127-134

