



ESTUDO DA VEGETAÇÃO POTENCIAL E REAL DO GÉNERO *ISOETES* L. EM CHARCOS TEMPORÁRIOS MEDITERRÂNICOS

Ivan Alexandre Modas Carvalho



Orientadora: Professora Doutora Anabela Belo

Co-orientadora: Professora Doutora Carla Pinto Cruz

Dissertação submetida à Universidade de Évora para obtenção do grau de
Mestre em Biologia da Conservação

ÉVORA

2011

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

**ESTUDO DA VEGETAÇÃO POTENCIAL E REAL
DO GÉNERO *ISOETES* L. EM CHARCOS
TEMPORÁRIOS MEDITERRÂNICOS**

Ivan Alexandre Modas Carvalho

Orientadora: Professora Doutora Anabela Belo

Co-orientadora: Professora Doutora Carla Pinto Cruz

Dissertação submetida à Universidade de Évora para obtenção do grau de
Mestre em Biologia da Conservação

ÉVORA

2011

ESTUDO DA VEGETAÇÃO POTENCIAL E REAL DO GÉNERO *ISOETES* L. EM CHARCOS TEMPORÁRIOS MEDITERRÂNICOS

RESUMO

Os charcos temporários mediterrânicos (habitat 3170*) contêm uma composição florística muito particular, adaptada a condições ecológicas de alternância entre períodos de encharcamento e dessecação, na qual se incluem as espécies do género *Isoetes* L. estudadas, *Isoetes velatum* A. Braun, *I. setaceum* Lam. e *I. histrix* Bory. Estas especializaram-se neste tipo de habitat, tendo um papel fundamental na sua caracterização e sendo relevantes para a conservação deste habitat e do biota associado. Nos charcos temporários, o banco de diásporos no solo desempenha um papel fundamental na recuperação da vegetação após as primeiras chuvas.

Neste estudo realizado no período de um ano meteorológico (2007/2008), num típico habitat 3170*, pretendeu-se avaliar o ajustamento das dimensões dos esporos das espécies estudadas (*Isoetes velatum*, *I. setaceum* e *I. histrix*) relativamente às publicadas na literatura especializada, determinar a estrutura vertical, densidade e variabilidade espacial de esporos no solo para cada uma das três espécies, comparar a estrutura do banco de esporos com a da vegetação real e avaliar a influência da duração do período de submersão na distribuição dos esporos e plantas das três espécies estudadas.

Para analisar a dimensão e composição do banco de esporos de *Isoetes*, recolheram-se amostras de solo, em Outubro de 2007, para aferir a abundância e distribuição espacial dos esporos de cada uma das três espécies estudadas. Posteriormente, em Maio de 2008, procedeu-se ao levantamento do grau de cobertura destas espécies na vegetação real. Foram recolhidas informações acerca dos parâmetros hidrológicos, de modo a avaliar a importância da disponibilidade hídrica na distribuição das três espécies.

Verificou-se que a maior parte do banco de esporos destas três espécies se encontra no intervalo de profundidade 0-5 cm, diminuindo marcadamente nas camadas abaixo, ao longo do perfil vertical. Confirmou-se que a relação directa entre o

banco de esporos e a vegetação real destas ptéridofitas está ausente deste tipo de habitat. Os resultados deste estudo indicaram também que a duração do período de submersão tem grande influência na distribuição dos esporos e plantas das espécies estudadas, tanto no banco de esporos como na vegetação real, verificando-se uma zonação nessa distribuição consoante a sua tolerância e capacidade de resposta à duração do período de submersão.

Palavras-chave: Charcos temporários mediterrânicos; *Isoetes*; Banco de esporos; Hidroperíodo; Zonação.

STUDY OF REAL AND POTENCIAL VEGETATION OF GENUS *ISOETES* L. IN MEDITERRANEAN TEMPORARY PONDS

ABSTRACT

Mediterranean temporary ponds (habitat * 3170) contain a very particular floristic composition, adapted to the ecological conditions of alternating periods of flooding and desiccation, which includes species of the genus *Isoetes* L. studied, *Isoetes velatum* A. Braun, *I. setaceum* Lam and *I. histrix* Bory. This species has specialized in this type of habitat, as a key role in their characterization and is relevant to the conservation of this habitat and associated biota. In temporary ponds, the soil diaspore bank plays a key role in the recovery of vegetation after the first rains.

