



UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Mestrado em Engenharia dos Biosistemas
Especialização em BioEnergia

Dissertação

**Potencial de Biomassa Florestal: Cartografia e Avaliação de
Metodologias**

Ana Lúcia Lopes Dias

Orientador: José Rafael da Silva Marques
Co-Orientador: Adélia Maria Oliveira Sousa

Junho, 2012

Mestrado em Engenharia dos Biosistemas

Especialização em BioEnergia

Dissertação

**Potencial de Biomassa Florestal: Cartografia e Avaliação de
Metodologias**

Ana Lúcia Lopes Dias

Orientador: José Rafael da Silva Marques

Co-Orientador: Adélia Maria Oliveira Sousa

*“O Tempo é o que faz
Nunca o que passa*

...

*Só este Sul é suficientemente grande
Para oferecer o Tempo*

...

*Só este Sul é suficientemente grande
Para se mendigar o Espaço
onde o tempo acontece
vagaroso
indolente o Tempo
tem tempo”*

(Paulo Barriga, *in Os Sultários*)

Agradecimentos

Ao Professor José Rafael Silva Marques por me ter proporcionado a oportunidade de desenvolver este trabalho, pela sua presença, colaboração e amizade que sempre demonstrou desde do primeiro dia. Por ser um modelo de professor, pesquisador e orientador e por irrestritamente apoiar-me e incentivar-me nesta longa caminhada. É um privilégio poder contar com a sua amizade. Um obrigado sem fim...

À Professora Adélia Sousa agradeço do fundo do coração a sua colaboração, o tempo que dedicou a este trabalho e o incentivo que sempre me transmitiu com muita amizade.

Ao Professor Francisco Rebollo agradeço toda a disponibilidade prestada e “*muchas gracias*” pela partilha dos seus conhecimentos que foram uma mais-valia neste trabalho.

Ao Gonçalo por toda a sua dedicação.

A todos os colegas de turma, e em nenhum em especial, por me permitirem sentir de novo o prazer de voltar à vida académica. Foi bom conhecer-vos!

Ao meu médico, Dr. Bravo Pimentão que me fez acreditar que venceria mais esta prova esforço.

Por fim, mas sempre presentes, aos meus pais e irmãs, Susana e Marta, pelo carinho, compreensão e paciência em todos os momentos do meu percurso académico. Agradeço o amor, a força, o estímulo, nunca me deixando desanimar ou desistir, mesmo quando as dificuldades pareciam impossíveis de superar.

Às minhas sobrinhas, Leonor e Clara, que nasceram durante este percurso e me deram muita alegria, obrigada por terem nascido!

A todos, um muito obrigado...

Resumo

A determinação de biomassa das espécies florestais tem elevada importância, não só para fins comerciais, como também por razões relativas a avaliação da produtividade do ecossistema, fluxos de energia e ciclos de nutrientes, especialmente para quantificar a contribuição das florestas no ciclo global do carbono.

Esta dissertação centra-se em três objectivos principais: *i)* quantificar a biomassa disponível no distrito de Évora para as espécies *Quercus* sp. e *Pinus* sp.; *ii)* estudar a distribuição geográfica desta biomassa e *iii)* analisar os parâmetros controladores do crescimento destas espécies considerando: profundidade do solo, orientação solar, topografia, pedregosidade, litologia e declive.

A recolha de dados foi realizada em parcelas de amostragem distanciadas 2 km e em povoamentos de *Quercus suber*, *Quercus rotundifolia*, *Pinus pinea* e *Pinus pinaster*.

A Medida de Rasch foi utilizado com o objectivo de tentar interpretar a relação entre a resposta destas variáveis e a produção de biomassa revelando-se um instrumento eficaz.

Palavras-chave: funções de produção florestal, biomassa florestal, variáveis biofísicas e Medida de Rasch.

Forest Biomass Potential: Assessment and Mapping Methodology

Abstract

The determination of biomass of this species is highly important not only for business purposes but also for reasons related to evaluating the productivity of the ecosystem, energy flows and nutrient cycles, especially to quantify the contribution of forests in global carbon cycle.

This dissertation focuses on three main objectives: i) to quantify the biomass available in the district of Évora for the species *Quercus* sp. and *Pinus* sp. ii) study the geographic distribution of biomass and iii) examine the parameters controlling the growth of these species considered: soil depth, solar orientation, topography, stoniness, slope, and lithology.

Data collection was carried out in sample plots spaced 2 km and stands of *Quercus suber*, *Quercus rotundifolia*, *Pinus pinea* and *Pinus pinaster*.

The Rasch measurement was used for the purpose of trying to interpret the relationship between the response of these variables and biomass production out to be an effective tool.

Keywords: functions of forest production, forest biomass, biophysical and Rasch Measurement.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	III
RESUMO.....	IV
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE GERAL.....	VI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	5
2.1.2. <i>Bioclimatologia</i>	6
2.2. OCUPAÇÃO DO SOLO.....	8
2.3. PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	10
2.4. AVALIAÇÃO DE BIOMASSAS.....	14
2.4.1. <i>Cálculos ao nível da árvore individual</i>	14
2.4.2. <i>Cálculos ao nível da parcela</i>	17
2.5. CONTABILIZAÇÃO DO CARBONO ARMAZENADO.....	17
2.6. MODELO DE RASCH.....	18
2.6.1. <i>Categorização dos itens</i>	18
2.7. MODELOS GEOESTATÍSTICOS.....	23
2.8. CARTOGRAFIA.....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
3.1. BIOMASSA.....	25
3.1.1. <i>Cálculos ao nível da árvore</i>	25
3.1.2. <i>Cálculos ao nível da parcela</i>	26
3.2. DISPONIBILIDADE DE BIOMASSA.....	28
3.3. APLICAÇÃO DO MODELO RASCH.....	29
3.3.1. <i>Resultados estatísticos da Biomassa medida pelo modelo de Rasch</i>	32
3.3.2. <i>Biomassa Florestal – Potencial</i>	33
3.3.3. <i>Análise dos desajustes</i>	35
3.3.4. <i>Análise do desajuste dos itens: variáveis biofísicas</i>	35
3.3.5. <i>Análise do desajuste das amostras</i>	38
3.3.6. <i>Escalograma de Guttman para o potencial de Biomassa</i>	40
4 LIMITAÇÕES.....	42
5 CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO.....	43
6 BIBLIOGRAFIA.....	45

Índice de Figuras

Figura 1 – Mapa de Séries da Vegetação.....	7
Figura 2 – Ocupação do Solo no Distrito de Évora.	9
Figura 3 – Pontos de amostragem.....	10
Figura 4 – Distribuição por espécie das árvores inventariadas nas diferentes parcelas de estudo (amostras).	11
Figura 5 – Distribuição dos povoamentos florestais inventariados.....	13
Figura 6 - Representação da variável latente, biomassa por unidade de área, como uma linha recta. β_n é o local n ; δ_i é a biomassa i	21
Figura 7 - Diagrama esquemático das etapas envolvidas na formulação do modelo Rasch.	23
Figura 8 – Esquema ilustrativo da metodologia utilizada para a obtenção da cartografia da carta de biomassa Potencial.	24
Figura 9 – Número de árvores inventariadas distribuídas por classes de DAP (cm).	25
Figura 10 – Distribuição geográfica das diferentes classes de DAP das parcelas inventariadas.	26
Figura 11 – Distribuição por classes de biomassa calculada para cada parcela inventariada.	27
Figura 12 - Mapa de Biomassa Potencial.	28
Figura 13 – Coeficiente de variação intra-parcelar relativamente à biomassa de cada parcela.....	28
Figura 14 – Resultado da aplicação do Modelo de Rasch apresentados numa mesma escala.....	32
Figura 15 – Gráfico da aplicação da medida de Rasch à produção de Biomassa.	33
Figura 16 - Mapa da Medida de Rasch.	34
Figura 18 – Representação geográfica do desajuste do item: topografia.	36
Figura 19 - Representação geográfica do desajuste do item: declive.	37
Figura 20 – Representação geográfica dos desajustes das amostras relativamente ao item: topografia.....	39
Figura 21 – Representação geográfica dos desajustes das amostras relativamente ao item: declive.	40
Figura 22 - Ficha de diagnóstico de recolha de dados de campo.	55
Figura 23 - Gráfico da relação entre Produção de Biomassa (ton/ha) com as diferentes classes de Pedregosidade.....	57
Figura 24 – Gráfico da relação entre Produção de Biomassa (ton/ha) com as diferentes classes de Litologia.	58
Figura 25 – Gráfico da relação entre Produção de Biomassa (ton/ha) com as diferentes classes de profundidade do solo.....	58
Figura 26 – Gráfico da relação entre Produção de Biomassa (ton/ha) com as diferentes classes de Topografia.	59
Figura 27 – Gráfico da relação entre Produção de Biomassa (ton/ha) com as diferentes classes de Exposição Solar.....	60

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Ocupação do solo no distrito de Évora.....	8
Tabela 2 - Ocupação florestal no distrito de Évora.....	9
Tabela 3 - Número e percentagem de árvores utilizadas para processamento, por tipo espécie.....	11
Tabela 4 – Classes das características biofísicas em estudo.	12
Tabela 5 - Modelos de Equações utilizadas na estimação da biomassa para a azinheira (<i>Quercus rotundifolia</i>).....	15
Tabela 6 - Modelos de Equações utilizadas na estimação da biomassa para o sobreiro (<i>Quercus suber</i>)	15
Tabela 7 - Modelos de Equações utilizadas na estimação da biomassa para o pinheiro-manso (<i>Pinus pinea</i>).....	16
Tabela 8 - Modelos de Equações utilizadas na estimação da biomassa para o pinheiro-bravo (<i>Pinus pinaster</i>).....	16
Tabela 9 – Relações hipsométricas para estimação da altura total.	17
Tabela 10 – Categorização dos itens em 3 classes.	19
Tabela 11 - Matriz de valores categorizados usados para executar a formulação do modelo de Rasch.	30
Tabela 12 – Tabela de ajuste dos itens ao modelo de Rasch.	30
Tab. 13 – Tabela de ajuste das amostras ao modelo de Rasch.	31
Tabela 14 – Desajustes do item: Topografia.....	35
Tabela 15 – Desajuste do Item: Declive.	37
Tabela 16 – Desajustes da amostra 149.....	38
Tabela 17 – Desajustes da amostra 303.....	39
Tabela 19 – Escalograma de Guttman.	41
Tabela 20 – Categorização do item “pedregosidade” em 3 classes.....	57
Tabela 21 - Categorização do item “litologia” em 3 classes.....	58
Tabela 22 – Categorização do item “profundidade do solo” em 3 classes.	59
Tabela 23 – Categorização do item “topografia” em 3 classes.	59
Tabela 24 – Categorização do item “exposição solar” em 3 classes.	60

Índice de Anexos

Anexo I - Metodologia de Campo	53
Anexo II - Metodologia para obtenção da categorização dos itens	57
Anexo III – Cartografia	61

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é um conceito global discutido desde a cimeira do Rio em 1992 aplicável em diversas áreas, como é exemplo a gestão florestal.

O protocolo de Quioto, um documento de elevada importância nas questões ambientais actuais, concede à floresta um papel importantíssimo no cumprimento dos objectivos estabelecidos, uma vez que esta pode contribuir para o armazenamento de carbono. Este Protocolo determina aos países industrializados limites nas emissões de gases que provocam o efeito de estufa na atmosfera, os quais são parcialmente responsáveis pelo aquecimento global.

A União Europeia (UE) de modo a cumprir o Protocolo de Quioto e face à elevada dependência dos combustíveis fósseis, de onde se destaca o elevado preço e as repercussões em matéria ambiental, reconhece através da publicação da Directiva 2001/77/CE a necessidade de promover, como medida prioritária, as Fontes de Energia Renováveis (FER). Estabeleceu então aos estados-membros metas indicativas de produção de energia, através destas fontes de energia renováveis, permitindo assim, o desenvolvimento sustentável e a protecção do ambiente.

Mais tarde, em 2003 com a Directiva 2003/96/CE a UE promoveu a utilização do biocombustível, estabelecendo como meta a substituição até 2010, de 5,75% dos combustíveis rodoviários (gasóleo e gasolina) por biocombustíveis. Esta Directiva foi transposta para a ordem jurídica nacional em Março de 2006 (DL nº 62/2006, 21 de Março), tendo sido concedido aos biocombustíveis a isenção (total ou parcial) do imposto sobre os produtos Petrolíferos (ISP). Nesse mesmo ano, o Governo Português lançou um concurso para atribuição de 15 licenças para a instalação de centrais termoeléctricas a biomassa vegetal que irão produzir energia eléctrica a partir de resíduos florestais, num total de 150 MW (Direcção Geral de Energia [DGE], 2006). Atendendo a que é necessária uma tonelada de matéria vegetal a 30% de humidade por hora para produzir 1 MW de energia eléctrica (Central Termoeléctrica de Mortágua) facilmente se conclui que vão ser necessárias muitas toneladas de biomassa, para abastecer as centrais termoeléctricas. Um outro dado importante é que, associadas às centrais termoeléctricas, vão ser construídas fábricas de “*pellets*” o que, conjuntamente com outros sectores concorrenciais pela matéria-prima, vão conduzir a um aumento exponencial da procura por biomassa (Rodrigues, 2008).

A Estratégia Nacional para as Florestas (ENF), aprovada pela RCM nº 114/2006, de 15 de Setembro, reconheceu a importância que o sector florestal representa para o

desenvolvimento do país e destacou o valor dos recursos florestais nas suas diversas valências económicas, sociais e ambientais.

A recente RCM n.º 29/2010, de 15 de Abril, que aprovou a Estratégia Nacional para a Energia [ENE 2020] continua a conferir às energias renováveis um papel fulcral na estratégia energética e nos objectivos delineados para o sector, com um impacto muito significativo na economia portuguesa.

A conjugação destas duas estratégias visa criar sinergias e contribuir para uma gestão profissional e sustentável da floresta, assim como, para a concretização dos objectivos da política energética nacional, que de acordo com o Plano de Acção Nacional para as Energias Renováveis [PNAER], (2010) passa por atingir 31% do consumo final bruto de energia em fontes renováveis.

A ENE 2020 estabelece ainda um conjunto de medidas específicas, onde se destaca a aprovação de medidas de promoção da biomassa florestal para assegurar as necessidades de consumo, através do acesso a apoios públicos, promoção da certificação da gestão florestal sustentável, avaliação e promoção das culturas energéticas, bem como da biomassa residual resultante das actividades agrícolas e agro-industriais (PNAER, 2010).

A utilização da biomassa para produção energética pode, e deve, estimular novas oportunidades de mercado para os sectores florestal e agrícola.

A biomassa florestal refere-se ao material florestal disponível, tendo em conta todas as componentes da árvore viva, excluindo assim, árvores mortas, resíduos florestais e outro tipo de biomassa existente como os matos, folhagem entre outros. Segundo a Directiva 2009/28/CE, representa a “fracção biodegradável” de produtos, resíduos e detritos de origem biológica provenientes da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), da exploração florestal e das indústrias afins, incluindo a da pesca e da aquicultura, bem como a fracção biodegradável de resíduos industriais e urbanos. A energia produzida a partir da conversão da biomassa define-se como bioenergia.

Na definição de biomassa para a geração de energia excluem-se os tradicionais combustíveis fósseis, embora estes também sejam derivados da vida vegetal (carvão mineral) ou animal (petróleo e gás natural), mas são resultado de várias transformações que requerem milhões de anos para acontecerem. A biomassa pode considerar-se um recurso natural renovável, enquanto os combustíveis fósseis não se renovam a curto prazo.

Há ainda que dar ênfase a uma particularidade da biomassa, o seu processo de conversão e armazenamento. Este pode gerar três diferentes tipos de combustíveis (sólido, líquido ou gasoso), o que confere alguma flexibilidade de adaptação tecnológica de acordo com o objectivo.

Os activos de biomassa numa dada região são uma informação valiosa. Entre muitas das suas aplicações, pode-se citar:

- (i) a estimativa do fluxo de carbono libertado por mudanças de uso do solo;
- (ii) a estimativa da biomassa como recurso importante para diversas actividades humanas (e.g. energia, construções) e
- (iii) monitorização auxiliar da fitossanidade, degradação e perturbações diversas de um ecossistema.

Dado que este recurso não é conhecido com precisão a distribuição espacial da biomassa ainda é uma fonte de incertezas, sobretudo, em modelos que pretendem estimar o fluxo de carbono envolvido nas mudanças de uso do solo. Esta disponibilidade de biomassa varia consideravelmente ao longo da paisagem e em função de diferenças edáficas, topográficas, climáticas e também históricas. Para Oliveira (2008), as estimativas de biomassa de povoamentos florestais são uma fonte de informação valiosa, não só em termos dos ciclos de nutrientes, como avaliação de quantidade para a indústria, mas também para estudos de sequestro de carbono e quantificações energéticas, como avaliação de quantidade de produto mercantil, mas conseguir estimativas fiáveis e a uma escala relevante, como seja o povoamento, nem sempre se tem revelado uma tarefa fácil

Com o crescente interesse nos combustíveis derivados de fontes renováveis, nomeadamente da biomassa, muitos foram os estudos desenvolvidos para avaliar o seu potencial, determinando a quantidade de resíduos florestais disponível para aproveitamento energético. De uma forma genérica, todos partem de uma mesma motivação, a necessidade de reduzir a elevada dependência externa de combustíveis fósseis e a urgência em adoptar medidas que reduzam as fontes emissoras de gases de efeito de estufa.

Alguns exemplos são as avaliações feitas por Gan (2006) para os Estados Unidos, ou para a Bélgica. Os autores partem de um inventário florestal nacional (IFN) e calculam o volume de biomassa, tendo em conta variáveis como o diâmetro das árvores, as operações realizadas, a densidade específica de cada espécie e a densidade espacial do povoamento. A quantidade de resíduos florestais passível de ser recuperada das florestas é calculada como uma percentagem do volume determinado.

Baath (2002) sugeriu uma nova abordagem, na qual a informação existente no inventário é associada a imagens de detecção remota, o que permite obter estimativas mais precisas do estado das florestas, a baixo custo. Além da disponibilidade imediata de material combustível, é também importante avaliar o abastecimento ao longo do tempo. Para tal, o autor sugere a incorporação da informação do IFN e da detecção remota, em modelos de planeamento florestal.

O recurso a técnicas de detecção remota tem atraído atenção, principalmente devido à redução de tempo e custo quando comparado com a recolha de dados no campo especificamente para este objectivo. Embora estas técnicas tenham apresentado algum sucesso, à medida que a complexidade da estrutura das florestas aumenta, as estimativas começam a ser cada vez menos fiáveis, sendo sempre necessária informação extra ao nível dos povoamentos, não só para aumentar a fiabilidade das estimativas, mas também para a calibração e validação.

A partir da quantificação do material combustível existente nas florestas, muitas outras variáveis podem ser avaliadas neste tipo de estudos. Por exemplo, Gan (2006) obteve a energia eléctrica gerada e ainda, as emissões de CO₂ que são evitadas, quando se utiliza biomassa em substituição de combustíveis fósseis, como o carvão.

Outro factor muito importante associado a este tipo de projectos é a distância entre a origem dos resíduos e o seu destino final. Sendo a biomassa um recurso caracterizado por uma elevada dispersão espacial, os custos associados à sua recolha e transporte surgem como factor limitante, podendo mesmo inviabilizar todo o projecto. Daqui se depreende que não basta calcular a quantidade de resíduos mas também incorporar uma dimensão espacial. Esta abordagem é feita utilizando uma importante ferramenta, os sistemas de informação geográfica (SIG).

O desenvolvimento desta dissertação centra-se em três objectivos principais:

- i) quantificar a biomassa disponível no distrito de Évora para as espécies *Quercus* sp. e *Pinus* sp.;
- ii) estudar a distribuição geográfica desta biomassa;
- iii) analisar os parâmetros controladores do crescimento destas espécies considerando: profundidade do solo, orientação solar, topografia, pedregosidade, litologia e declive.