In this study, performed for three species of *Isoetes* (*Isoetes velatum*, *I. setaceum* e *I. histrix*) in one meteorological year (2007/2008) and in a typical habitat 3170*, we sought to (1) assess the adjustment of the spores dimensions of these species to those published in specialized literature; (2) determine the vertical structure of spore bank, density and spatial variability of their spores; (3) compare the structure of the spore bank with that of vegetation, and (4) assess the real influence of duration of submergence in the distribution of spores and plants of the studied species.

In order to examine the size and composition of the spore bank of *Isoetes* spores, soil samples were collected in October 2007, to assess the abundance and spatial distribution of spores of each the three species. Subsequently, in May 2008, we surveyed the coverage of these species in real vegetation. Information about the hydrological parameters was collected in order to evaluate the importance of water availability in the distribution of the three species.

It was found that most of the spore bank of three species is in the range of 0-5 cm depth, decreasing markedly in the layers below, along the vertical profile. It was confirmed that direct relationship between the spore bank and vegetation of these fern is absent from this habitat type. The results of this study indicated that the duration of submersion has great influence on the distribution of spores and plant studied species, from which results a zonation in the distribution of all three species, in

both spore bank and real vegetation, according to their tolerance and responsiveness to the duration of submersion.

Keywords: Mediterranean temporary ponds; *Isoetes*; Spore bank; hydroperiod; Zonation.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível unicamente com o envolvimento de várias pessoas e instituições, aos quais expresso os meus profundos agradecimentos:

- À Professora Dr.^a Anabela Belo e à Professora Dr.^a Carla Pinto Cruz, minhas orientadoras, pela dedicação, valiosa transmissão de conhecimentos, conselhos e disponibilidade sempre demonstrada e, acima de tudo, pela oportunidade de realização deste trabalho.

- Ao Professor Doutor Fernando Rei, pelo apoio e importantes esclarecimentos no tratamento e análise de dados.

- Ao Mestre Vasco Silva, pela amizade, pelas proveitosas saídas de campo e importantes esclarecimentos.

- Ao Eng.^o João Roma pela cooperação no trabalho na recolha de dados topográficos e á Eng.^a Manuela Correia pelo apoio na elaboração do perfil.

- Ao Prof. José António Molina e à Ana Lumbreras da Universidad Complutense de Madrid pela proveitosa disponibilização de bibliografia.

- À Associação de Beneficiários do Mira e ao Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina pelo apoio logístico durante o trabalho de campo.

- Aos meus colegas da Edição 2009/2011 do Mestrado em Biologia da Conservação, pela partilha, apoio e amizade.

- Aos meus pais José e Lena, ao meu irmão David e à minha namorada Dina.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	i
ABSTRACT.....	iii
AGRADECIMENTOS.....	v
ÍNDICE GERAL	vi
ÍNDICE DE TABELAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
1. INTRODUÇÃO	12
1. 1. O HABITAT 3170*	12
1. 2. BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO	14
1. 3. PROTECÇÃO LEGAL	15
1. 4. FACTORES DE AMEAÇA.....	16
1. 5. O GÉNERO <i>ISOETES</i> : BREVE DESCRIÇÃO	19
1. 5. 1. ESPÉCIES DO GÉNERO <i>ISOETES</i> L. NO MEDITERRÂNEO E NO HABITAT 3170*	21
1. 5. 1. 1. <i>Isoetes velatum</i> A. Braun.....	23
1. 5. 1. 2. <i>Isoetes histrix</i> Bory.....	25
1. 5. 1. 3. <i>Isoetes setaceum</i> Lam.	28
1. 6. INTRODUÇÃO AO ESTUDO E OBJECTIVOS.....	30
2. MATERIAIS E MÉTODOS	34
2. 1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: CHARCO TEMPORÁRIO MEDITERRÂNICO DO MIROUÇO	34
2. 2. DELINEAMENTO DO ESTUDO DA VEGETAÇÃO POTENCIAL E REAL.....	38
2. 2. 1. ESTUDO DA VEGETAÇÃO POTENCIAL: BANCO DE ESPOROS	39
2. 2. 1. 1. CRIVAGEM.....	41
2. 2. 1. 2. CONTAGENS DE ESPOROS.....	43
2. 2. 2. ESTUDO DA VEGETAÇÃO REAL	44
2. 3. ANÁLISE DOS DADOS	45