Foram analisadas variáveis que poderiam influenciar a biomassa disponível, entre elas, a profundidade do solo, orientação solar, topografia, pedregosidade, litologia, declive e tipo de espécie florestal. O Modelo de Rasch foi utilizado com o objectivo de tentar interpretar a relação entre a resposta destas variáveis e a produção de biomassa.

A motivação adicional para a realização deste estudo, passa pela inexistência de cartografia da biomassa disponível para ser utilizada em projectos de bioenergia, bem como de estudos das variáveis que mais influencia a produção desta, o que, por um lado, se revelou um obstáculo à execução do trabalho proposto mas, por outro, permitiu desenvolver um ponto de partida para outros estudos semelhantes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada assenta em métodos estatísticos e geostatísticos baseados na avaliação de amostragens em parcelas de inventário, ao nível do povoamento florestal de sobreiro (*Quercus suber*), azinheira (*Quercus rotundifolia*), pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) e pinheiro-manso (*Pinus pinea*), de acordo com um conjunto de procedimentos definidos.

2.1. Área de estudo

O distrito de Évora situa-se no sudoeste da Península Ibérica, mais concretamente no Alto Alentejo. É limitado a norte pelos distritos de Santarém e Portalegre, a este por Espanha, a sul pelo distrito de Beja e a oeste pelo distrito de Setúbal.

As condições biofísicas e climáticas do território são a base para o desenvolvimento das espécies autóctones espontâneas mas também para o sucesso de uma plantação. Estas condições, juntamente com as características ecológicas da espécie a par de uma boa gestão são determinantes para o desenvolvimento da planta e conseqüentemente para o aumento da biomassa.

De seguida, apresentamos algumas características do território que poderão ser determinantes para o desenvolvimento de um povoamento florestal.

2.1.1. Geologia, Geomorfologia e Pedologia

Com o objectivo de caracterizar geologicamente a área de estudo foi utilizado a Carta Litológica (1982) do Atlas do Ambiente, à escala 1/1.000.000. A região de Évora situa-se no Maciço Antigo, onde de uma forma geral predominam os xistos embora a noroeste estes sejam substituídos por arenitos datados do Plio-Plistocénico e algumas manchas de granitos. A Nordeste surge o anticlinal de Estremoz, formado por rochas carbonatadas do Devónico.

Geomorfologicamente é uma zona de planícies onduladas de onde sobressaem algumas superfícies de maiores altitudes, onde se destaca a Serra d'Ossa (698 m) a Nordeste, a Serra de Monfurado (423 m) a Sudoeste, e a Serra de Portel (412 m) a Sul.

Com base na Carta de Solos de Portugal à escala 1:1 000 000 do Atlas do Ambiente, (SNROA, 1971) foram identificadas as principais unidades pedológicas presentes na região em estudo. Os solos predominantes são: Litólicos, Litossolos, Argiluvitados Pouco Insaturados, Pódzois e alguns Barros.

Segundo Cardoso (1965) os solos litólicos são solos pouco evoluídos, com 15 a 40cm de espessura de perfil AC ou A Bc C com textura arenosa e baixo teor em matéria orgânica. São solos quimicamente muito pobres, resultantes da meteorização de rochas graníticas e afins, com frequentes afloramentos rochosos; ii) os Litossolos são solos incipientes derivados de rochas consolidadas, de espessura efectiva normalmente inferior a 10 cm; iii) os solos Argiluvitados Pouco Insaturados apresentam um perfil A Btx C e o grau de saturação do horizonte B é superior a 35% aumentando com a profundidade e nos horizontes subjacentes; iv) os Pódzois são solos que se desenvolvem normalmente, em relevo normal ou plano, o processo de formação do solo predominante é, a podzolização. O húmus presente é quase sempre do tipo «Mor», muito ácido e de decomposição lenta; e por fim v) os Barros são solos evoluídos de perfil A Bc (Hz. câmbrico) C ou A Ba (Hz. argílico) C, com variáveis teores de argila e apreciáveis percentagens de colóides minerais do grupo montmorilonóides. Esta última característica confere-lhes uma elevada plasticidade e rijeza e um pronunciado fendilhamento na época estival. Se por um lado estes solos possuem uma elevadíssima fertilidade, já a sua textura argilosa e a relativamente baixa permeabilidade tomam-nos muito sensíveis à erosão, em especial quando estes ocorrem em zonas declivosas.

2.1.2. Bioclimatologia

A Bioclimatologia é uma ciência ecológica que estuda a relação entre os seres vivos (Biologia) e o Clima (Física), através da utilização de vários índices e gráficos, os quais contribuem significativamente para definir e tipificar as distintas unidades climáticas, como expressão das alterações termoplumiométricas, que são os principais factores determinantes da distribuição das comunidades vegetais (Rivas-Martínez, 1987). Segundo Pinto-Gomes *et al.* (2008) a região de Évora apresenta bioclima mediterrâneo pluviestacional-oceânico, o qual se caracteriza pela presença de aridez pelo menos durante dois meses consecutivos, coincidentes com o verão. Por meses áridos consideram-se aqueles nos quais a precipitação é menor que o dobro da temperatura. O distrito de Évora pertence ainda ao piso bioclimático mesomediterrânico embora existam algumas áreas termomediterrâneas. Relativamente ao ombrótipo, as estações em análise apresentam valores teóricos indicativos de ombroclima Seco Superior.

2.1.3. Biogeografia

O território estudado pertence, de acordo com os trabalhos de Rivas-Martínez *et al.* (2002), ao sector Mariânico-Monchiquense da Subprovíncia Luso-Estremadurensis, Província Mediterrânea Ibérica Ocidental, Subregião Mediterrânea Ocidental, Região Mediterrânea e Reino Holárctico.

A Subprovincia *Luso-Extremadurensis* é um vasto território que ocupa grande parte do sudoeste da Península Ibérica e que corresponde aproximadamente às bacias inferiores do Tejo e Guadiana. Compreende o centro e sul de Portugal. Os termótipos termomediterrâneos e essencialmente mesomediterrâneos ocupam praticamente todo o território. A estação estival é muito marcada no sudoeste da Península, favorecendo a vegetação esclerófila e tornando-se desfavorável à floresta caducifólia, adaptada a climas temperados. Em Portugal o sector Mariânico-Monchiquense é essencialmente silíceo, com excepção de algumas áreas que apresentam um substrato rico em carbonatos com grau de metamorfismos variável (Costa *et al.*, 2001). Os sobreirais e os azinhais, transformados em montados, são predominantes na paisagem vegetal.

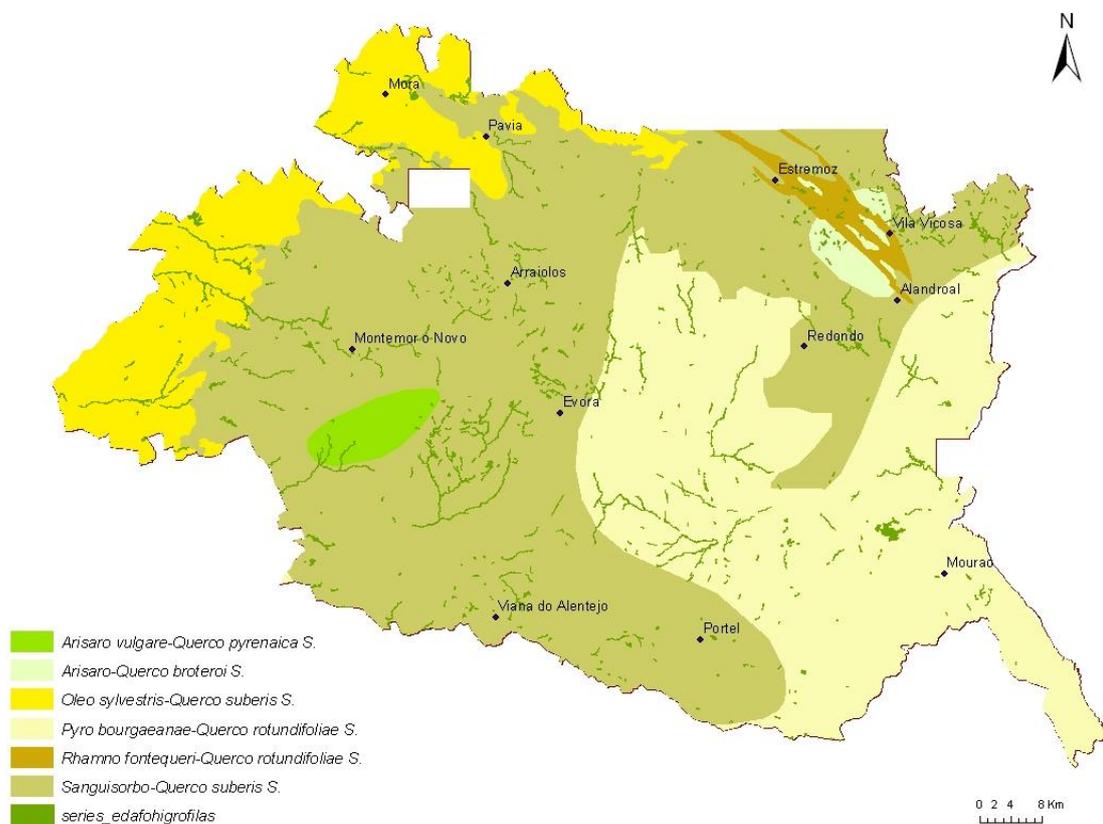


Figura 1 – Mapa de Séries da Vegetação.

Fonte: Pinto-Gomes *et al* (2008).

O manto vegetal reflecte a diversidade geológica, pedológica e o clima, entre outros factores ecológicos, assim como, a acção do próprio homem.

Para área estudada e de acordo com Pinto-Gomes *et al* (2008) do ponto de vista climatófilo, ocorrem nestes territórios as seguintes séries de vegetação potencial (Fig.1):

- Série termomediterrânea seca a sub-húmida, psamófila, tingitana e sul-ocidental ibérica do sobreiro (*Quercus suber*): *Oleo sylvestris-Quercus suber* S.
- Série mesomediterrânea luso-extremadurensis silicícola do sobreiro (*Quercus suber*): *Sanguisorbo agromonioidis-Quercus suber* S.
- Série termo-mesomediterrânea Ibero-atlântica ocidental, sub-húmida a húmida silicícola do carvalho-negral (*Quercus pyrenaica*): *Arisaro-Quercus pyrenaica* S.
- Série mesomediterrânea, húmida-hiperhúmida, Divisorio-português, basófila do carvalho-português (*Quercus faginea* subsp. *broteroi*): *Arisaro -Quercus broteroi* S.
- Série mesomediterrânea luso-extremadurensis seco-subhúmida silicícola da azinheira (*Quercus rotundifolia*): *Pyro bourgaeanae-Quercus rotundifoliae* S.
- Série termo-mesomediterrânea luso-extremadurensis seco-subhúmida basófila da azinheira (*Quercus rotundifolia*): *Rhamno fontqueri-Quercus rotundifoliae* S.

De acordo com a Fig. 1, nos territórios localizados a este e norte predominam as séries de vegetação do sobreiro, ou seja, nestes territórios o sobreiro é a espécie que se encontra melhor adaptada. Os territórios mais a sul e oeste, predomina as séries do azinhal, sendo a azinheira a espécie melhor adaptada a estes territórios.

2.2. Ocupação do solo

A estrutura do uso e ocupação do solo no distrito de Évora revela uma repartição muito homogénea (Fig. 2) considerando grandes classes de uso do solo: i) as áreas florestais 54,1% e as áreas agrícolas com 43,4% da superfície; ii) as áreas de matos e pastagens com 1,2% da superfície; iii) as zonas húmidas 0,8% e iv) os territórios artificializados que ocupam 0,5%.

Tabela 1 – Ocupação do solo no distrito de Évora.

Fonte: (Corine Land Cover, 2006)

Ocupação do solo	Área (ha)	%
Floresta	512.460	54,1
Área agrícola	411.111	43,4
Matos e pastagens	11.425	1,2
Zonas húmidas	7.609	0,8
Urbano	4.689	0,5
Total	947.294	100

De acordo com a carta de ocupação do uso do solo Corine Land Cover (2006) (Tab. 1), a área florestal cobre cerca de 54,1% do distrito de Évora, estando distribuída essencialmente por florestas de folhosas e sistemas agro-florestais, onde se incluem as espécies sobreiro e azinheira (Tab. 2) espécies alvo dos dados disponíveis para análise.

Tabela 2 - Ocupação florestal no distrito de Évora.

Fonte: (Corine Land Cover, 2006)

Ocupação do solo	Área (ha)	%
Florestas de folhosas	307.762	60,1
Sistemas agro-florestais	169.545	33,1
Florestas mistas	18.105	3,5
Florestas abertas, cortes e novas plantações	15.120	3,0
Florestas de resinosas	1.927	0,4
Total	512.460	100

Dos 512.460 hectares de área florestal foram excluídos 41.694 hectares de área florestal correspondentes ao concelho de Vendas Novas que não foi inventariado. De seguida apresenta-se distribuição geográfica das diferentes classes de ocupação do solo para o distrito de Évora (Fig. 2).

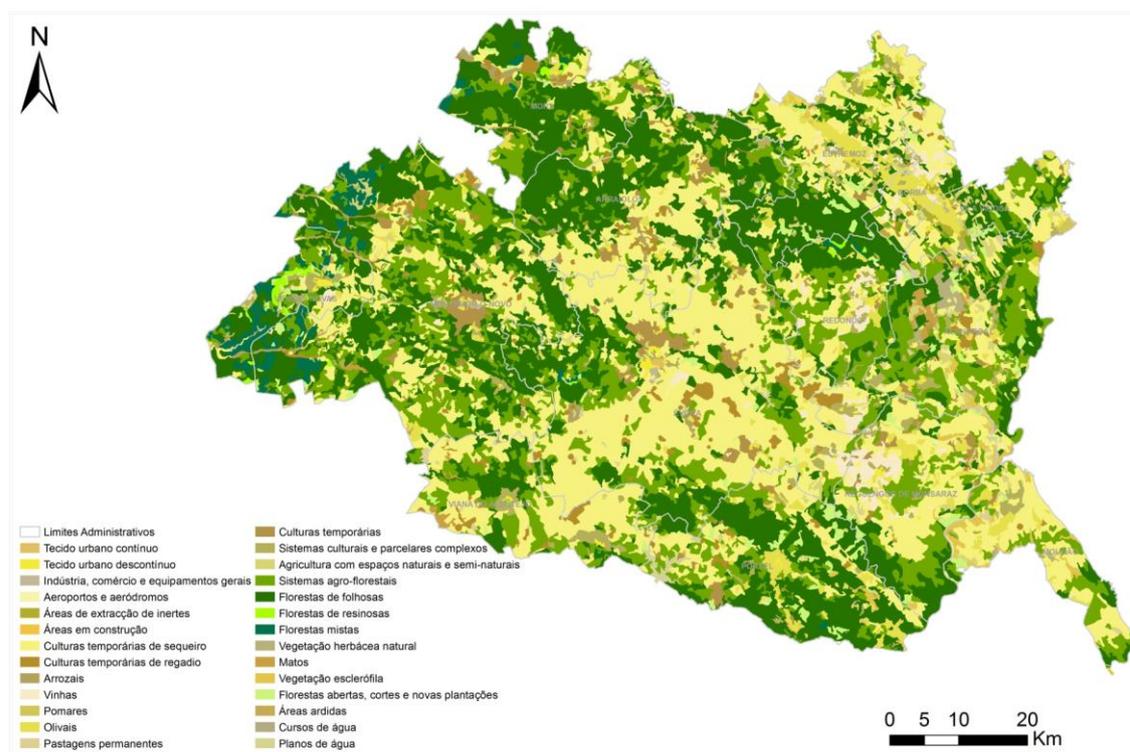


Figura 2 – Ocupação do Solo no Distrito de Évora.

(Fonte: Corine Land Cover, 2006).

2.3. Pontos de amostragem

No âmbito do Projecto AGRIS 3.4 – Prevenção de Riscos Provocados por Agentes Bióticos e Abióticos: SISPROFLOR – Sistema Regional de Prevenção contra Pragas e Doenças em Espaços Florestais (Proj. Nº 2001.60.006821.5) foi realizado um inventário florestal no ano de 2006 para o Alentejo, do qual utilizámos a informação referente ao distrito de Évora.

Tendo em vista a definição dos pontos de amostragem, no Projecto já citado, estabeleceu-se uma grelha regular de pontos distanciados 2 km, o que originou uma grelha com 2 km por 2 km de distância entre as parcelas (Fig. 3).

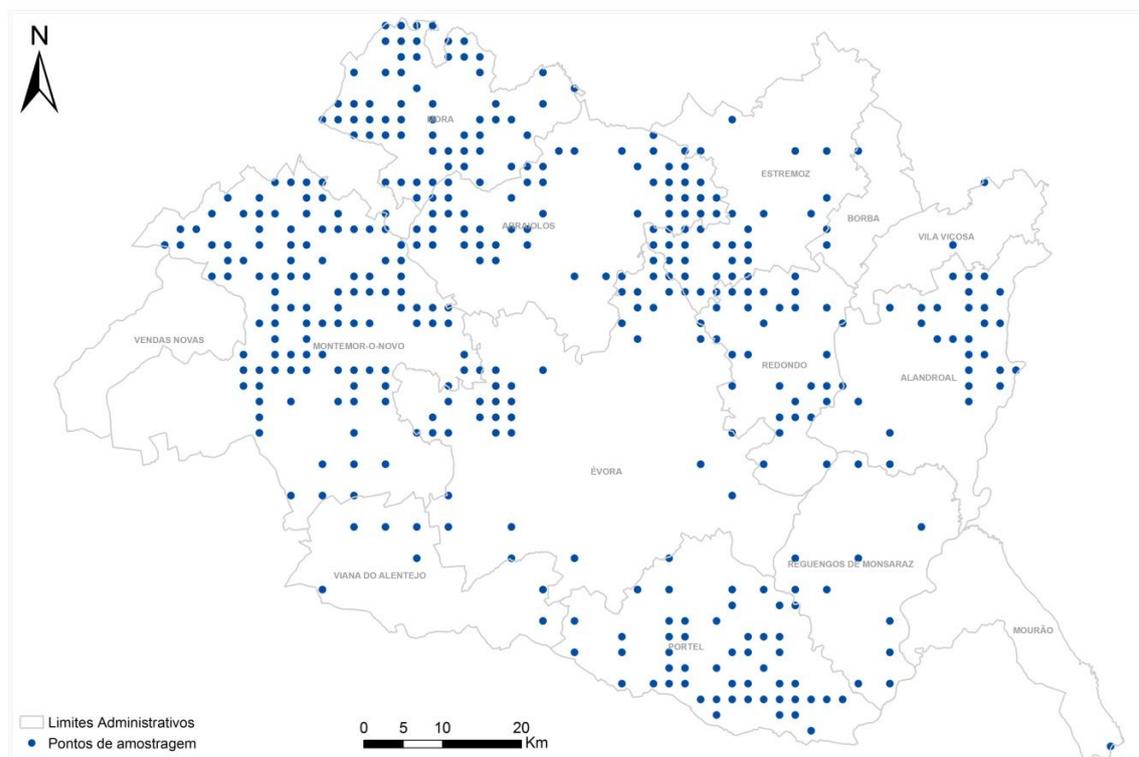


Figura 3 – Pontos de amostragem.

As coordenadas dos centros das parcelas de amostragem foram previamente definidas em gabinete de forma a cobrir todo o Alentejo. O sistema de coordenadas utilizado foi o sistema de Hayford-Gauss-Militar (também designado por Sistema Militar Português).

Para determinar as parcelas de campo foi necessário seleccionar os pontos de amostragem através de um pré-processamento em SIG da informação existente. A selecção dos povoamentos resultou da cobertura obtida com a sobreposição da seguinte informação: Cartografia de Ocupação do Solo baseada em ortofotomapas de 2005 e a

grelha de pontos. O universo dos dados analisados para o distrito de Évora ao nível da árvore é composto por 7.934 registos e ao nível da parcela, foram inventariadas 415 parcelas.

A recolha de dados de campo fez-se com recurso a uma aplicação informática específica (software desenvolvido para o Projecto) implementada em Personal Digital Assistant - PDA, para recolha informatizada da informação inventariada.

Na Tab. 3 e Fig. 4 estão representados o número total árvores amostradas para os diferentes tipos de povoamento florestal considerados e na Fig. 5 a distribuição geográfica das parcelas amostradas.

Tabela 3 - Número e percentagem de árvores utilizadas para processamento, por tipo espécie.

Espécie	Nº de árvores	(%)
<i>Quercus suber</i> (sobreiro)	4644	58,5
<i>Quercus rotundifolia</i> (azinheira)	3079	38,9
<i>Pinus pinea</i> (pinheiro-manso)	144	1,8
<i>Pinus pinaster</i> (pinheiro-bravo)	67	0,3
Total	7934	100

Nas 415 parcelas consideradas para este estudo foram amostradas 7.934 árvores, entre as quais, 58% são sobreiros e 39% azinheiras, assim sendo, 97% dos povoamentos florestais analisados no distrito de Évora são de azinho e/ou sobreiro. O pinheiro-manso representa 1,8% da amostra (144 árvores) e 0,8% (67 árvores) de pinheiro-bravo. O espectro de análise não é completo pois os povoamentos de eucalipto não foram amostrados por não pertencerem ao objecto de estudo do projecto, bem como o concelho de Vendas Novas e a oeste do concelho de Montemor, uma vez que estes territórios estavam abrangidos pela Zona de Restrição do nemátodo do pinheiro (Portaria 518/2001 de 24 de Maio)

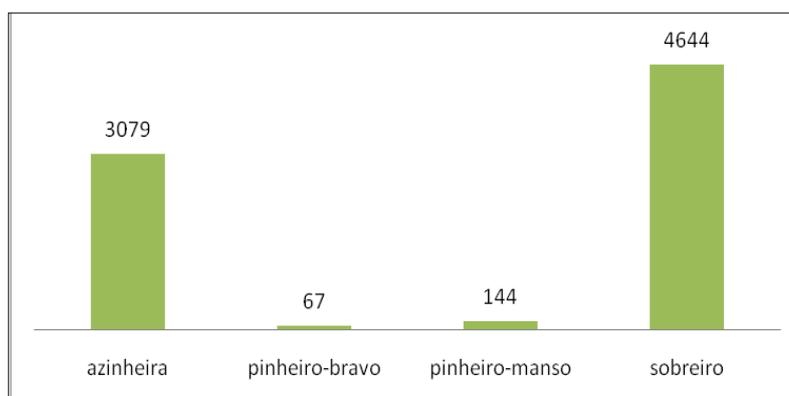


Figura 4 – Distribuição por espécie das árvores inventariadas nas diferentes parcelas de estudo (amostras).

O levantamento de campo foi realizado de acordo com uma metodologia baseada em parcelas de amostragem (Anexo I). O centro da parcela de amostragem foi estabelecido num raio de 100 metros das coordenadas iniciais de cada ponto e teria de estar localizado a mais de 40 metros da orla do povoamento. Uma vez localizado no terreno o centro da parcela de amostragem era estabelecida uma parcela rectangular com 0,2 ha de área, tendo sido recolhidos os seguintes dados de acordo com as classes da Tab 4:

- posicionamento da parcela: uma coordenada X que define a distância à meridiana do ponto de amostragem e uma coordenada Y que define a distância à perpendicular do ponto de amostragem;
- data da amostragem: registo para cada parcela de amostragem o dia, mês e ano em que for feita a recolha de dados;
- litologia: descrita em função do material originário;
- profundidade do solo: apenas avaliada até à rocha consolidada (espessura útil);
- topografia: refere-se às características da morfologia do terreno;
- exposição solar: determinada com o auxílio de uma bússola, sendo esta observação efectuada no sentido do maior declive;
- declive: medido no local utilizando um clisímetro sempre segundo a linha de maior declive;
- pedregosidade: de acordo com o diâmetro das partículas pedregosas;
- composição do povoamento florestal;
- espécie florestal.

Tabela 4 – Classes das características biofísicas em estudo.

Profundidade do solo (cm)	< 10	10-25	25-40	> 40		
Topografia	vale	encosta	cumeada	plano		
Exposição (°)	Sem exp. definida	Norte (315-45/350-50)	Este (45-135/50-150)	Sul (135-225/150-250)	Oeste (225-315 / 250- 50)	
Declive (%)	Plano (< 3)	Ligeiro (3 a 9)	Moderado (10 a 19)	Acentuado (20 a 29)	Muito acentuado (≥30)	
Pedregosidade	Nada a salientar	Baixa (pedras de \varnothing médio inferior a 25 cm)	Média (1-15% de cobertura do solo)	Elevada (> 15 % de cobertura do solo)	Com afloramentos rochosos	
Litologia	Areias	Arenitos	Calcário	Granito	Xisto	Outro

2.4. Avaliação de biomassas

Para a avaliação da biomassa foram determinados parâmetros dendrométricos, nomeadamente o diâmetro à altura do peito (DAP) e altura (H), com base em dados recolhidos em 7.934 árvores distribuídas por 415 parcelas, correspondentes a áreas com povoamentos de sobreiro, azinheira, pinheiro-bravo e pinheiro manso, puros ou mistos no distrito de Évora.

A parcela era estabelecida segundo as definições do Inventário Florestal Nacional – 3ª revisão (1995-1998) – (DGF, 2005). Todas as árvores na parcela com diâmetro à altura do peito superior a 7,5 centímetros foram alvo de medição. A espécie florestal era identificada visualmente e em todas as árvores em pé (vivas e mortas) foi medido o DAP (diâmetro do tronco a 1,30 m de altura) no caso do pinheiro e no caso do sobreiro e azinheira o CAP (circunferência do tronco a 1,30 m de altura).

O método de cálculo das biomassas para cada parcela compreendeu duas etapas. Numa primeira etapa estimou-se as biomassas de cada árvore individual existente nas parcelas de inventário e na segunda etapa calculou-se o valor médio de biomassa por parcela e por unidade de área. Os procedimentos de cálculo utilizados nas duas etapas apresentam-se nos pontos seguintes.

2.4.1. Cálculos ao nível da árvore individual

A biomassa, assim como o carbono, são variáveis de difícil obtenção. Por este motivo, os modelos mais utilizados para a sua obtenção são aqueles que utilizam técnicas de regressão, relacionando variáveis de fácil obtenção e frequentemente medida em inventários florestais, como o DAP e altura das árvores. Este é o princípio da alometria, que consiste em relacionar duas ou mais dimensões para poder estimar umas em função das outras. Uma equação alométrica (Tab. 5, 6, 7 e 8) é uma ferramenta matemática que permite conhecer, de forma simples, a quantidade de biomassa e de carbono de uma árvore através da medição de outras variáveis.

As equações de biomassa baseiam-se nas relações alométricas, entre a biomassa das diferentes componentes da árvore e as suas dimensões, altura (H) e/ou diâmetro (D) e/ou circunferência (C) do tronco medido a 1,3 m do chão. Estas relações, na sua forma mais simples, dependem do diâmetro, podendo ainda ser função da altura ou de ambos os parâmetros.

A partir das medições das árvores das parcelas de inventário foram calculadas as seguintes biomassas: biomassa do tronco, biomassa da casca¹, biomassa dos ramos, biomassa das folhas² e biomassa das raízes.

Tabela 5 - Modelos de Equações utilizadas na estimação da biomassa para a azinheira (*Quercus rotundifolia*).

$wi = \beta_0 d^{\beta_1}$ ($i = w, b, c, r$)			
Componente	β_0	β_1	Fonte
Lenho (w, w)	0,164185	2,011002	Paulo <i>et al.</i> , 2003
Casca (wb)	0,600169	1,355957	
Copa (wc)	1,909152	1,200354	
Total aérea (wa)	$wa = ww + wb + wc$		
Raízes (wr)	0,545045	1,789300	Montero <i>et al.</i> , 2005

d – diâmetro da árvore medido a 1,30 m de altura (cm); wi – biomassa da componente i da árvore (kg); wa – biomassa total aérea da árvore (kg).

Tabela 6 - Modelos de Equações utilizadas na estimação da biomassa para o sobreiro (*Quercus suber*)

(1) $wi = \beta_0 cu^{\beta_1}$ (2) $wi = \beta_0 du^{\beta_1}$ ($i = wsbr1, br2, l, r$)				
Componente	Modelo	β_0	β_1	Fonte
Lenho no tronco, pernadas e braças ($wwsbr1$)	1	284,2881	2,9646	Paulo <i>et al.</i> , 2003
Ramos ($wbr2$)	1	108,5769	1,3464	
Folhas (wl)	1	22,5773	1,1690	
Total aérea (wa)	$wa = ww + wbr + wl$			
Raízes (wr)	2	0,545045	1,789300	Montero <i>et al.</i> , 2005

d – diâmetro da árvore com casca medido a 1,30 m de altura (cm); du – diâmetro da árvore sem casca medido a 1,30 m de altura (cm); cu – circunferência à altura do peito (m); wi – biomassa da componente i da árvore (kg); wa – biomassa total aérea da árvore (kg).

¹ Não se estimou a biomassa da cortiça de reprodução, por se considerar esta componente como um "fruto-pendente".

² A biomassa de folhas das espécies de sobreiro e azinheira estão incluídas na componente ramos, uma vez que se trata de espécies caducifólias.

Tabela 7 - Modelos de Equações utilizadas na estimação da biomassa para o pinheiro-manso (*Pinus pinea*).

(1) $w_i = \beta_0 c^{\beta_1} h^{\beta_2}$ ($i=w,b$) (2) $w_{br} = \beta_0 c^{\beta_1}$						
(3) $w_l = \beta_0 c^{\beta_1} \left(\frac{h}{d}\right)^{\beta_2}$ (4) $w_r = \beta_0 d^{\beta_1}$						
Componente	Modelo	β_0	β_1	β_2	Fonte	
Lenho (<i>ww</i>)	1	18,8544	1,6755	0,9485	Tomé <i>et al.</i> , (2007)	
Casca (<i>wb</i>)	1	8,0810	1,5549	0,4702		
Ramos (<i>wbr</i>)	2	184,9365	3,0344	-		
Folhas (<i>wl</i>)	3	22,2677	1,7607	-0,5003		
Total aérea (<i>wa</i>)	$wa = ww + wb + wbr + wl$					
Raízes (<i>wr</i>)	4	0,4522	1,1294	-		

c – circunferência da árvore medida a 1,30 m de altura (m); d – diâmetro da árvore medido a 1,30 m de altura (cm); h – altura total (m); w_i – biomassa da componente i da árvore (kg); wa – biomassa total aérea da árvore (kg).

Tabela 8 - Modelos de Equações utilizadas na estimação da biomassa para o pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*).

(1) $w_i = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$ ($i=s,b$) (2) $w_i = \beta_0 d^{\beta_1} \left(\frac{h}{d}\right)^{\beta_2}$ ($i=br,l$)						
(3) $w_i = \beta_0 d^{\beta_1}$ ($i=r$)						
Componente	Modelo	β_0	β_1	β_2	Fonte	
Tronco (<i>ws</i>)	1	0,0146	1,94687	1,106577	Tomé <i>et al.</i> , (2007)	
Casca (<i>wb</i>)	1	0,0114	1,8728	0,6694		
Ramos (<i>wbr</i>)	2	0,00308	2,75761	-0,39381		
Agulhas (<i>wl</i>)	2	0,09980	1,39252	-0,71962		
Total aérea (<i>wa</i>)	$wa = ws + wbr + wl$					
Raízes (<i>wr</i>)	$wr = 0,2756 * wa$					

d – diâmetro da árvore medido a 1,30 m de altura (cm); h – altura total (m); w_i – biomassa da componente i da árvore (kg); wa – biomassa total aérea da árvore (kg).

A biomassa foi avaliada para cada árvore adulta com DAP superior a 7,5 cm e com recurso a fita de diâmetros a 1,30 m de altura. A altura das árvores não foi medida no terreno, por esse motivo foi estimada através de relações hipsométricas (Tab. 9).

A biomassa das árvores menores (DAP <7,5cm) não foram estimadas, uma vez que o DAP dessas árvores não foi medido no terreno.

Tabela 9 – Relações hipsométricas para estimação da altura total.

(1) $h = \frac{d}{\beta_0 + \beta_1 d}$		(2) $h = \frac{du}{\beta_0 + \beta_1 du}$		
Espécie	Modelo	β_0	β_1	Fonte
pinheiro-bravo	1	1,0643	0,0222	Tomé <i>et al.</i> , 2007b
pinheiro-manso	1	1,8104	0,0388	
sobreiro	2	2,1124	0,0293	
azinheira	1	0,8954	0,0449	

d – diâmetro da árvore medida a 1,30 m de altura (cm); h – altura total da árvore (m); du – diâmetro da árvore medido a 1,30 m de altura sem casca (cm).

2.4.2. Cálculos ao nível da parcela

A biomassa da parcela foi obtida através da soma das biomassas das árvores adultas de cada espécie incluída na parcela. Não houve discriminação da biomassa das árvores vivas e a biomassa das árvores mortas.

Utilizar dados ao nível da árvore ou da parcela, recorrendo a equações alométricas que convertem as medições realizadas no campo, como a altura da árvore ou o diâmetro à altura do peito em volumes ou biomassas torna-se um trabalho mais demorado mas de acordo com Oliveira (2008) é um método mais vantajoso.

As medidas de posição (média, mediana e moda), a medida de dispersão (desvio padrão) e a medida de forma (coeficiente de variação) foram calculadas para todas as parcelas em função da sua quantidade de biomassa por unidade de área.

Os levantamentos de campo permitiram a caracterização qualitativa e quantitativa dos povoamentos florestais.

2.5. Contabilização do Carbono Armazenado

O carbono armazenado foi calculado assumindo que 50% da biomassa (em peso) é composta por este elemento químico. Para efeitos de contabilização da contribuição da floresta para a mitigação do efeito de estufa (através do armazenamento de carbono), converteu-se o carbono armazenado em CO₂ equivalente, recorrendo à sua multiplicação por um coeficiente que pondera a relação entre o peso molecular do dióxido de carbono e o peso atómico do carbono (44/12=3,6666...).

2.6. Modelo de Rasch

O modelo de Rasch, como um instrumento de medição (Tristán, 2002; Álvarez, 2004), pode ser uma ferramenta importante e inovadora para relacionar uma determinada variável latente com outro tipo de variáveis independentes. Este modelo de variável latente é baseado na modelação matemática do comportamento resultante da interacção de um sujeito com o seu item (Tristán, 2002). Trata-se de um modelo de um único parâmetro, ou seja, há apenas um parâmetro de medição, o que corresponde a uma única dimensão, numa única escala. Utilizámos a medida de Rasch para determinar a biomassa florestal do distrito de Évora tendo em conta as variáveis biofísicas do território de cada parcela amostrada e que condicionam essa mesma biomassa.

Se guiado por um objectivo razoável e coerente do ponto de vista conceptual, o modelo de Rasch pode sintetizar e consolidar dados totalmente díspares num mesmo quadro analítico. O objectivo deste procedimento, no âmbito deste trabalho, é relacionar a produção de biomassa com as diferentes características do território, ou seja, a litologia, profundidade do solo, topografia, declive e pedregosidade e consolidá-los numa única variável global, que simplifica a interpretação da distribuição de biomassa florestal.

2.6.1. Categorização dos itens

As variáveis biofísicas aplicadas a este modelo, aqui designadas como itens (litologia, profundidade do solo, topografia, exposição solar, declive e profundidade do solo), bem como, as variáveis estatísticas aplicadas à produção de biomassa de cada parcela (amostra), foram categorizadas em 3 classes, de 1 a 3, em que 1 é o valor mais baixo e categoriza as características da parcela mais limitativas para a produção de biomassa, e 3 categoriza as características menos limitantes para a produção de biomassa, como indica a Tab. 10. Esta categorização foi baseada na leitura da biomassa de todas as parcelas amostradas, tal como indica o Anexo II.

Após a categorização o Modelo de Rasch transforma os dados numa matriz de valores. Como os diferentes dados de análise foram medidos em unidades distintas, a categorização dá-nos a possibilidade de relaciona-los em escalas uniformes, sendo posteriormente transformados em medidas de Rasch.

Tabela 10 – Categorização dos itens em 3 classes.

Categorização	1	2	3
Litologia	Calcários	Granito	Areias
			Arenitos
		Outro	Xistos
Profundidade do solo (cm)	<10	10-25	> 40
		25-40	
Topografia	Cumeada	Vale	Plano
			Encosta
Exposição solar	Este	Sul	Norte
	Oeste	Sem exposição	
Declive (%)	Muito Acentuado (≥30)	Moderado (10-19)	Ligeiro (3-9)
		Acentuado (20-29)	Plano (<3)
Pedregosidade	Elevada (>15%)	Media (1-15%)	Nada a salientar
		C/ afloramentos rochosos	
Biomassa (kg/ha)	0 – 40.660	40.661 – 74.990	74.991 – 288.000
Mediana (kg/ha)	0 - 420,12	420,13 – 654,82	654,83 – 3751,46
Média (kg/ha)	0 - 526,11	526,12 – 795,42	795,43 – 12.898,70
Desvio padrão (kg/ha)	0 - 283,56	283,57 – 605,62	605,63 – 4.228,72
Coefficiente de variação	0 - 0,52	0,53 – 0,82	0,83 – 2,12

Uma característica chave do modelo de Rasch é transformar os dados em bruto em unidades lineares que operacionalmente definem a variável latente ou teórica associada. Esta variável é a junção de medidas não categóricas que estão conceptualmente associadas à variável latente. As suas unidades inicialmente não relacionáveis são então categorizadas em escalas uniformes e posteriormente transformadas em unidades “logit” como medições de Rasch.

Se vários dos parâmetros estudados forem medidos a partir de unidades distintas, tal não vem alterar a relação probabilística dos mesmos com a variável latente, bem como, com a sua convergência empírica numa estrutura unidimensional e invariante. Se as

propriedades das variáveis têm uma relação conceptual *à priori* com uma construção abstracta hipotética, então, a sua reformulação empírica, como categorias ordenadas, liberta estas propriedades das suas limitações métricas.

Ao descrever a biomassa em termos de categorias de classificação uniforme, propriedades não relacionadas e independentes adquirem ordinalidade comum, por isso, através desta manipulação numérica, quantidades independentes da escala podem ser expressas como intervalos comuns variando do valor mais baixo até ao valor mais alto. A convicção de que essas medidas estão relacionadas com uma variável latente e o desejo de compreender melhor as inter-relações desta variável latente com estas medidas são fundamentais para utilizar este método.

Neste estudo, a variável latente é a biomassa por unidade de área, X_{ni} , onde n se refere à localização da parcela e i se refere à biomassa por unidade de área. No caso que estamos a estudar, β_n ($n = 1, 2, \dots, 415$) refere-se a 415 parcelas onde as medições da biomassa foram realizadas e às quais vamos designar por amostras, e δ_i ($i = 1, 2, 3, \dots, 5$) refere-se às variáveis independentes e potencialmente explicativas do comportamento da variável latente (profundidade do solo, exposição, topografia, litologia, declive), às quais vamos designar por itens. Por exemplo, $X_{83,3}$ indica a variável $i = 3$ (topografia) no local amostral de número $n = 83$.

A variável X_{ni} , como qualquer outra variável latente, pode ser considerado como uma linha recta ao longo das quais os itens (profundidade do solo -1-, exposição -2-, topografia -3-, litologia -4- e declive -5-), δ_i , e os locais de amostragem, β_n , estão localizados. A linha varia da menor biomassa para a maior biomassa por unidade de área para qualquer local da amostra e é operacionalmente definida pelas cinco variáveis anteriormente introduzidas (profundidade do solo, exposição, topografia, litologia e declive). Quanto mais para à direita estiver deslocado um ponto maior será a sua biomassa. Neste quadro, qualquer valor de biomassa por unidade de área tem alguma probabilidade de aparecer em qualquer local, e o problema de medição é representar as suas diferenças lineares num intervalo probabilístico de escala aditiva. O gradiente numérico para esta escala é chamado de “*logit*” e é estabelecido, estimando limiares de parâmetros ordenados por forma a avaliar o valor de biomassa por unidade de área nos diferentes locais amostrados. Esta abordagem foi formalmente implementada num modelo de Rasch com avaliação por categorização (Andrich, 1988; Wright & Masters, 1982).