3. RESULTADOS	47
3. 1. AVALIAÇÃO DO AJUSTAMENTO DAS DIMENSÕES DOS ESPOROS DAS TRÊS ESPÉCIES ESTUDADAS, RELATIVAMENTE ÀS QUE SE ENCONTRAM PUBLICADAS NA LITERATURA ESPECIALIZADA.....	47
3. 2. DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA VERTICAL DO BANCO DE ESPOROS DE CADA ESPÉCIE ESTUDADA	49
3. 3. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE E VARIABILIDADE ESPACIAL DE ESPOROS NO SOLO PARA CADA ESPÉCIE ESTUDADA, AO LONGO DE UM GRADIENTE DE HUMIDADE	50
3. 4. COMPARAÇÃO DA ESTRUTURA DO BANCO DE ESPOROS COM A DA VEGETAÇÃO REAL PARA CADA UMA DAS TRÊS ESPÉCIES	53
3. 5. AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE ENCHARCAMENTO NA DISTRIBUIÇÃO DOS ESPOROS E PLANTAS DAS TRÊS ESPÉCIES ESTUDADAS	58
4. DISCUSSÃO	61
4. 1. AJUSTAMENTO DAS DIMENSÕES DOS ESPOROS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	61
4. 2. ESTRUTURA VERTICAL DO BANCO DE ESPOROS DE CADA ESPÉCIE ESTUDADA.....	62
4. 3. DENSIDADE E VARIABILIDADE ESPACIAL DE ESPOROS AO LONGO DE UM GRADIENTE DE HUMIDADE	63
4. 4. COMPARAÇÃO DA ESTRUTURA DO BANCO DE ESPOROS COM A DA VEGETAÇÃO REAL DAS TRÊS ESPÉCIES..	65
4. 5. INFLUÊNCIA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE ENCHARCAMENTO NA DISTRIBUIÇÃO DE ESPOROS E PLANTAS DAS TRÊS ESPÉCIES	67
5. CONCLUSÃO.....	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição e tipo ecológico das espécies do género <i>Isoetes</i> do Mediterrâneo	21
Tabela 2. Dados de textura do solo do charco temporário do Mirouço	37
Tabela 3. Diâmetros para esporos das três espécies estudadas, de acordo com a bibliografia.	41
Tabela 4. Selecção de medidas de crivo a utilizar segundo os diâmetros de esporos de <i>Isoetes setaceum</i> , <i>I. histrix</i> e <i>I. velatum</i> , de acordo com a revisão bibliográfica	42
Tabela 5. Densidade média do banco de esporos e plantas das três espécies estudadas.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aspecto de um charco temporário mediterrânico na Primavera – Mirouço, 2008.....	12
Figura 2. Invasão de um charco temporário por <i>Acacia sp.</i> e progressão sucessional para ambiente exclusivamente terrestre.....	17
Figura 3. Filograma do género <i>Isoetes</i> , representando a maioria dos clados a nível mundial e as posições filogenéticas, destacando as espécies de <i>Isoetes</i> estudadas e todas espécies do género que ocorrem na bacia mediterrânica.	20
Figura 4. Fotografia de um exemplar da espécie <i>Isoetes velatum</i>	23
Figura 5. Fenologia Ibérica da espécie <i>I. velatum</i>	24
Figura 6. Distribuição de <i>Isoetes velatum</i> na Península Ibérica e ilustração do seu esporo	24
Figura 7. Fotografia de um exemplar da espécie <i>I. histrix</i>	25
Figura 8. Promenor do aspecto das raízes de um exemplar da espécie <i>I. histrix</i>	26
Figura 9. Fenologia Ibérica da espécie <i>I. histrix</i>	26
Figura 10. Distribuição de <i>Isoetes histrix</i> na Península Ibérica e ilustração do seu esporo.....	27
Figura 11. Fotografia de um exemplar da espécie <i>I. setaceum</i>	28
Figura 12. Fenologia Ibérica para a espécie <i>I. setaceum</i>	29
Figura 13. Distribuição de <i>Isoetes setaceum</i> Lam. na Península Ibérica e ilustração do seu esporo	30
Figura 14. Localização do charco temporário mediterrânico do Mirouço	34
Figura 15. Imagem satélite do detalhe da área de estudo do Charco temporário do Mirouço .	35
Figura 16. Esquema do charco temporário mediterrânico do Mirouço e disposição do transecto.	38
Figura 17. Esquema do perfil do charco temporário mediterrânico do Mirouço.....	39
Figura 18. Aspecto de amostra processada com esporos de <i>Isoetes</i> em placa de contagem....	43
Figura 19. Charco temporário do Mirouço: aspecto geral da área de estudo no mês de Abril.	44
Figura 20. Esporos da espécie <i>Isoetes setaceum</i> recolhidos no charco temporário mediterrânico estudado.....	47
Figura 21. Esporos da espécie <i>Isoetes histrix</i> recolhidos no charco temporário mediterrânico estudado.....	48
Figura 22. Esporos da espécie <i>Isoetes velatum</i> recolhidos no charco temporário mediterrânico estudado.....	48
Figura 23. Representação gráfica das diferenças na estrutura vertical do banco de esporos para as três espécies do género <i>Isoetes</i> , nos intervalos de profundidade de [0-5] cm e [5-10] cm, no charco temporário mediterrânico do Mirouço.....	49