O diagrama 1 (Fig. 6) ilustra como a localização β_0 , e as variáveis δ_1 , δ_2 , e δ_3 , e δ_4 estão localizados ao longo da linha que representa a biomassa por unidade de área, X_{ni} . Neste caso, os itens δ_1 , δ_2 , e δ_3 , estão mais perto da extremidade esquerda da linha de localização do que β_0 e o item δ_4 , conseqüentemente naquele local (β_0), a biomassa por

unidade de área é influenciada pelos três itens à esquerda, δ_1 , δ_2 , e δ_3 , mas não por δ_4 , à direita de β_0 .

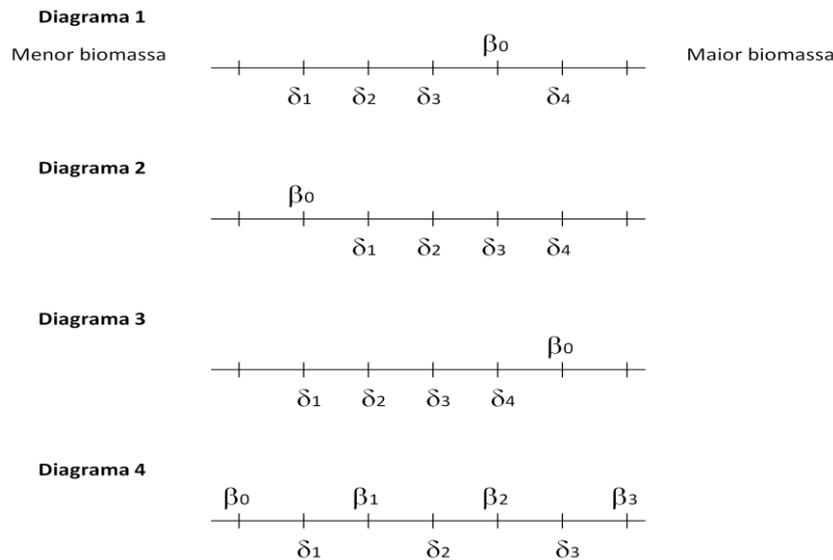


Figura 6 - Representação da variável latente, biomassa por unidade de área, como uma linha recta. β_n é o local n ; δ_i é a biomassa i .

O diagrama 1 (Fig. 6) ilustra o caso de uma amostra β_0 que é influenciada pelos itens $\delta_1, \delta_2, \delta_3$, mas não por δ_4 . O diagrama 2 (Fig. 6) mostra que β_0 não é influenciada por qualquer item, apresentando um valor baixo valor de biomassa por unidade de área. No diagrama 3 (Fig. 6) a amostra β_0 é influenciada por todos os itens e o diagrama 4 (Fig. 6) mostra uma generalização para algumas amostras e para alguns itens em que β_1 é influenciada pelo item δ_1 ; β_2 é influenciada pelos itens δ_1, δ_2 ; e β_3 é influenciada por todos os item δ_1, δ_2 e δ_3 .

Considere-se a variável dicotómica a biomassa por unidade de área, X_{ni} , que descreve o facto de uma determinada localização β_n ser influenciada pelos itens δ_i . Se $X_{ni} = 1$ então, a localização β_n , diz-se que é influenciada por esse item (neste caso profundidade do solo), e se $X_{ni} = 0$ então β_n não é influenciado por nenhum item.

Uma forma de relacionar as posições β_n e os itens δ_i com a variável dicotómica em termos de probabilidade é:

- a)** Se $(\beta_n - \delta_i) > 0$, significa que β_n está à direita de δ_i na linha onde X_{ni} é definido; então a probabilidade de que a localização β_n é influenciada pelo item δ_i é maior do que 0.5;
- b)** Se $(\beta_n - \delta_i) < 0$, significa que β_n está à esquerda do item δ_i na linha onde X_{ni} é definido; então a probabilidade de que a localização β_n é influenciada pelo item δ_i é menor do que 0.5;

c) Se $\beta_n = \delta_i$, significa que β_n e δ_i coincidem na linha onde X_{ni} é definido; então a probabilidade que a localização n é influenciada pelo item δ_i é 0.5,

Isto é,

Se $(\beta_n - \delta_i) > 0$, então $P[X_{ni} = 1] > 0.5$

Se $(\beta_n - \delta_i) < 0$, então $P[X_{ni} = 1] < 0.5$

Se $\beta_n = \delta_i$, então $P[X_{ni} = 1] = 0.5$

A diferença $(\beta_n - \delta_i)$ pode variar entre $-\infty$ e $+\infty$, e a probabilidade entre 0 e 1, i.e.,

$$-\infty \leq (\beta_n - \delta_i) \leq +\infty \text{ e } 0 \leq P[X_{ni} = 1] \leq 1$$

Se usarmos as diferenças como um expoente e , então:

$$0 \leq e^{(\beta_n - \delta_i)} \leq +\infty$$

Com um pequeno ajustamento, podemos trazer a expressão para um intervalo entre zero e um:

$$0 \leq \left\{ \frac{e^{(\beta_n - \delta_i)}}{1 + e^{(\beta_n - \delta_i)}} \right\} \leq 1$$

A relação pode ser escrita como (Álvarez & Pulgarín, 1996):

$$P[X_{ni} = 1; \beta_n, \delta_i] = \frac{e^{(\beta_n - \delta_i)}}{1 + e^{(\beta_n - \delta_i)}}$$

que é: a probabilidade de a localização n ter a influência do item correspondente i , dados os parâmetros β_n e δ_i . Esta é a fórmula obtida por Rasch (1980) no seu tratado sobre variáveis latentes.

As fases consideradas na formulação do modelo de Rasch são mostradas na Fig. 7.

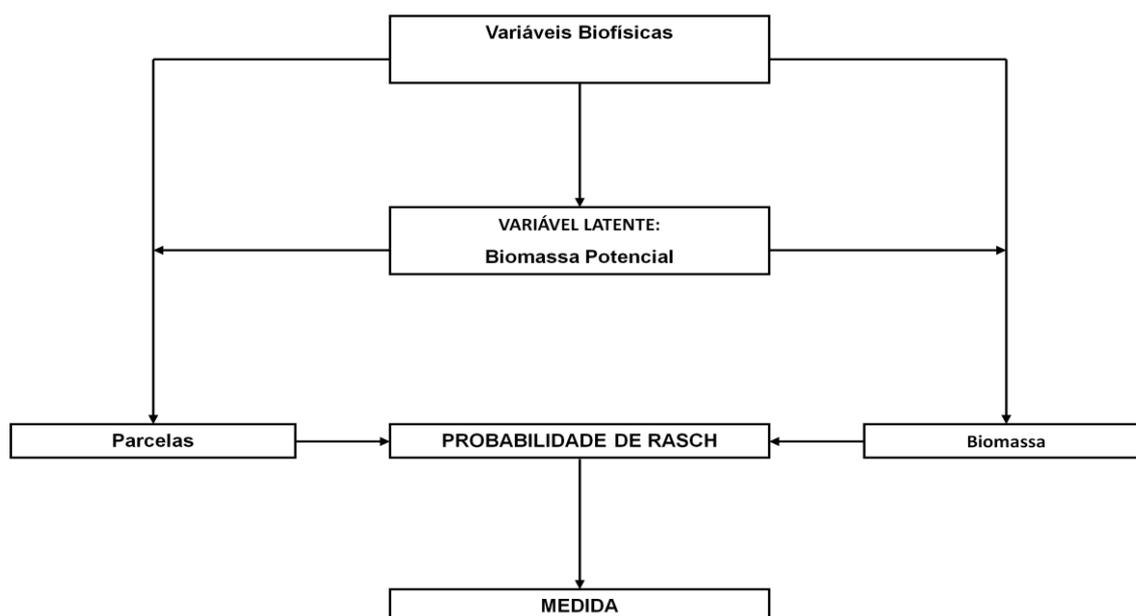


Figura 7 - Diagrama esquemático das etapas envolvidas na formulação do modelo Rasch.

2.7. Modelos Geoestatísticos

A geoestatística é a metodologia para o estudo das chamadas variáveis regionalizadas, ou seja, variáveis com condicionamento espacial, as quais tem um comportamento espacial mostrando características intermediárias entre as variáveis verdadeiramente aleatórias e aquelas totalmente determinísticas (Landim, 2003). Para Guerra (1988), essas variáveis têm em comum uma dupla característica: são aleatórias, pois os valores numéricos observados podem variar consideravelmente de um ponto a outro no espaço, e são espaciais pois, apesar de serem muito variáveis no espaço, os valores numéricos observados não são inteiramente independentes. Segundo Isaaks & Srivastava (1989), a geoestatística fundamenta-se na esperança de que, na média, as amostras próximas, no tempo e no espaço, sejam mais similares entre si do que as que estiverem distantes.

Foi efectuada uma análise geoestatística para a biomassa e para a medida de Rasch com o módulo ArcMap/Geostatistical do software ARCGIS 9.3.1. (ESRI Inc, Redlands, California, USA), tendo sido ajustado um modelo esférico ao semivariograma empírico, seguido de krigagem ordinária.

Na medida de Rasch obteve-se um alcance de 13 km e um patamar de 0,209 e um efeito pepita 0,528.

Na estimativa da biomassa obteve-se um alcance de 11 km e um patamar de 675 e um efeito pepita 1160.

2.8. Cartografia

A elaboração de toda a cartografia (Anexo III) foi realizada recorrendo a *software da ESRI ARCGIS 9.3.1*, o qual permitiu um tratamento e armazenamento organizado dos dados espaciais, bem como a produção de todos os mapas apresentados. A Fig. 8 ilustra o processamento de toda a informação.

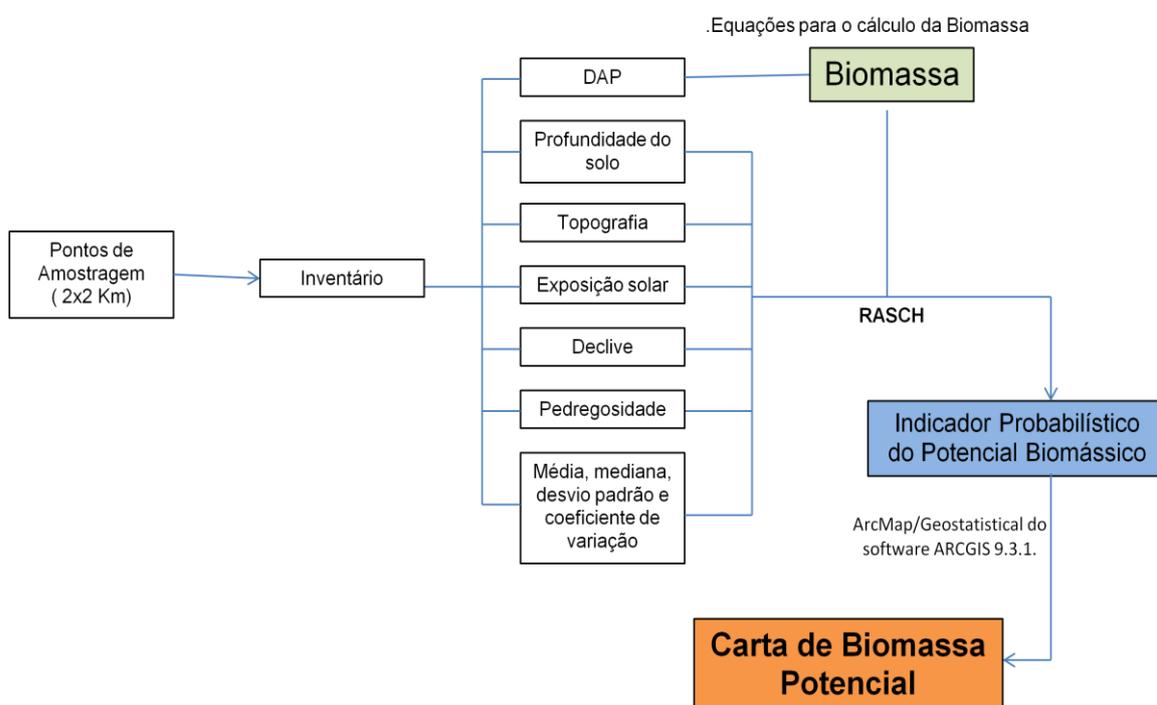


Figura 8 – Esquema ilustrativo da metodologia utilizada para a obtenção da cartografia da carta de biomassa Potencial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Biomassa

3.1.1. Cálculos ao nível da árvore

O crescimento de uma árvore ou de um povoamento é o mais importante fenómeno na floresta. O crescimento consiste no alongamento e engrossamento das raízes, tronco e galhos e causa mudanças na árvore, influenciando o seu peso, volume e forma. O crescimento linear de todas as partes da árvore é proveniente do meristema primário. Já o crescimento do diâmetro é proveniente do meristema secundário ou câmbio através da deposição de camadas justapostas de lenho.

A Fig. 9 ilustra a distribuição das árvores amostradas por classes de diâmetro (cm).

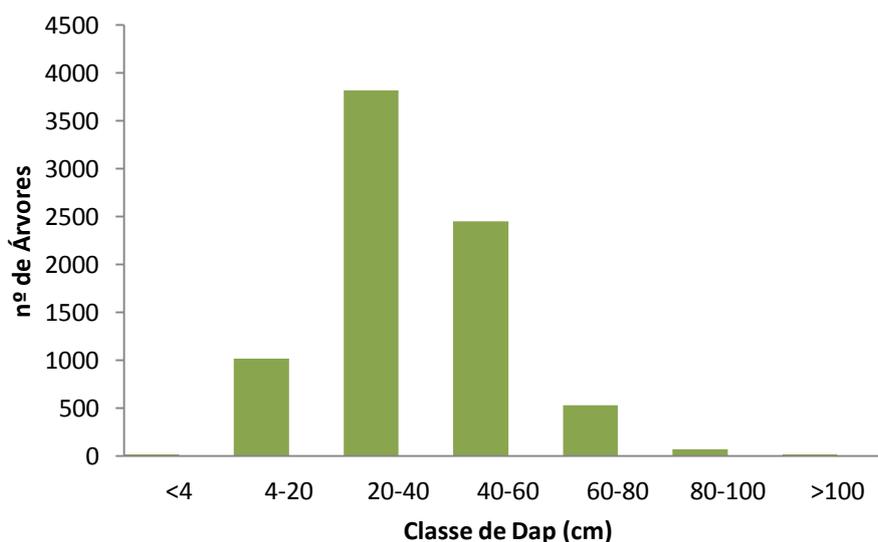


Figura 9 – Número de árvores inventariadas distribuídas por classes de DAP (cm).

Verifica-se que a ocorrência de árvores nas classes de diâmetro 20-40 cm é a mais representativa da amostragem. Esta maior representatividade de uma mesma classe de diâmetros poderá significar que a maioria das árvores inventariadas estivesse no mesmo estágio de desenvolvimento.

Uma vez que as árvores amostradas são na sua maioria sobreiros e azinheiras, esta classe de DAP poderá indicar que no distrito de Évora, encontramos maioritariamente povoamentos de meia-idade (60 anos). Observa-se ainda, um número muito reduzido de árvores jovens, o que poderá colocar em causa a substituição de alguns povoamentos que vão envelhecendo.

a relação entre parcelas com DAP elevado e biomassa elevada. Parcelas com biomassa elevada, tanto podem corresponder a parcelas com povoamentos jovens como a povoamentos antigos, a parcelas com árvores dispersas como a parcelas com povoamentos muito densos.

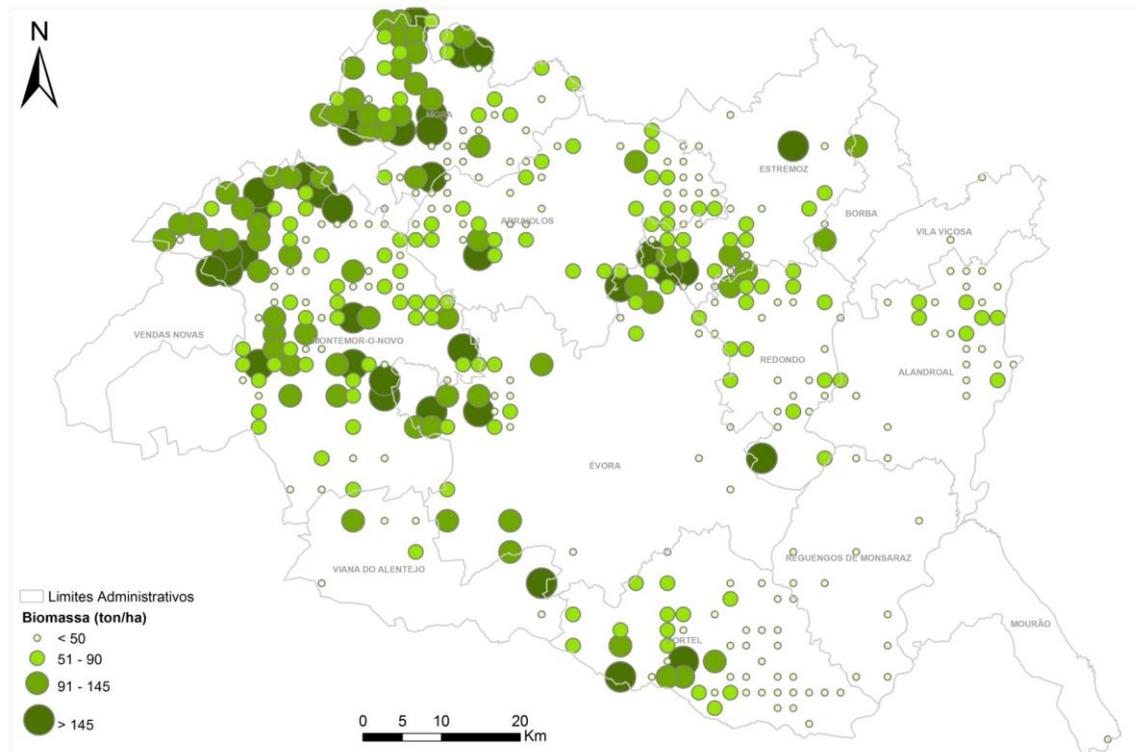


Figura 11 – Distribuição por classes de biomassa calculada para cada parcela inventariada.

Através da Fitossociologia e do estudo das séries de vegetação potencial de um território (Fig. 1) conseguimos aferir qual a espécie que melhor se adaptada a esse território. As espécies bem adaptadas desenvolvem melhor e apresentam maiores biomassas, uma vez que se encontram em condições edafoclimáticas ideais.

De seguida apresenta-se o Mapa de Biomassa Potencial (Fig. 12). Se compararmos as figuras 1 e 12 verificamos que existe uma semelhança entre os territórios onde o sobreiro é potencial e os territórios onde existe mais biomassa potencial disponível. Este facto poderá indicar-nos que zonas de fraca biomassa poderão corresponder a territórios com povoamentos florestais mal adaptados às condições edafoclimáticas locais. Estes dois mapas poderão ser utilizados como ferramentas de planeamento florestal.

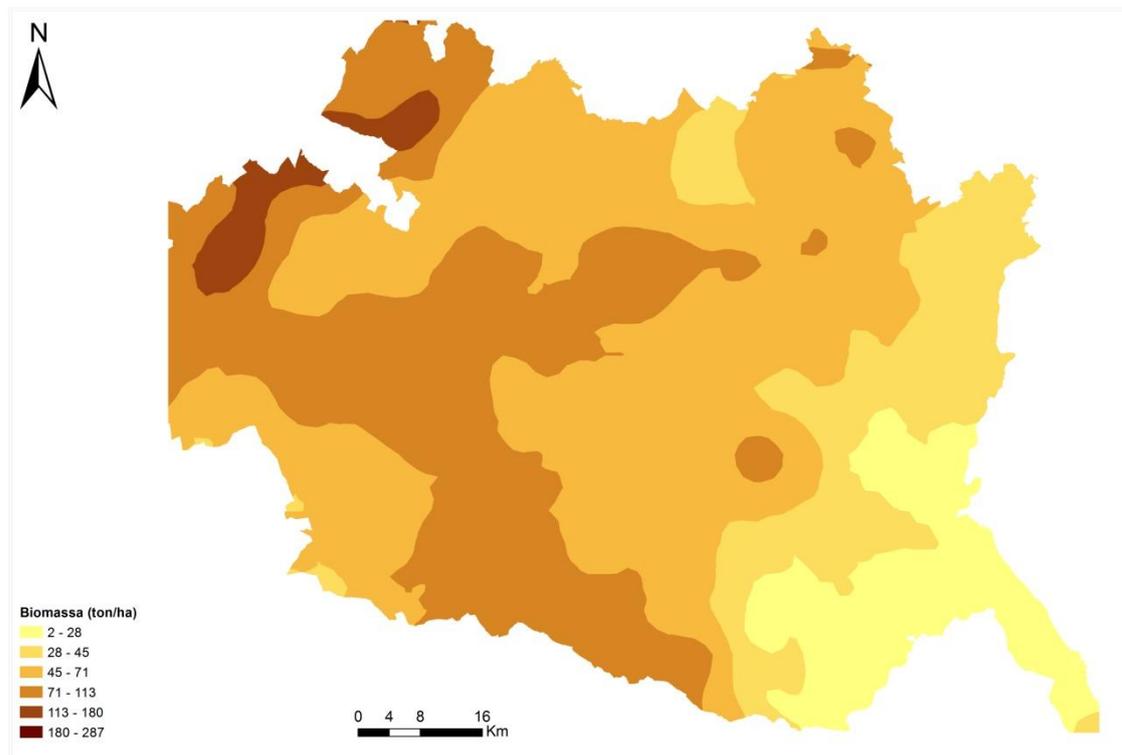


Figura 12 - Mapa de Biomassa Potencial.

3.2. Disponibilidade de biomassa

A disponibilidade de biomassa poderá ser analisada através das variáveis estatísticas. A Fig. 12 reflecte a distribuição da biomassa para o universo das 416 parcelas amostradas.

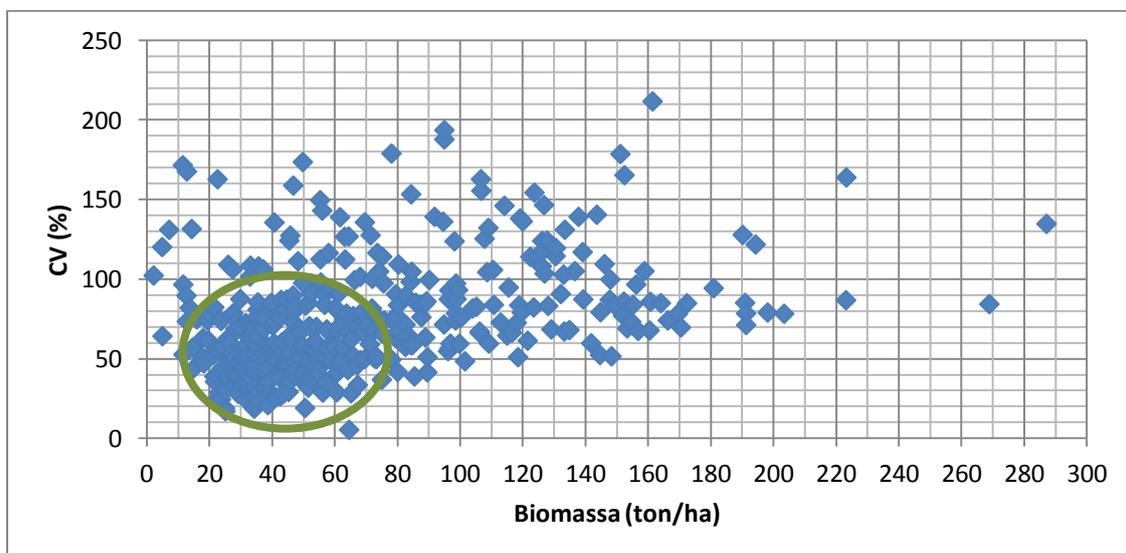


Figura 13 – Coeficiente de variação intra-parcelar relativamente à biomassa de cada parcela.

Os resultados obtidos da média e mediana foram próximos entre si, indicando que o ponto central dos valores analisados são similares à média aritmética das variáveis estudadas, neste caso, o valor de biomassa por unidade de área, não havendo discrepâncias acentuadas para as mesmas. Assim sendo, a média reflete o valor de todas as amostras, indicando-nos que a grande parte das parcelas apresenta uma biomassa média entre os 20 - 70 ton/ha (Fig. 13).

O cruzamento da informação dada pela média com o coeficiente de variação permite-nos aferir que no distrito de Évora predominam as parcelas com povoamentos de meia-idade, como já tínhamos verificado anteriormente pela análise dos DAP, e homogéneas por apresentarem um coeficiente de variação baixo. Este facto vem validar a informação anterior dada pela análise de DAP's e da biomassa, os povoamentos florestais que prevalecem no distrito de Évora não apresentam renovo, o que compromete a substituição das árvores mortas e a permanência destes povoamentos. Este é um sinal negativo para a floresta desta região.

As parcelas que apresentaram um alto coeficiente de variação são parcelas mais heterogéneas, ou porque são compostas por árvores de diferentes idades e/ou densidades diferentes. Pelo círculo verde desenhado na Fig. 13 identificamos uma tendência clara para parcelas mais homogéneas.

3.3. Aplicação do Modelo Rasch

Depois de tratados os dados foram analisados pelo modelo Rasch, com vista a sua adequação a uma só escala, uma vez que os diferentes dados de análise têm unidades distintas. Foi necessário categorizá-los e posteriormente relaciona-los numa escala uniforme. A categorização dos dados é apresentada em pormenor no Anexo II. Após essa categorização os dados são transformados numa matriz de valores (Tab. 11) e posteriormente transformados em medidas de Rasch (Tab. 11).

Para avaliar se os dados se ajustam ao modelo, o programa Winsteps faz um ajuste estatístico e expressa-os através dos índices *Infit* e *Outfit* (Tab. 12).

Para determinar como cada item pode contribuir para a produção de biomassa são utilizados índices de ajuste do modelo de Rasch (*infit* e *outfit*). O *Infit* e *Outfit* são valores estatísticos que indicam o valor médio quadrático, apto para verificar se os itens se ajustam ao modelo.

Tabela 11 - Matriz de valores categorizados usados para executar a formulação do modelo de Rasch.

Amostra	Lit	PS	Top	Exp	Dec	Ped	Biom	Med	Média	DP	C V
1	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3
2	3	2	3	2	3	3	3	1	2	3	3
3	3	2	3	1	3	3	2	1	1	2	2
4	3	2	3	1	3	3	3	1	2	3	3
...
412	3	1	3	3	2	2	1	1	1	1	3
413	3	2	3	1	2	3	1	1	1	1	2
414	3	2	3	1	3	2	1	1	1	1	2
415	3	1	3	3	2	2	2	3	3	2	1

Legenda: Lit – litologia; PS – profundidade do solo; Top – topografia; Exp – exposição solar; Dec. – declive; Ped – pedregosidade; Biom – biomassa; Med – mediana; DP – desvio padrão e CV – coeficiente de variância.

A aplicação do Modelo de Rasch como instrumento de medida permite hierarquizar as amostras (as diferentes parcelas) e os itens consoante a sua influência na produção de biomassa. Na Tab. 12 podemos verificar a hierarquização dos itens de acordo com a sua influencia na produção de biomassa.

Tabela 12 – Tabela de ajuste dos itens ao modelo de Rasch.

Item	Pontuação Total	Medida de Rasch	Modelo S.E.	Infit		Outfit		PT-Measure	
				MSQD	ZSTD	MSQD	ZSTD	Corr.	Exp.
Profundidade solo	658	1.76	0.08	0.84	-2.6	0.93	-0.9	0.26	0.50
Exposição solar	777	1.01	0.08	1.02	0.3	1.11	1.7	0.15	0.52
Mediana	825	0.73	0.08	1.04	0.8	1.01	0.2	0.59	0.52
Coef. de Variação	828	0.72	0.08	1.22	3.6	1.18	2.9	0.49	0.52
Biomassa	832	0.69	0.08	0.99	-0.2	0.95	-0.8	0.64	0.52
Média	834	0.68	0.08	0.72	-5.3	0.70	-5.5	0.80	0.52
Desvio Padrão	834	0.68	0.08	0.72	-5.5	0.70	-5.7	0.80	0.52
Pedregosidade	1053	-0.71	0.09	0.74	-4.0	0.88	-1.4	0.43	0.44
Litologia	1144	-1.57	0.11	1.14	-1.5	1.42	2.8	0.19	0.35
Declive	1168	-1.90	0.12	1.15	1.3	1.33	2.0	0.20	0.31
Topografia	1180	-2.10	0.13	1.59	4.3	2.01	4.6	0.12	0.29
Média	921.2	0.00	0.09	1.02	-0.5	1.11	0.0		
Desvio Padrão	172.2	1.27	0.02	0.25	3.2	0.36	3.2		

A pontuação total é a soma de pontos da escala comum para cada amostra, considerando todas os itens. A medida de Rasch indica a posição de cada amostra ao longo da recta que representa a variável latente, neste caso a biomassa; Infit e Outfit MNSQ são valores estatísticos que indicam o valor médio quadrático, apto para verificar se as amostras se ajustam ao modelo.

O item que melhor pontua é a topografia e o que menos pontua é a profundidade do solo, a medida de Rasch é proporcionalmente inversa à pontuação. Os itens com melhor pontuação têm uma maior influência na produção de biomassa e apresentam um valor mais alto de ajuste ao Modelo (*infit*)

O Modelo de Rasch analisa todos os itens tendo em conta o padrão que o próprio Modelo encontrou da análise de todas as amostras e da influência que cada item teve nessas mesmas amostras.

Os resultados em relação à precisão, ou seja, do ajuste do Modelo aos dados é de 1,02 (DP=0,25) para os itens, este valor indica uma precisão ótima e é indicativo que, no geral os itens responderam de acordo com o padrão esperado.

Por sua vez, o valor do *outfit* foi de 1,11 (DP=0,36), sugerindo uma boa adequação ao modelo.

No que diz respeito às amostras (Tab. 13), a maioria apresentou-se dentro do padrão com uma média do *infit* de 0,96 (DP=0,41) e de *outfit* 1,11 (DP=0,91). De forma geral, os percentuais de desajuste podem ser considerados muito pequenos, principalmente por se tratar de um estudo com um número elevado de amostras e itens.

Tab. 13 – Tabela de ajuste das amostras ao modelo de Rasch.

Amostras	Pontuação Total	Medida de Rasch	Modelo S.E.	Infit		Outfit		PT-Measure	
				MSQD	ZSTD	MSQD	ZSTD	Corr	Exp
1	31	2.83	0.77	0.58	-0.5	0.37	-0.2	0.52	0.31
32	31	2.83	0.77	0.58	-0.5	0.37	-0.2	0.52	0.31
34	31	2.83	0.77	0.58	-0.5	0.37	-0.2	0.52	0.31
35	31	2.83	0.77	1.49	0.9	0.68	0.2	0.44	0.31
50	31	2.83	0.77	0.58	-0.5	0.37	-0.2	0.52	0.31
...
301	18	-0.99	0.55	0.61	-0.9	0.64	-0.7	0.83	0.66
394	18	-0.99	0.55	0.51	-1.2	0.46	-1.2	0.97	0.66
60	17	-1.30	0.57	1.04	0.2	0.94	0.1	0.71	0.65
62	17	-1.30	0.57	1.34	0.8	1.26	0.6	0.58	0.65
402	17	-1.30	0.57	0.83	-0.2	0.73	-0.4	0.78	0.65
Média	24.4	0.71	0.53	0.96	-0.1	1.11	0.1		
Desvio Padrão	3.4	0.92	0.05	0.41	1.1	0.91	1.1		

A pontuação total é a soma de pontos da escala comum para cada amostra, considerando todas os itens. A medida de Rasch indica a posição de cada amostra ao longo da recta que representa a variável latente, neste caso a biomassa; Infit e Outfit MNSQ são valores estatísticos que indicam o valor médio quadrático, apto para verificar se as amostras se ajustam ao modelo.

3.3.1. Resultados estatísticos da Biomassa medida pelo modelo de Rasch

Uma das maiores vantagens de usar o método de Rasch é a possibilidade de observação simultânea na mesma escala dos valores de biomassa florestal disponível (valores no topo da Fig. 14) e as variáveis que mais influenciam a produção da mesma (itens) (valores na parte inferior da Fig. 14).

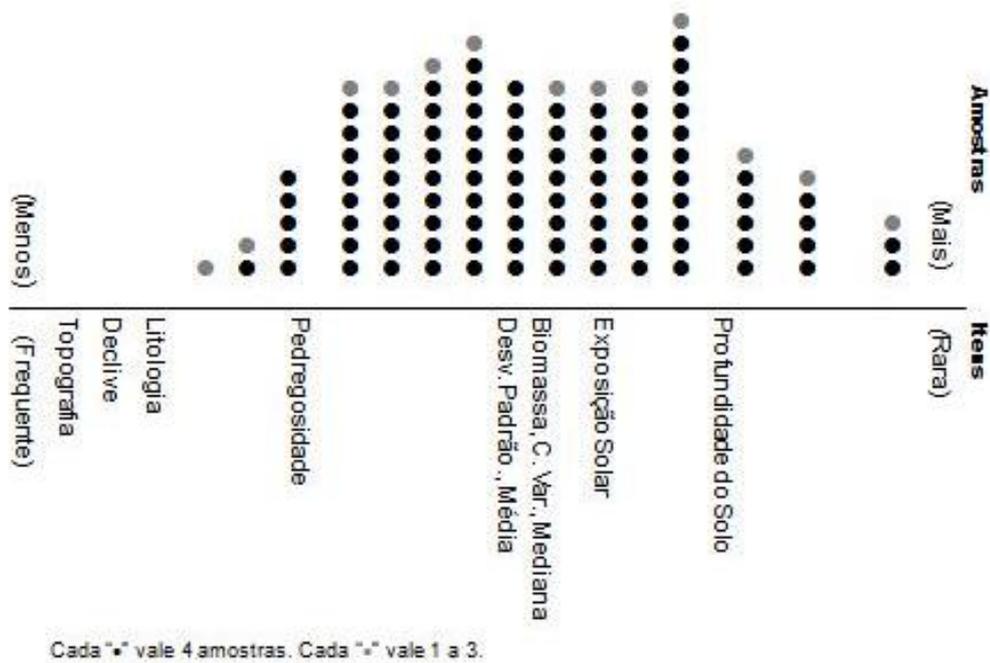


Figura 14 – Resultado da aplicação do Modelo de Rasch apresentados numa mesma escala.

A principal contribuição do Modelo de Rasch diz respeito ao entendimento de que um sujeito A, com habilidade maior de que um sujeito B, deve ter uma probabilidade superior de responder acertadamente a um determinado item. Paralelamente, um item com grau de dificuldade C deve ser mais frequentemente acertado por um sujeito com habilidade D, quando comparado a um item E de maior dificuldade (Rasch, 1960 *in* Chachamovich, 2007). Isto é, a probabilidade de uma amostra X com um item Y ocorrerem é produto da potencialidade de X, neste caso da quantidade de biomassa na parcela e da dificuldade de Y, ou seja, limitações dadas pelas características biofísicas da parcela, nada mais. Reforçando assim a propriedade de independência da amostra e dos itens que caracteriza o Modelo de Rasch.

A Fig. 14 ilustra a influência que cada item tem na produção de biomassa em determinado ponto geográfico. A linha recta representa a variável latente: biomassa por unidade de área. A distribuição das amostras de biomassa está acima da linha recta: à direita os valores mais altos de biomassa por unidade de área; à esquerda os valores

mais baixos de biomassa. Os itens (variáveis biofísicas analisadas) estão abaixo da linha recta: à direita os itens com menos influencia na produção de biomassa, ou seja, que menos influenciam a variável latente; à esquerda os itens mais comuns (mais frequentes) e que mais influenciam a biomassa florestal por unidade de área (variável latente).

Na Fig. 14 a leitura das amostras faz-se na escala de cima e a dos itens na escala de baixo. Estas escalas são inversas, pelo que, as amostras com maior biomassa estão situadas à direita na escala de cima, e os itens com maior influência na biomassa estão localizados no lado esquerdo da escala e em baixo. As amostras localizadas mais a direita na escala da Fig. 14 apresentam um potencial de biomassa florestal muito elevado comparativamente à esquerda da mesma escala.

A aplicação do modelo de Rasch permite-nos dizer que estatisticamente os itens: topografia, litologia e declive são, entre as variáveis biofísicas analisadas, as que mais influencia têm na quantidade de biomassa florestal das parcelas analisadas. Quando colocados na mesma escala (Fig. 14) estão classificados como os itens mais frequentes, isto é, que mais influenciam positivamente as amostras, comparados com os restantes itens. A profundidade de solo é o item com a pontuação mais baixa por isso ficou localizado mais à direita por isso é de todas as variáveis biofísicas estudadas a que menos influencia tem nas amostras, ou seja, na produção de biomassa florestal. Esta análise vem apoiar a leitura já feita anteriormente. (Fig. 14).

3.3.2. Biomassa Florestal – Potencial

Depois da aplicação do modelo de Rasch e da análise dos seus resultados, podemos concluir que a medida de Rasch se tornou um bom instrumento de análise.

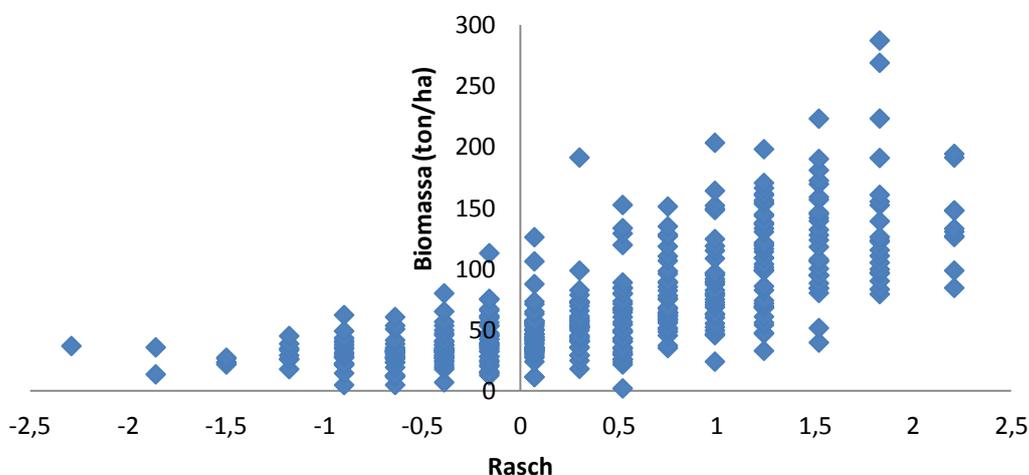


Figura 15 – Gráfico da aplicação da medida de Rasch à produção de Biomassa.

A Fig. 15 permite-nos fazer a leitura que existe uma tendência entre o valor de Rasch e a produção de biomassa. Quanto maior é o valor da medida de Rasch, maior a biomassa na amostra, mas é só uma tendência que não se manifesta em todas as amostras.

A medida de Rasch é pois um parâmetro probabilístico que está indexado ao nível de biomassa por unidade de área do distrito. Tal parâmetro interpolado espacialmente, permite-nos identificar zonas do distrito onde actualmente temos maior biomassa (Fig. 12 e Fig. 16). Se compararmos estas duas figuras, que correspondem à biomassa potencial do distrito (Fig. 12) e à medida de Rasch (Fig. 16) notamos algumas semelhanças e significa que o Modelo de Rasch se ajustou bem aos dados. Com a Medida de Rasch conseguimos inferir que existem variáveis biofísicas mais favoravelmente associadas ao desenvolvimento de biomassa, no entanto, não conseguimos inferir, se a actual distribuição de biomassa do distrito é condicionada naturalmente por essas variáveis biofísicas, revelando zonas de maior potencial biomássico, ou, se tal distribuição, é condicionada pelas actividades humanas, nomeadamente pelas medidas de incentivo à plantação florestal.