Figura 24. Representação da variação das densidades de esporos do género <i>Isoetes</i> L. no charco temporário mediterrânico do Mirouço.....	50
Figura 25. Densidades médias / m ² de esporos de cada uma das 3 espécies do género <i>Isoetes</i> estudadas, na cintura periférica, cintura intermédia e centro do charco temporário.....	51
Figura 26. Análise de redundância (RDA) relativa a Esporos vs. gradiente de humidade.....	52
Figura 27. Densidades de esporos e de plantas de <i>Isoetes setaceum</i> no charco temporário mediterrânico do Mirouço.....	54
Figura 28. Densidade de esporos e de plantas de <i>Isoetes histrix</i> no charco temporário mediterrânico do Mirouço.....	55
Figura 29. Densidade de esporos e de plantas de <i>Isoetes velatum</i> no charco temporário mediterrânico do Mirouço.....	55
Figura 30. Análise de redundância (RDA) relativa a Plantas vs. esporos das três espécies.....	57
Figura 31. Análise de redundância (RDA) relativa a Esporos e Plantas das três espécies vs. Zonas humidade.....	59
Figura 32. Esporos das espécies estudadas: <i>Isoetes velatum</i> , <i>Isoetes histrix</i> e <i>Isoetes setaceum</i>	61

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1. 1. O HABITAT 3170*

Os charcos temporários mediterrânicos, habitat 3170* (EC, 2008) são habitats de água doce e parada do Grupo 3, Subgrupo 31 (ICNB, 2006), cuja composição fitocenótica depende da precipitação. Estes habitats representam depressões de pouca profundidade que acumulam água em terrenos impermeáveis ou zonas de afloramento de lençóis freáticos, geralmente com forma elipsóide (Figura 1).



Figura 1. Aspecto de um charco temporário mediterrânico na Primavera – Mirouço, 2008.

Os charcos são geralmente endorreicos, ou podem estar localizados na margem de cursos de água doce, sendo sazonalmente inundados por uma pequena altura de água doce e colonizados por *microgeosigmata* - complexos de comunidades de plantas vasculares na sua maioria anuais, adaptadas a solos temporariamente encharcados (ICNB, 2006).

De acordo com Canha & Pinto-Cruz (2010), para que se possa proceder à identificação correcta de um charco temporário mediterrânico, torna-se fundamental ter em conta a existência de variações no elenco de espécies presentes a nível espacial, dentro do mesmo charco, e também a nível temporal, ou seja intra-anual e inter-anual. Para a instabilidade das condições ecológicas contribuem diversos factores, entre os quais a variação dos parâmetros climáticos, a morfologia e topografia de cada charco e também as intervenções antrópicas.