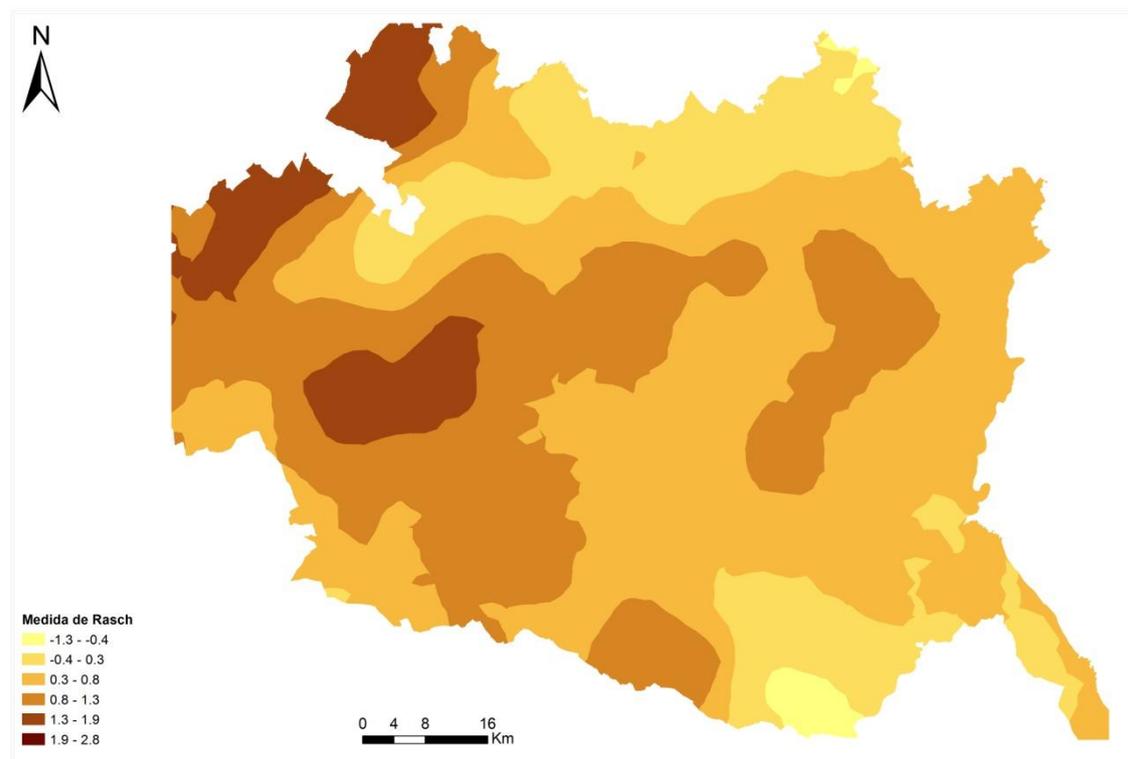


Figura 16 - Mapa da Medida de Rasch.

Acreditamos no entanto, que independentemente das actividades humanas, as variáveis biofísicas condicionam naturalmente os valores de biomassa, podendo por isso

afirmar com alguma reserva que o potencial biomássico da zona oeste e noroeste do distrito é relativamente mais elevado do que as restantes zonas do distrito (Fig. 16) este facto é validado pela Fig. 12 – Mapa de Biomassa Potencial.

3.3.3. Análise dos desajustes

Pelos resultados obtidos da aplicação do modelo de Rasch, é possível conhecer as amostras que não respondem ao padrão seguido pela maioria delas. Do ponto de vista quantitativo é detectada a amostra que não apoia o modelo, ou que atingiu valores inesperados, de acordo com o padrão, por defeito por excesso. Estes valores são designados por desajustes.

Os desajustes podem ser analisados do ponto de vista das amostras, ou seja, quais as amostras que mais desajustam em relação a um determinado item. Do mesmo modo, pode ser analisado do ponto de vista dos itens. Os desajustes constituem uma base importante para a investigação pois permitem identificar anomalias abrindo assim uma oportunidade para a sua explicação.

3.3.4. Análise do desajuste dos itens: variáveis biofísicas

Os desajustes positivos ocorrem nas amostras que apresentaram valores superiores aos esperados, de acordo com o padrão encontrado pelo modelo de Rasch. Os desajustes negativos ocorrem nas amostras que apresentam valores inferiores ao esperado para a posição que ocupa na classificação.

Tabela 14 – Desajustes do item: Topografia.

Topografia (medida de Rasch = -2,10)															
Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Classificação	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	1
Desajuste										-4		-2			-6
Amostra	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Classificação	3	2	3	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Desajuste		-2		-5	-5										
...
Amostra	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
Classificação	3	3	3	3	3	2	1	3	3	3	2	3	3	3	3
Desajuste							-5								
Amostra	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415
Classificação	2	3	3	3	1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3
Desajuste					-2										

Nota: O valor de classificação é o valor atribuído a cada amostra segundo o Anexo II. Os valores desajustados positivos e negativos são indicados pelo sinal.

No caso concreto do item topografia (Tab. 14), encontram-se desajustes por exemplo, nas amostras 10, 12 e 15. Este item apresenta um desajuste de 4, 2 e 6 valores negativos relativamente aquelas amostras. Estes desajustes indicam-nos que existe alguma anomalia para que nestas amostras a classificação tivesse ficado aquém do esperado.

A Fig. 17 representa geograficamente os desajustes das parcelas relativamente à topografia.

Podemos verificar a partir desta figura que os desajustes surgem em amostras geograficamente próximas. Este facto poderá indicar-nos que embora as condições topográficas fossem as mais indicadas, alguma anomalia existe naqueles territórios para que a biomassa daquelas parcelas não seja a esperada.

Tendo em conta o número de amostras podemos concluir que a topografia apresenta um número muito pequeno de desajuste, mostrando ser um item com bastante influência na produção de biomassa.

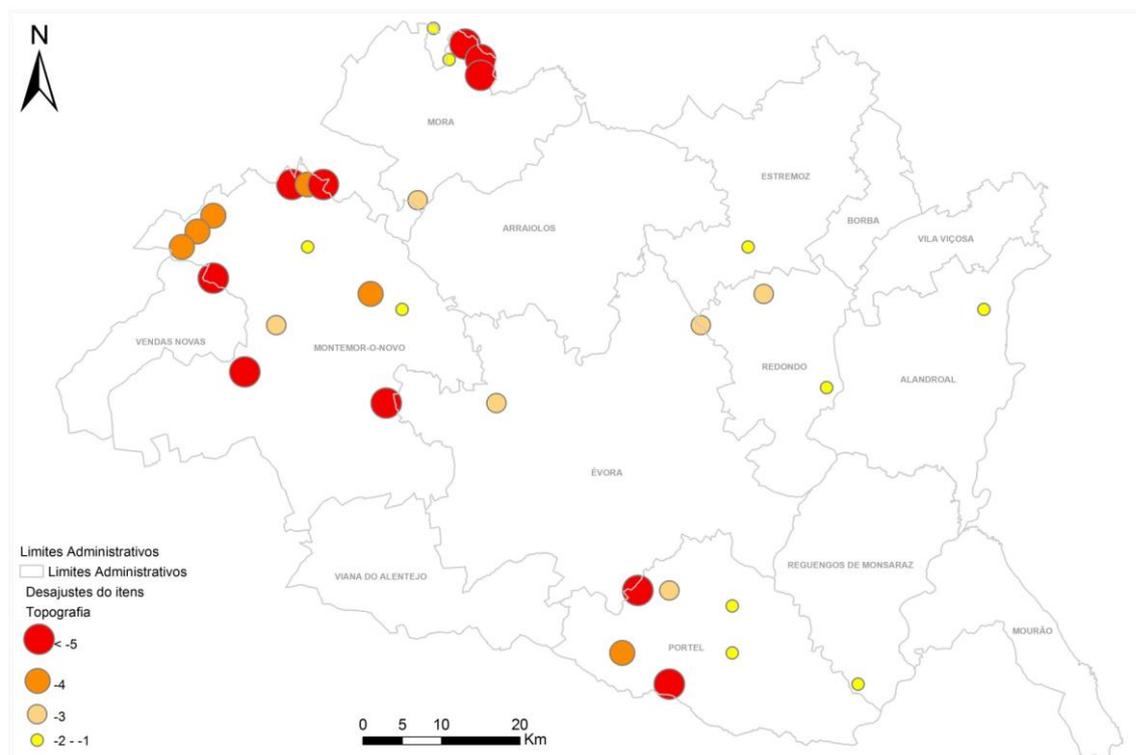


Figura 17 – Representação geográfica do desajuste do item: topografia.

Em relação ao item declive (Tab. 15), ocorre algo semelhante ao item anterior (topografia), a totalidade das parcelas que apresentam desajustes fazem-no com valor negativo. Seria de esperar, que estas amostras perante estas características

apresentassem outros valores de biomassa, neste caso valores superiores, uma vez que o sinal do desajuste é negativo.

Tabela 15 – Desajuste do Item: Declive.

Declive (medida de Rasch = -1.90)															
Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Classificação	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3
Desajuste								-2							
Amostra	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Classificação	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Desajuste			-2												
...
Amostra	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
Classificação	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3
Desajuste															
Amostra	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415
Classificação	3	2	3	2	3	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2
Desajuste															-2

Nota: O valor de classificação é o valor atribuído a cada amostra segundo o Anexo II. Os valores desajustados positivos e negativos são indicados pelo sinal.

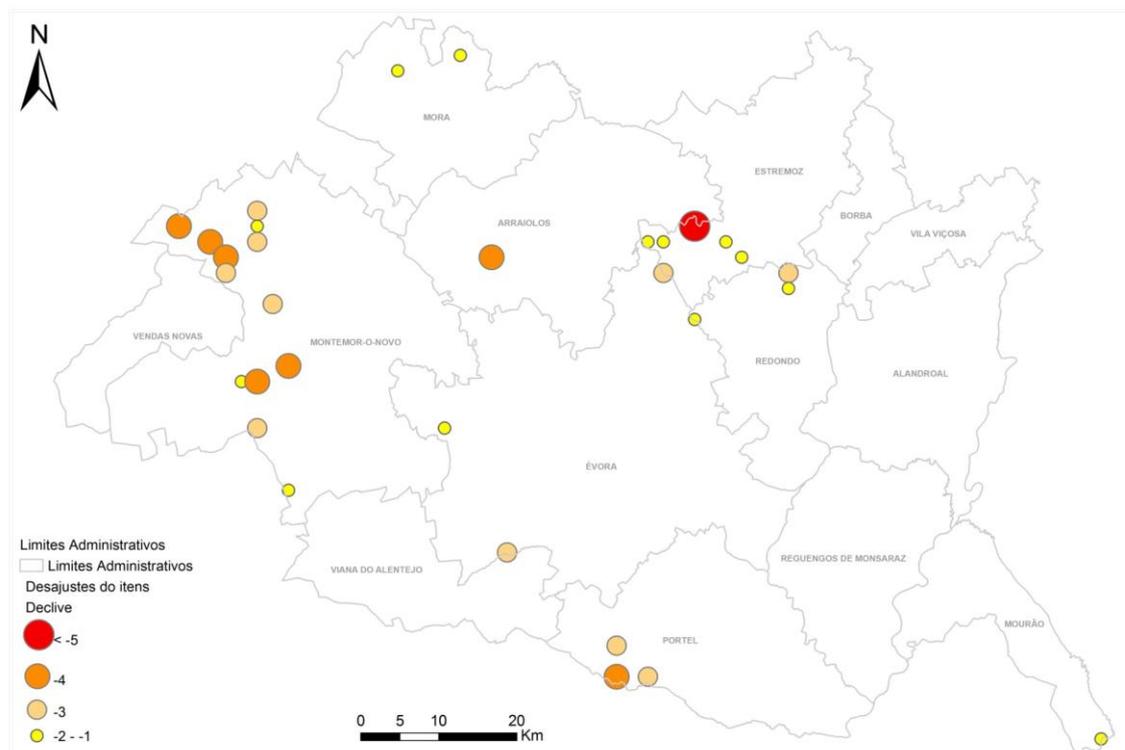


Figura 18 - Representação geográfica do desajuste do item: declive.

A Fig. 19 representa geograficamente os desajustes das parcelas relativamente ao item declive. Tal como foi verificado com o item anterior, existe uma relação espacial com os desajustes, podendo indicar-nos alguma alteração a nível da gestão do povoamento, por exemplo, ou outra qualquer anomalia, para que este item não tenha correspondido como era de esperar nestas amostras.

3.3.5. Análise do desajuste das amostras

De forma semelhante ao considerado no caso anterior, podemos analisar o desajuste das amostras.

Dois dos casos mais notáveis referem-se às amostras 149 (Tab. 16) e 303 (Tab. 17).

Tabela 16 – Desajustes da amostra 149.

Amostra 149. (medida de Rasch = 1,63)											
Item	Lit	PS	Top	Exp	Dec	Ped	Biom	Med	Média	DP	CV
Classificação	3	2	1	1	3	3	3	3	3	3	3
Desajuste			-8								

Legenda: Lit – litologia; PS – profundidade do solo; Top – topografia; Exp – exposição solar; Dec. – declive; Ped – pedregosidade; Biom – biomassa; Med – mediana; DP – desvio padrão e CV – coeficiente de variância.

Como se pode observar, a amostra 149 (Tab. 16) apresenta um desajuste de sinal negativo no item da topografia. Este desajuste indica-nos que esta amostra deveria pontuar mais neste item, dada a sua posição no ranking geral e a medida de Rasch ser elevada. Esta amostra ocupa um dos primeiros lugares do ranking, pontuando muito bem em quase todos os itens. No entanto, obteve a pontuação mínima no item da topografia, sendo esta a razão pela qual apresentou desajuste.

A Fig.20 ilustra a distribuição geográfica dos desajustes das amostras relativamente ao item topografia.

O desajuste dado pela Medida de Rasch indica-nos que nesta amostra o item topografia encontra-se fora da tendência geral registada nas outras amostras com características semelhantes.

Tal como se verificou no desajustes dos itens, também os desajustes das amostras parecem apresentar uma tendência espacial, localizando-se muito próximo uns dos outros.

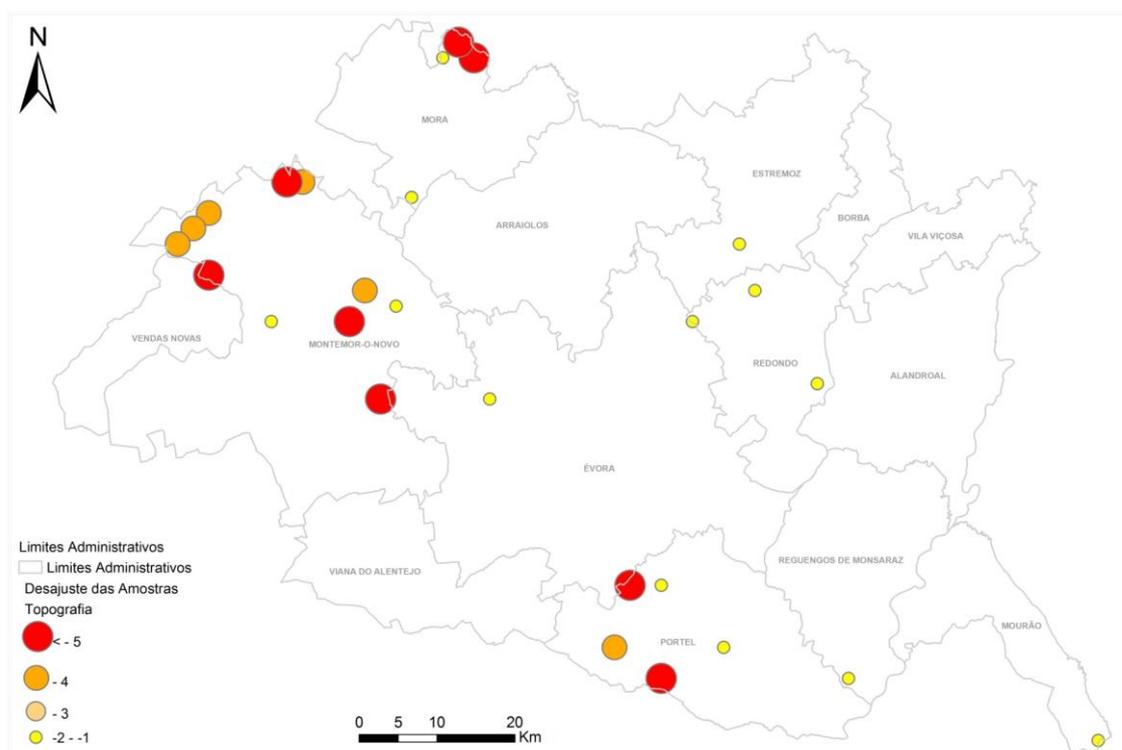


Figura 19 – Representação geográfica dos desajustes das amostras relativamente ao item: topografia.

A amostra 303 (Tab. 17) apresenta desajustes negativos no declive e na pedregosidade, e um desajuste no item exposição solar de sinal positivo. Nesta amostra, seria de esperar que a classificação dos itens declive e pedregosidade fosse superior, de acordo com as tendências registadas em amostras semelhantes. A exposição solar apresentou desajuste positivo, o que nos indica que seria de esperar neste item uma classificação mais baixa. Os valores da medida de Rasch são medianos, bem como, a biomassa da amostra.

Tabela 17 – Desajustes da amostra 303.

Amostra 303. (medida de Rasch = 0,08)											
Itens	Lit	PS	Top	Exp	Dec	Ped	Biom	Med	Média	DP	CV
Classificação	2	2	3	3	1	1	2	2	2	2	2
Desajuste				2	-3	-2					

Legenda: Lit – litologia; PS – profundidade do solo; Top – topografia; Exp – exposição solar; Dec. – declive; Ped – pedregosidade; Biom – biomassa; Med – mediana; DP – desvio padrão e CV – coeficiente de variância.

A Fig. 21 apresenta a distribuição geográfica dos desajustes das amostras relativamente ao item do declive.

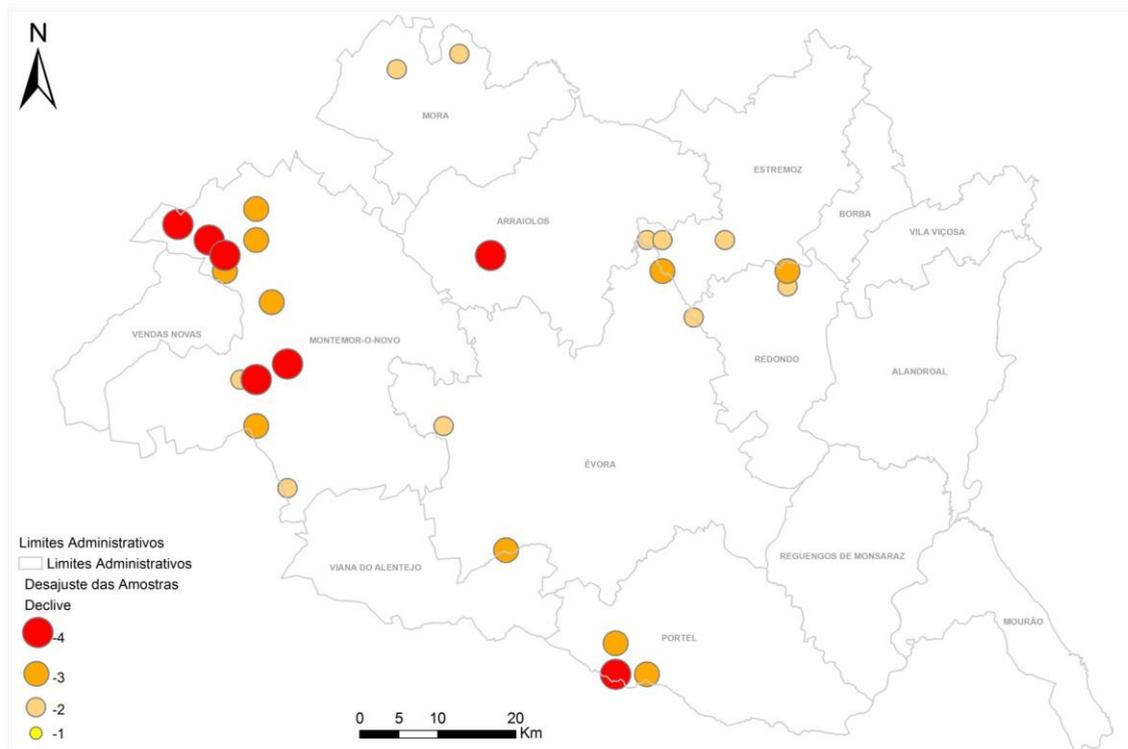


Figura 20 – Representação geográfica dos desajustes das amostras relativamente ao item: declive.

3.3.6. Escalograma de Guttman para o potencial de Biomassa

Através do escalograma de Guttman (Tristan, 2002) classificam-se os níveis de biomassa das amostras consideradas, segundo a medida de Rasch. Como se pode observar pela Tab. 18, as amostras são organizadas por ordem descendente de biomassa (amostra 1 apresenta maiores produções de biomassa do que amostra 402).

Ao medir uma única variável, o escalograma de Guttman apresenta-se como ferramenta para estudar aspectos interessantes em relação à biomassa e as características biofísicas do local da amostra. As amostras são organizadas pela pontuação atribuída na categorização (3, 2 ou 1).

Como exemplo, podemos comparar a amostra nº 32 com a nº 62 (Tab. 18). A amostra 62 tem uma classificação muito baixa nos itens litologia e pedregosidade, comparativamente aos valores da topografia e declive que tiveram classificações altas.

A amostra 32, pelo contrário, obteve classificações altas em quase todos os itens, por isso mesmo, tinha condições ótimas para a produção de biomassa, classificando também bem neste item. Esta amostra indica-nos o que poderão ser as condições ideais para a produção de biomassa.

Tabela 18 – Escalograma de Guttman.

Amostra	Top	Dec	Lit	Ped	Media	DP	Biom	CV	Med	Exp	PS
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
32	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
34	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
35	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
50	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
...
301	3	2	3	2	1	1	1	1	1	2	1
394	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1
60	3	3	1	2	1	1	1	1	1	2	1
62	3	3	1	1	1	1	1	2	1	2	1
402	3	2	3	1	1	1	1	2	1	1	1

Legenda: Lit – litologia; PS – profundidade do solo; Top – topografia; Exp – exposição solar; Dec. – declive; Ped – pedregosidade; Biom – biomassa; Med – mediana; DP – desvio padrão e CV – coeficiente de variância.

O escalograma de Guttman permite-nos sistematizar os dados das amostras, convertendo-se num instrumento eficaz. Foi desenvolvido em 1950, viria a servir de base para a posterior construção do modelo de Rasch. O escalograma descreve o padrão esperado de probabilidades de acerto do encontro de um item X com uma amostra Y (Van Der Linden, 1998).

4 LIMITAÇÕES

As limitações encontradas neste trabalho referem-se ao facto de que os dados utilizados para o mesmo não terem sido os mais adequados, uma vez que a metodologia excluía os povoamentos de eucalipto, por não estarem nos objectivos iniciais do Projecto. Sabemos porém que esta espécie tem alguma representatividade em alguns locais, por exemplo no concelho do Redondo. Esta zona apresentou na carta final de biomassa e na carta da Medida de Rasch maus resultados, quando na realidade existe bastante biomassa florestal. Os resultados deste estudo foram enviesados pela falta de dados.

Uma outra limitação neste trabalho, que se poderá tornar num desafio futuro, centra-se na contabilização da biomassa disponível para abastecimento das centrais face às populações florestais existentes. Os cálculos deste trabalho basearam-se na biomassa existente, não contabilizando a biomassa disponível, que para as espécies estudadas, na sua maioria povoamentos de sobreiro e azinheira, refere-se a podas, desbastes e corte de árvores mortas, bem como a limpeza de matos. O aproveitamento da biomassa florestal para fins energéticos tem sido visto como um mercado com grande possibilidade de crescimento mas para isso é necessário quantificar a disponibilidade de resíduos e material florestal para abastecimento das unidades de produção de energia a biomassa.

5 CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A quantificação da biomassa das florestas é uma questão que tem vindo a ganhar cada vez mais importância no contexto da gestão florestal devido à contribuição das florestas para o ciclo global de carbono. A par da produção dos tradicionais bens comercializáveis, o serviço de sequestro de carbono surge em Portugal como uma possibilidade de valorizar os espaços rurais.

Com o trabalho realizado foi possível, apesar das limitações referidas, estimar a biomassa florestal do distrito de Évora, excepto para o eucalipto, e inferir o valor de carbono sequestrado, tendo sido por isso cumprido os objectivos propostos. Foi possível ainda obter uma carta probabilística (Mapa da Medida de Rasch) indicadora da variabilidade espacial de territórios com maior probabilidade de ocorrer valores mais elevados de biomassa, quando comparados com outros. Para além desta carta foi obtida, a partir dos valores de biomassa de cada parcela em estudo, uma carta de biomassa potencial para o distrito de Évora.

A presente tese de Mestrado tentou ainda demonstrar a aplicação do modelo de Rasch no desenvolvimento de uma ferramenta de análise de dados de campo, permitindo a sua validação através da mensuração de dados biofísicos, como a litologia, declive, pedregosidade, topografia e profundidade do solo.

Verificámos pela aplicação do modelo estatístico de Rasch que a produção de biomassa é diferente de local para local, reflectindo a variação de diversos factores biofísicos, podendo existir uma relação entre biomassa e o valor de Rasch.

A aplicação deste modelo permitiu-nos verificar que de todas as características biofísicas analisadas, a topografia, o declive e a litologia são estatisticamente as variáveis que mais influenciam a produção de biomassa. Amostras situadas em condições topográficas e litológicas ideais potencialmente poderão produzir maiores quantidades de biomassa, e consequentemente, um maior sequestro de carbono.

O modelo de Rasch mostrou-se uma ferramenta eficaz na validação de dados de campo, desajustando nas amostras ou itens onde se verificavam anomalias, permitindo-nos avaliar o erro e estudar com maior detalhe as razões da fuga ao padrão geral. Podemos afirmar que constitui uma ferramenta importante para a selecção de áreas com maiores potencialidades de produção de biomassa, permitindo a comparação de diferentes amostras e diferentes itens.

Através do escalograma de Gutman obtivemos as condições ideais para obtermos valores elevados de biomassa. Neste caso concreto, foram identificadas as parcelas com maior potencial: parcelas de encosta, com declive ligeiro, de arenitos e sem

pedregosidade. O escalograma de Guttman ao permitir a comparação de diferentes amostras, permite identificar as medidas mais ajustadas e à correcção daquelas mais desajustadas em relação ao padrão geral.

A produção de biomassa foi ainda comparada com a vegetação natural potencial através da carta de séries de vegetação potencial. Sendo a vegetação natural potencial indicadora da espécie melhor adaptada a um território, então também esta, poderá ser indicadora e uma variável a considerar, na avaliação de biomassa. A comparação da carta de séries de vegetação natural com a carta de biomassa produzida nesta tese e baseada em levantamentos de campo é indicativa dessa relação.

A biomassa, em termos de oferta de energia primária, poderá representar uma das maiores participações das renováveis, e em termos de impacte social (criação de emprego), poderá ser o recurso com maiores virtudes. Os custos são uma questão fundamental para expansão da produção de energia eléctrica a partir de biomassa. A estrutura de custos depende principalmente da localização geográfica. Neste sentido, foram produzidos mapas que nos poderão indicar quais as zonas mais favoráveis para produção da biomassa.

Os sistemas de informação geográfica juntamente com a aplicação do modelo de Rasch tornaram-se ferramentas úteis no âmbito desta tese e dos resultados que esperávamos obter.

Este trabalho deixa em aberto muitas questões que poderão ser resolvidas em trabalhos futuros. Entre elas:

- Os desajustes da medida de Rasch terão resultado de erros no inventário? Da gestão praticada?
- Estudar a biomassa disponível.
- Validar as amostras onde se obtiveram maiores valores de biomassa e perceber se correspondem a áreas de encosta, com declive ligeiro, de arenitos e sem pedregosidade como o modelo de Rasch nos indicou. Havia parcelas sem estas características mas com elevados valores de biomassa? Qual o factor que variou. E este foi considerado pelo modelo de Rasch com um desajuste?
- As amostras com maiores valores de biomassa, sempre correspondem a parcelas com a vegetação potencial?

Estas são algumas das questões que este trabalho deixou em aberto para serem abordadas no âmbito de outros estudos. Pensamos no entanto ter alcançado os objectivos propostos.

6 BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, P. (2004). "Transforming non categorical data for Rasch analysis". Rasch Measurement in health sciences. Jam press. Maple Grove, Minnesota, USA.
- Álvarez, P., & Pulgarín, A. (1996). The Rasch Model. Measuring the impact of scientific journals: Analytical Chemistry. Journal of the American Society for Information Science 47,458-467.
- Andrich, D. (1988). Rasch model for measurement. Sage Publications, Newbury Park, CA, USA.
- Andrich, D. (2004). Controversy and the Rasch model: a characteristic of incompatible paradigms? Medical Care, 42, 1-16.
- Baath, H., Gallerspang, A., Hallsby, G., Lundstrom, A., Lofgren, P., Nilsson, M., et al. (2002). Remote sensing, field survey, and long-term forecasting: an efficient combination for local assessments of forest fuels. *Biomass & Bioenergy* 22, pp. 145-157.
- Batchelor, William D.; Basso, Bruno and Paz, Joel O. (2002). Examples of strategies to analyze spatial and temporal yield variability using crop models. *European Journal Agronomy*, 18:141-158.
- Blackmore, B. S.; Godwin, R. J.; Fountas, S. (2003). The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. *Biosystems Engineering*, 84(4), 455-466.
- Bond, T.G. e Fox, C.M. (2007). Applying the Rasch Model: Fundamental Measurement in the Human Sciences (2nd Edition). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Caetano, M., A. Araújo, A. Nunes, V. Nunes e M. Pereira. (2009). Accuracy assessment of the CORINE Land Cover 2006 map of Continental Portugal, Relatório técnico, Instituto Geográfico Português.

- Caetano, M., V. Nunes e A. Nunes. (2009). CORINE Land Cover 2006 for Continental Portugal, Relatório técnico, Instituto Geográfico Português.
- Campos, M. A. A. (1991). *Balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de Ilex paraguariensis. Avaliação na safra e na safrinha*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Ciências Florestais. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Cardoso, J. V. J. C. (1965) – *Os solos de Portugal. Sua classificação, caracterização e génese. I – A sul do rio Tejo*. Direcção Geral dos Serviços Agrícolas. Lisboa.
- Costa, J. C.; Aguiar, C.; Capelo, J. H.; Lousã, M. & Neto, C. (1998) – Biogeografia de Portugal Continental. *Quercetea*, **Vol. 0**. ALFA/FIP.
- Costa, J. C.; Espírito-Santo, D.; Rodríguez González, P. M.; Capelo, J. H. & Arsénio, P. (2001) – *Flora e Vegetação do Divisório Português*. (Excursão ao Divisório Português). 2.º Curso Avançado de Fitossociologia. F.I.P/ ALFA/ UTL, Lisboa.
- Dallmeijer, Annet J.; Scholtes, Vanessa A.; Becher, Jules and Roorda, Leo D. (2011). Measuring Mobility Limitations in Children With Cerebral Palsy: Rasch Model Fit of a Mobility Questionnaire, MobQues28. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(4):640-645.
- Decreto-Lei n.º 62/2006 de 21 de Março. *Diário da República n.º. 57 - I Série-A*. Ministério da Economia e da Inovação.
- DGRF, 2005. *Inventário Florestal Nacional 2005/2006*. Ed. Direcção-Geral dos Recursos Florestais. Lisboa.
- DGRF, 2005. Manual de Instruções para a realização do trabalho de campo – 5.º Inventário Florestal Nacional. Direcção-Geral dos Recursos Florestais. Lisboa.
- Dias, J. J. M. 2002. *Utilização da biomassa: avaliação dos resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. 102 pp.

- Directiva 2001/77/CE de 27 de Setembro de 2001. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Parlamento europeu e do Conselho da União Europeia.
- Directiva 2003/96/CE de 27 de Outubro de 2003. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Conselho da União Europeia.
- Directiva 2009/28/CE de 23 de Abril de 2009. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Parlamento europeu e do Conselho da União Europeia.
- Faias S., Morais P., Dias S., Morão S., Tomé M., Páscoa F., Ôchoa P., 2007. FORSEE – Uma rede europeia de zonas piloto para a avaliação de critérios e indicadores de gestão florestal sustentável. Relatório final do projecto nº20 programa INTERREG IIIB – Espaço Atlântico. Publicações GIMREF RFP1/2007. Universidade Técnica da Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais, Lisboa, Portugal.
- Gan (2006) disponível em: <http://essm.tamu.edu/people-info/faculty/gan-jianbang> (19-09-2011).
- Kramer, R. J., Koslowski, T. T., 1972. *Fisiologia das árvores*. Lisboa: Fundação Kalouste Gouldbenkian, 745p.
- Lark, R. M. e Stafford, J. V. 1996. Classification as a first step in the interpretation of temporal and spatial variability of crop yield. *Aspects of Applied Biology*, 46, 139-142.
- Larscheid, G.; Blackmore, B. S., 1996. Interactions between farm managers and information systems with respect to yield mapping. In: 3rd International Conference on Precision Agriculture (Robert P C; Rust R H; Larson W E, eds.), pp 1153-1163. ASA, CSSA, SSSA & ASAE, Madison, Winsconsin, USA.
- Marques da Silva, J. R. (2006); Analysis of the spatial and temporal variability of irrigated maize yield. *Biosystems Engineering*, 94(3), 337-349.

- MEE. (2008). *National Long-Term Programme to Encourage the Use of Biomass for the Period 2008-2020*. Sofia: Ministry of Economy and Energy.
- Montero, G., Ruíz-Peinado, R., Muñoz, M. (2005). Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. Monografías INIA: Seria Forestal n.º 13. 270 p.
- Moral, F.J., Terrón, J.M. & Rebollo, F.J., 2011. Site-specific management zones based on the Rasch model and geostatistical techniques. *Computer and Electronics in Agriculture*, 75(2): 223-230.
- Moura, C. 2005. Uma fonte de energia renovável. *Floresta e Ambiente*. 69: 34.
- Muller, M. D. (2005). *Produção de Madeira para Geração de Energia Eléctrica numa Plantação Clonal de Eucalipto em Itamarandiba, MG*. Viçosa, Minas Gerais – Brasil.
- Natividade, J.V. (1950). *Subericultura*. Direcção Geral das Florestas.
- Oliveira, T., 2008. *Sistema para a predição de biomassa aérea total e por componentes em povoamentos puros regulares de Eucalyptus globulus Labill*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia.
- Panneton, B.; Brouillard, M.; Piekutowski, T., 2001. Integration of yield data from several years into a single map. In 3rd European Conference on Precision Agriculture (Grenier G; Blackmore B S, eds.), pp 73-78. Agro Montpellier, Montpellier.
- Paulo, J. A., Tomé, J., Tomé, M. 2003. Ajustamento simultâneo de equações de biomassa de azinheira. In: Brito, P., Figueiredo, A., Sousa, F., Teles, P., Rosado, F. (eds), *Literacia e Estatística*. Actas do X Congresso Anual da Sociedade Portuguesa de Estatística (SPE), Porto, pp. 501 – 510.

- Paulo, J. A., Tomé, M. 2006. Equações para estimação do volume e biomassa de duas espécies de carvalhos: *Quercus suber* e *Quercus ilex*. Publicações GIMREF. RC1/2006. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Lisboa. 21 pp.

- Paulo, J. A., Tomé, M. 2008. Recolha de dados para determinação de biomassas e volumes de sobreiro. Protocolo para instalação de parcelas temporárias e medição de árvores amostra. Publicações FORCHANGE. RT3/2008. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Lisboa. 18 pp.

- Pinto-Gomes, C. ; Batista, T. ; Carriço, C. & Lopes Dias, A. (2008). Indicadores da Natureza e Património Vegetal. *Otalex – Observatório Territorial alentejo-Extremadura. Resultado Final Projecto*. Dirección General de Urbanismo Y Ordenación del Territorio y la Consejería de Fomento de la JUnta de Extremadura.

- PNAER – Plano de Acção para as Energias Renováveis ao abrigo da Directiva 2009/28/CE. 2010. República Portuguesa. Versão para consulta pública (2 de Junho de 2010).

- Rasch, G., 1980. *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. University of Chicago Press., 1960, Denmark. Revised and expanded ed.

- Resolução do Conselho de Ministros n.º 114/2006 de 15 de Setembro de 2006. *Diário da República, n.º 179 - I Série*. Presidência do Conselho de Ministros.

- Resolução do Conselho de Ministros n.º 33/2010 de 15 de Abril de 2010. *Diário da República, n.º 73 - I Série*. Presidência do Conselho de Ministros.

- Rivas-Martínez, S. (1987) – *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Série Técnica. Madrid.
- Rivas-Martínez, S.; Díaz, T. E.; Fernández-González, F.; Izco, J.; Loidi, J.; Lousã, M. & Penas, Á. (2002) – Syntaxonomical Checklist(2001) of Vascular Plant Communities of Spain and Portugal to Association Level. *Itinera Geobotánica* **15 (1)**.

- Rivas-Martínez, S.; Díaz, T. E.; Fernández-González, F.; Izco, J.; Loidi, J.; Lousã, M. & Penas, Á. (2002) – Syntaxonomical Checklist (2001) of Vascular Plant Communities of Spain and Portugal to Association Level. *Itinera Geobotánica* **15 (2)**.

- Rodrigues, M., 2008. *Análise multi-temporal de crescimento de espécies florestais. Criação de um Sig para a sua gestão*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia florestal. Vila Real.

- Santo, F. 2009. Energia – Uma necessidade e um grave problema. *Ingenium*. 112: 5.

- Santos, J., 2009. *Avaliação da biomassa de plantas bioenergéticas*. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente – Tecnologias Ambientais. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia.

- SISPROFLOR - Sistema Regional de Prevenção Contra Pragas e Doenças em Espaços Florestais (2007) – Relatório Final. Projecto n.º 2001.60.006821.5. Programa Operacional Regional - Acção 3-Gestão Sustentável e Estabilidade Ecológica das Florestas (Sub Acção 3.4 – Prevenção De Risco Provocado Por Agentes Bióticos E Abióticos).

- Smith, R. M., 1996. Polytomous mean-square statistics. *Rasch Measurement Transactions*, 6, 516-517.

- Swindell, J., 1997. Mapping the spatial variability in the yield potential of arable land through GIS analysis of sequential yield maps. In: 1st European Conference on Precision Agriculture (Stafford J V, ed.), pp 827-834. BIOS Scientific publishers, Warwick, UK.

- Tomé, M. 2005. Demonstração da gestão do montado de sobre apoiada em inventário florestal e modelos de crescimento e produção. PROJECTO AGRO nº 81. Relatório Final – Relatório de Execução Material (Volume I). Publicações GIMREF RFP 1/2005.

Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Lisboa. 56 pp.