Segundo Rhazi *et al.* (2004), as comunidades biológicas deste tipo de habitat adaptaram-se, encontrando formas de resistência à alternância entre períodos secos e inundados, pelo desenvolvimento de estratégias adaptativas à seca e capacidade de migrar, no caso das espécies animais, para outros locais que lhes garantem melhores condições. De acordo com Williams *et al.* (2010), a flora dos charcos temporários é principalmente composta por espécies de terófitos e geófitos mediterrânicos, constituintes de uma vegetação anual e pioneira. Essencialmente em resposta ao encharcamento, as plantas destes habitats apresentam taxas de crescimento rápidas e ciclos de vida curtos (Blom & Voeselek, 1996). De acordo com Rhazi *et al.* (2006), a imprevisibilidade do hidroperíodo nos charcos temporários ligada ao clima mediterrânico, a ocorrência de secas rigorosas em alternância com inundações, e as variações intra e interanuais na profundidade da água, conduzem a uma selecção de espécies com curtos ciclos de vida, que investem na reprodução sexuada em detrimento do seu desenvolvimento vegetativo. Na região do Mediterrâneo, o desenvolvimento das comunidades de plantas em charcos temporários são resultado da germinação e estabelecimento do banco de diásporos em dormência e de propágulos vegetativos que sobrevivem à dessecação neste habitat (Casanova & Brock, 2000). De acordo com Aponte *et al.* (2010), a preservação do banco de diásporos e a garantia de um regime de inundações temporário são essenciais para preservar as comunidades vegetais únicas dos charcos temporários mediterrânicos.

Em algumas regiões da bacia mediterrânica, é possível verificar que a vegetação dos charcos temporários ocorre em três cinturas concêntricas, dispendo-se em diferentes comunidades (Rhazi *et al.*, 2006; Bagella *et al.*, 2009, 2010): uma cintura

interna ou central, uma faixa intermédia, e uma cintura periférica ou externa. Este tipo de organização é determinada e reflecte o gradiente dos factores ambientais (Canha & Pinto-Cruz, 2010). Na costa Sudoeste portuguesa, segundo Pinto-Cruz *et al.* (2009), com base nesta organização em faixas distintas, destacam-se entre as espécies indicadoras dos charcos temporários mediterrânicos as espécies *Isoetes setaceum* Lam., *Isoetes velatum* A. Braun e *Eryngium corniculatum* na zona mais central e *Isoetes histrix* Bory, *Juncus capitatus*, *Lotus hispidus* e *Chaetopogon fasciculatus* na zona mais externa ou periférica. De acordo com Casanova & Brock (2000), o padrão de zonação de plantas nestes habitats pode diferir de ano para ano e época para época, sendo que nem sempre a profundidade é um bom indicador da composição da comunidade vegetal em diferentes zonas.

A região do Mediterrâneo apresenta-se como uma das regiões do mundo mais estudadas no que toca à flora, no entanto, as espécies do género *Isoetes* L., sobre o qual se concentra este estudo, permanecem muito pouco estudadas a nível global (Bolin *et al.*, 2008).

1. 2. BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

Os charcos temporários, geralmente de pequenas dimensões, apresentam elevada diversidade biológica (Bagella *et al.*, 2007). A biodiversidade destes habitats, embora sujeita a intensa actividade humana, tem sido mantida ao longo dos séculos (Rhazi *et al.*, 2006). Apesar da pressão agrícola, alguns charcos representam um valor considerável de conservação para as plantas vasculares, crustáceos da classe *Branchiopoda*, insectos aquáticos e anfíbios (Beja & Alcazar, 2003). As espécies abrangidas por estes habitats apresentam características singulares, sendo frequentemente raras ou exclusivas destes meios (Rhazi *et al.* 2004). O elevado interesse de conservação relativamente aos charcos temporários na região biogeográfica mediterrânica foi há muito reconhecido, designadamente a partir do momento em que as comunidades *Isoetion* foram definidas como “jóia florística e fitossociológica” por Braun-Blanquet (Braun-Blanquet, 1935; Bagella *et al.*, 2010).

Os charcos temporários mediterrânicos representam habitats muito vulneráveis, em resultado das suas dimensões reduzidas, mas sobretudo, devido à alternância rápida entre encharcamento e dessecação (Canha e Pinto-Cruz, 2010). Estes habitats apresentam um papel importante na conectividade entre outros habitats de água doce. São importantes para muitas espécies raras e ameaçadas, sendo considerados *hot-spots* de biodiversidade. De acordo com Canha & Pinto-Cruz (2010), em território português, mais precisamente no Sudoeste, encontram-se associadas aos charcos temporários, e sua envolvente, espécies da flora com elevado valor de conservação, tais como *Juncus emmanuelis*, endémica da Península Ibérica com estatuto “vulnerável”, *Hyacintoides vicentina*, endemismo lusitano com estatuto “vulnerável”, anexos II e IV da Directiva Habitats, *Myosotis retusifolia*, anexos II e IV da Directiva Habitats e *Pinguicula lusitanica* com estatuto “vulnerável”.