- Tomé, M., Barreiro, S., Faias, Cortiçada, A., Paulo, J. A., Mayer, A.V. Ramos, T., Malico, P., (2007). Inventário Florestal 2005-2006 – áreas, volumes e biomassas dos povoamentos florestais. Publicações GIMREF. RT 8/2007. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Lisboa.
- Tomé, M., Faias, S. P., Correia, A., (2007a). Equações de biomassa e volume desenvolvidas no âmbito do tratamento dos dados do Inventário Florestal Nacional 2005-2006. Publicações GIMREF. RT 4/2007. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Lisboa.
- Tomé, M., Meyer, A., Ramos, T, Barreiro, S., Faias, S. P., Cortiçada, A., (2007b). Relações hipsométricas e equações de diâmetro da copa desenvolvidas no âmbito do tratamento dos dados do Inventário Florestal Nacional 2005-2006. Publicações GIMREF. RT 3/2007. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Lisboa.
- Tomé, M., S. Barreiro, J.A. Paulo, A. Meyer and T. Ramos 2007. Inventário Florestal 2005-2006. Áreas, volumes e biomassas dos povoamentos florestais. Relatório resultante do protocolo de cooperação DGRF/ISA no âmbito do Inventário Florestal Nacional de 2005-2006. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Lisboa.
- Tristán, A. (2002). “Análisis de Rasch para todos”. Ed. Ceneval.
- Verheyen, Steven; Hampton, James A. and Storms, Gert (2010). A probabilistic threshold model: Analyzing semantic categorization data with the Rasch model. *Acta Psychologica*, 135(2):216-225.
- Wright, B.D. and Masters, G.N. (1982). Rating scale analysis. MESA Press, Chicago.

Informação digital:

- CAOP - Carta Administrativa Oficial de Portugal (2011). Delimitação e demarcação das circunscrições administrativas do País. Instituto Geográfico Português. Disponível em: <http://www.igeo.pt/produtos/cadastro/caop/inicial.htm>

- Carta de ocupação e uso do solo para Portugal Continental à escala 1:100 000. Instituto Geográfico Português. Disponível em: http://www.igeo.pt/gdr/index.php?princ=PROJECTOS/CLC2006&sessao=m_projectos#cartografia

- Atlas do Ambiente disponível em: <http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/index.html>

Anexo I - Metodologia de Campo

A execução dos trabalhos de inventariação de campo foi realizada pela FloraSul, no ano de 2007, mais propriamente na primavera de 2007. Teve como objectivo principal, a recolha de informação:

- (1) de enquadramento geral das parcelas inventariadas,
- (2) fitossanitária das principais espécies de insectos fitófagos e patogéneos que atacam as essências florestais predominantes na região Sul do país (Sobreiro, Azinheira, Castanheiro, Carvalhos, Folhosas diversas, Pinheiro manso e Outras Resinosas) e
- (3) fotográfica de documentação de sintomas, sinais e agentes bióticos.

A metodologia de inventariação de pragas e doenças florestais adoptada pelo projecto Sisproflor foi discutida conjuntamente entre a FloraSul, a Estação Florestal Nacional, a Direcção Geral das Florestas e a Universidade de Évora, tendo-se realizado uma visita de campo para a sua aferição e validação. Os levantamentos de campo foram realizados em 2007.

Foi estabelecida uma rede de parcelas de amostragem (2 Km x 2 Km), na aplicação de uma metodologia específica de prospecção de sintomas/danos e agentes bióticos. A sua implementação passa pela constituição de equipas de campo com critérios comuns de avaliação e formação específica.

Foram estabelecidas três fichas de recolha de informação, nomeadamente:

- 1 – Ficha de Caracterização Global: permite a obtenção de informação geral relativa a cada uma das parcelas de amostragem, designadamente da estação e do coberto florestal.
- 2 – Ficha de Diagnóstico: permite a obtenção de informação específica sobre sintomas/danos e presença de agentes. O seu preenchimento só será efectuado se na caracterização global for detectado algum problema fitossanitário.
- 3 – Ficha de Recolha de Material: permite a recolha de material no campo a ser enviado para um laboratório específico, para posterior identificação do agente causal.

Para cada ficha são também descritos normas e critérios precisos de recolha da informação.

1 – Ficha de Caracterização Global

Para cada uma das parcelas de amostragem identificadas como povoamento florestal (mancha arbórea com cobertura do solo $\geq 10\%$ e área superior a 0,5 ha) da rede de 2 Km x 2 Km era preenchida uma ficha de caracterização global.

O centro da parcela de amostragem localiza-se num raio de 100 metros das coordenadas iniciais de cada ponto e teria de estar localizado a mais de 40 metros da orla do povoamento.

Uma vez localizado no terreno o centro da parcela de amostragem dava-se início a recolha da informação necessária, a qual está agrupada em três grandes *items*:

- Informação Geral: permite a obtenção de dados gerais sobre a identificação da equipa de campo, a localização, a data de recolha da informação, o estado do tempo e a titularidade da propriedade.
- Caracterização: permite a obtenção de informação sobre as características do local e do povoamento. (Anexo II)
- Percurso: permite a identificação do tipo e do nº de percursos a efectuar em cada parcela de amostragem.

De seguida era estabelecido um percurso de recolha de dados ao nível da árvore.

A opção de accionar um percurso de diagnóstico é tomada com base na avaliação feita quanto ao estado fitossanitário das árvores existentes na parcela de amostragem, tendo sempre presente que este percurso será imediatamente accionado quando, na parcela de amostragem, for detectada uma árvore com sintomas ou sinais de um agente.

O tipo de percurso de diagnóstico será seleccionado tendo em consideração a densidade e/ou idade do povoamento. A sua codificação é feita com a marcação de um **X** no campo respectivo e de acordo com o seguinte critério:

- Nenhum: Se não existirem sintomas ou danos em nenhuma árvore dentro da parcela de amostragem (floresta sem problemas fitossanitários) não será accionado nenhum percurso de diagnóstico
- Tipo A: Para povoamentos de densidade igual ou superior a 200 arv/ha.
- Tipo B: Para povoamentos de densidade inferior a 200 arv/ha.
- Tipo C: para plantações muito jovens (povoamento florestal constituído por resinosas até 5 anos de idade ou por folhosas até 10 anos de idade).

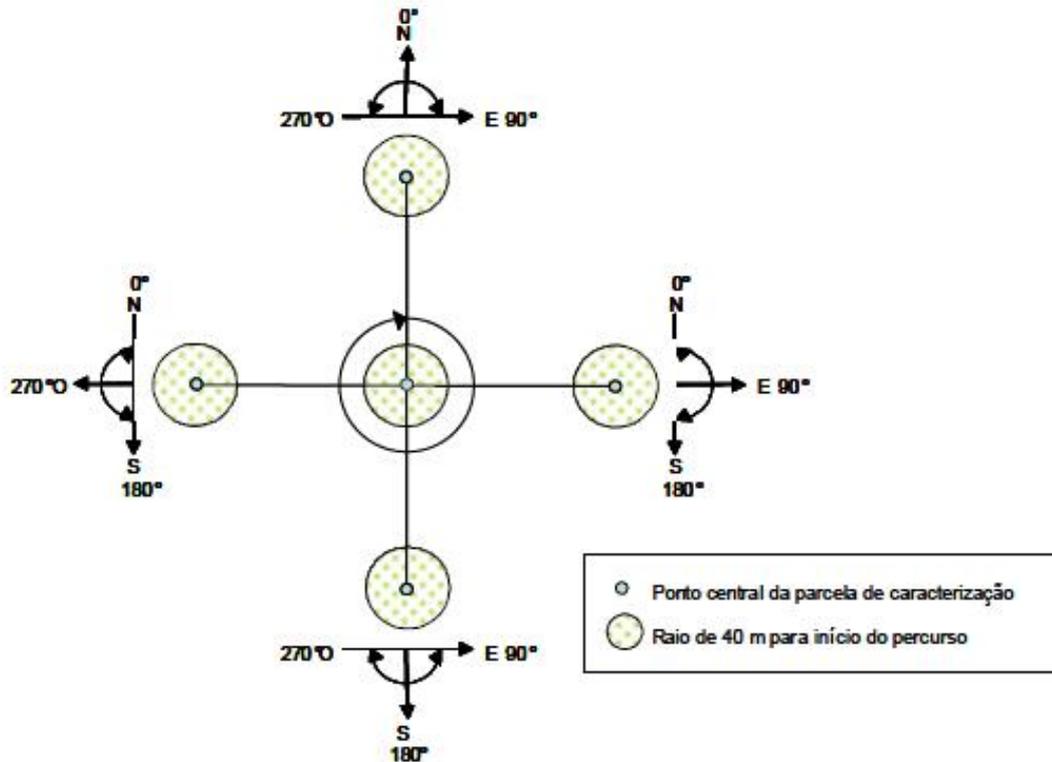
Árvore de referência

Cada percurso terá obrigatoriamente de ser iniciado numa árvore com danos (assinalada com uma cinta laranja). O posicionamento desta árvore relativamente ao centro da parcela de amostragem era registado através do ângulo e da distância em metros.

Orientação do percurso

A orientação do percurso era escolhida no local de acordo com a distribuição espacial dos danos, pelo que se deverá especificar o ângulo de orientação do percurso

seguido, (através de uma bússola) e a partir da primeira árvore do percurso, de acordo com as restrições definidas na figura.



2. Ficha de Diagnóstico

O preenchimento da ficha de diagnóstico só era efectuado quando na parcela de caracterização fosse identificada pelo menos uma árvore com problemas.

Em redor dessa parcela era iniciado um percurso obrigatório (a partir de uma árvore com problemas) o qual era identificado na ficha de caracterização (orientação e distância ao centro da parcela).

FICHA DE DIAGNÓSTICO		Parcela de amostragem	Percurso		Data de Observação			H. de Início		
		□ □ □ □ □ □ □ □	Tipo <input type="checkbox"/> P. adicional <input type="checkbox"/>		dia	mês	ano	H. de conclusão		
CARACTERIZAÇÃO DO HOSPEDEIRO										
Posicionamento	Espécie	DAP / CAP	Desfolha	Observações	Órgão afectado	Danos	Localização	Presença de Agentes	Nº da amostra	Identificação do agente Observações

Figura 21 - Ficha de diagnóstico de recolha de dados de campo.

2.1 Dados Globais

Estes dados permitem o estabelecimento da interligação com a ficha de caracterização, nomeadamente:

- Nº de identificação da parcela de amostragem
- Tipo de percurso (A, B ou C)
- Percurso adicional (ponto cardeal a que se refere)
- Data de observação
- Hora de início e de conclusão

2.2. Dados de Diagnóstico

Os dados de diagnóstico são agrupados em 10 grandes *itens* (Posicionamento, Espécie, DAP/CAP, Desfolha; Órgão afectado, Danos, Localização, Presença de agentes, Nº da amostra e Identificação do agente/Observações).

Em cada percurso seleccionado (tipo A, B ou C), todas as árvores devem ser observadas e avaliadas quanto aos quatro primeiros *itens* (posicionamento no percurso, espécie a que pertence, classe de DAP/CAP e classe de desfolha). Os restantes *itens* apenas serão registados nas árvores onde forem detectados problemas tendo em conta o(s) órgão(s) atacado(s), o tipo de dano(s), a sua localização na árvore, e a presença visual de agentes bióticos.

Espécie florestal

A espécie florestal é identificada visualmente.

Classes de DAP / CAP

Todas as árvores em pé (vivas e mortas) são classificadas de acordo com as classes de DAP (Diâmetro do tronco a 1,30 m de altura) ou, no caso do Sobreiro e Azinheira através das classes de CAP (Circunferência do tronco a 1,30 m de altura).

Anexo II - Metodologia para obtenção da categorização dos itens

1. Pedregosidade

A Fig. 20 estabelece a relação entre a produção de biomassa e as características da pedregosidade do solo de cada parcela (amostra) analisada.

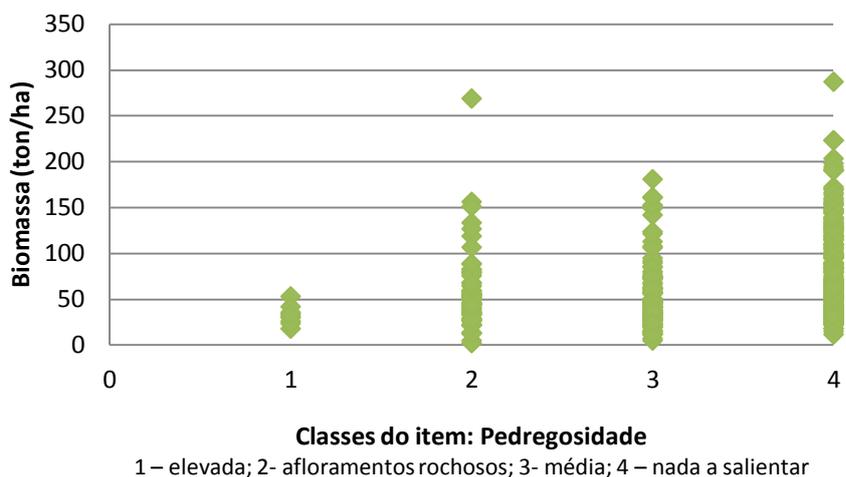


Figura 22 - Gráfico da relação entre Produção de Biomassa (ton/ha) com as diferentes classes de Pedregosidade.

Da análise da Fig. 21 foi estabelecida a categorização do item “pedregosidade” (Tab. 20).

Tabela 19 – Categorização do item “pedregosidade” em 3 classes.

Categorização	1	2	3
Pedregosidade	Elevada (>15%)	Media (1-15%)	Nada a salientar
		C/ afloramentos rochosos	

2. Litologia

A Fig. 22 estabelece a relação entre a produção de biomassa e a profundidade do solo de cada parcela (amostra) analisada.

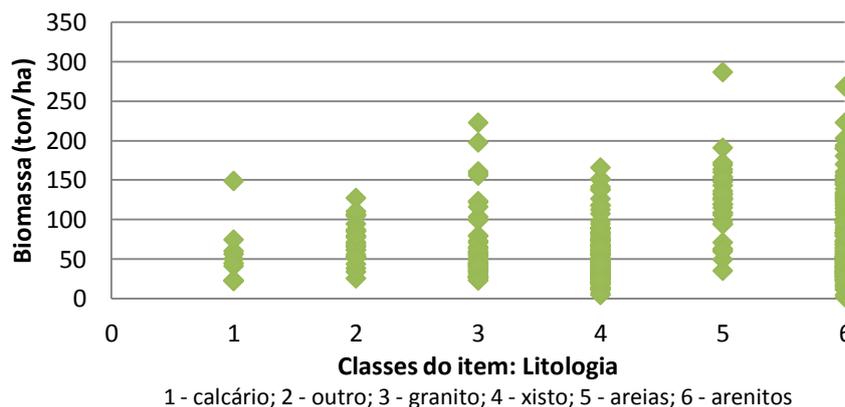


Figura 23 – Gráfico da relação entre Produção de Biomassa (ton/ha) com as diferentes classes de Litologia.

Da análise da Fig. 22 foi estabelecida a categorização do item “litologia” (Tab. 21).

Tabela 20 - Categorização do item “litologia” em 3 classes.

Categorização	1	2	3
Litologia	Calcários	Granito	Areias
		Outro	Arenitos
			Xistos

3. Profundidade do solo

A Fig. 23 estabelece a relação entre a produção de biomassa e a profundidade do solo de cada parcela (amostra) analisada.

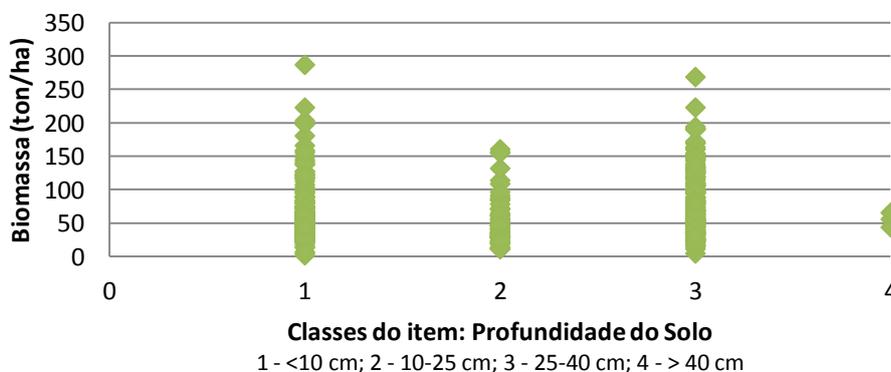


Figura 24 – Gráfico da relação entre Produção de Biomassa (ton/ha) com as diferentes classes de profundidade do solo.

Da análise da Fig. 23 foi estabelecida a categorização do item “profundidade do solo” (Tab. 22).

Tabela 21 – Categorização do item “profundidade do solo” em 3 classes.

Categorização	1	2	3
Profundidade do solo	<10 cm	10-25 cm	> 40 cm
		25-40 cm	

4. Topografia

A Fig. 24 estabelece a relação entre a produção de biomassa e a profundidade do solo de cada parcela (amostra) analisada.

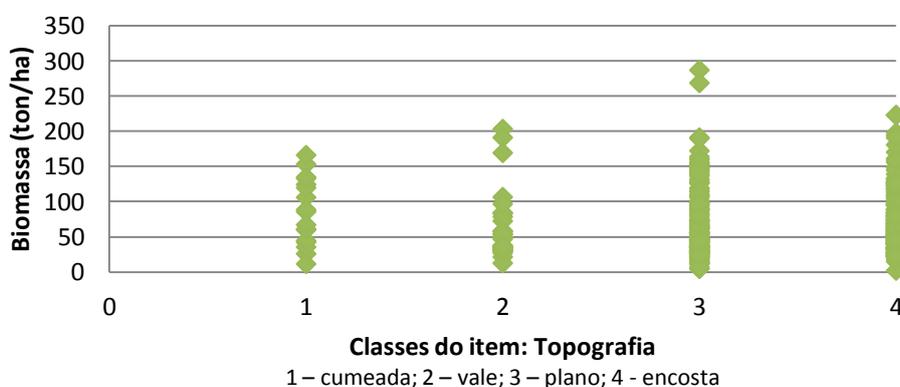


Figura 25 – Gráfico da relação entre Produção de Biomassa (ton/ha) com as diferentes classes de Topografia.

Da análise da Fig. 24 foi estabelecida a categorização do item “topografia” (Tab. 23).

Tabela 22 – Categorização do item “topografia” em 3 classes.

Categorização	1	2	3
Topografia	Cumeada	Vale	Plano
			Encosta

5. Exposição solar

A Fig. 25 estabelece a relação entre a produção de biomassa e a profundidade do solo de cada parcela (amostra) analisada.

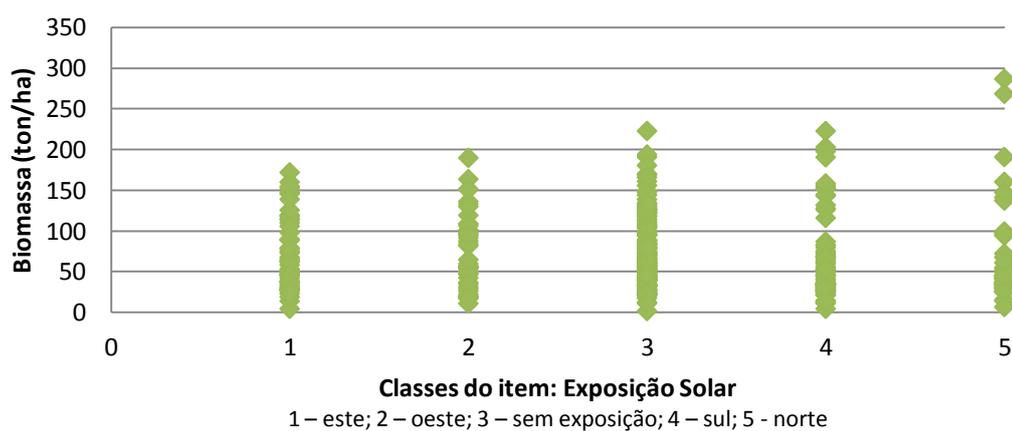


Figura 26 – Gráfico da relação entre Produção de Biomassa (ton/ha) com as diferentes classes de Exposição Solar.

Da análise da Fig. 25 foi estabelecida a categorização do item “exposição solar” (Tab. 24).

Tabela 23 – Categorização do item “exposição solar” em 3 classes.

Categorização	1	2	3
Exposição solar	Este	Sul	Norte
	Oeste	Sem exposição	

Anexo III – Cartografia