No que respeita à fauna, estes sistemas são abrigo para muitas espécies ameaçadas, que estão dependentes deste habitat para realizarem o seu ciclo de vida. De acordo com Grillas *et al.* (2007), a conservação da flora típica dos charcos temporários revela-se determinante para a riqueza específica de grupos tão diversos como as libelinhas ou os crustáceos; são as comunidades vegetais características dos charcos temporários mediterrânicos que asseguram os microhabitats e a microfauna essenciais para a sobrevivência dos macroinvertebrados.

1. 3. PROTECÇÃO LEGAL

Como já referido anteriormente, os charcos temporários mediterrânicos são habitats que comportam riqueza específica única, sendo compostos por diversas espécies raras e ameaçadas (Rhazi *et al.* 2004). Estes habitats, classificados como habitats prioritários em termos de conservação pela Directiva Habitats (Directiva 92/43/CEE - Anexo I, Decreto-Lei nº140/99 de 24 de Abril, da Resolução do Conselho de Ministros nº 115-A/2008 de 21 de Julho), estão também abrangidos no âmbito da Convenção de Ramsar (Decreto nº101/80 de 9 de Outubro), e pela Directiva Quadro da Água (Directiva 2000/60/CE). Relativamente às espécies que os colonizam, várias

espécies são endémicas e/ou constam dos anexos da Convenção de Berna (Convenção Relativa à Conservação da Vida Selvagem e dos Habitats Naturais da Europa) e da Convenção de Bona (Convenção sobre a Conservação das Espécies Migradoras Pertencentes a Fauna Selvagem).

No entanto, apesar de estes ecossistemas serem reconhecidos pela Convenção de Ramsar, abrangidos pela Directiva Quadro da Água e classificados como habitats de interesse comunitário no contexto da União Europeia (e em Portugal pela transposição da Directiva Habitats no Plano Sectorial da Rede Natura 2000 – PSRN2000), os regimes de protecção por si só não se revelam suficientes para a consciencialização do seu valor biológico, económico e cultural destes habitats (Silva, 2009). Segundo Silva (2009), a maioria destes habitats encontra-se em áreas agrícolas, devendo, portanto, promover-se boas práticas agrícolas e pecuárias com objectivos de garantir a sua conservação.

1. 4. FACTORES DE AMEAÇA

Os charcos temporários mediterrânicos na região do Mediterrâneo estão a desaparecer a um ritmo elevado, principalmente devido a actividades humanas (Zacharias *et al.*, 2007). De acordo com Grillas & Roché (1997), estes habitats são pouco compreendidos e estão severamente ameaçados, sofrendo degradação e perdas generalizadas, devido ao aumento da área de terra sob cultivo intensivo e uso urbano.

Segundo o ICNB (2006), alguns dos factores de ameaça mais comuns são a drenagem e a mobilização do solo para aplanar os terrenos, com a finalidade de facilitar os trabalhos agrícolas. A dragagem para criar reservatórios, por exemplo, torna-se tanto mais nociva quanto maior a proximidade dos charcos a canais de rega ou linhas de água. Os efeitos nocivos sobre os anfíbios, por exemplo, estão provados por Beja & Alcazar (2003). A mudança de regime temporário para regime de água

permanente, associada à conversão dos charcos a reservatórios de irrigação agrícola implica uma redução acentuada na ocorrência de todas as espécies de anfíbios.

A colonização dos charcos por vegetação arbustiva é também um factor de ameaça, especialmente por espécies exóticas invasoras (Figura 2). Este facto está relacionado com o abandono de práticas agrícolas e pecuárias tradicionais, a destruição da vegetação marginal ou o ensombramento da área dos charcos, por exemplo por plantações de árvores nas zonas limites (ICNB, 2006). A flora dos charcos encontra-se adaptada a solos esqueléticos pelo que responde mal ao ensombramento e a incrementos na espessura do solo para além dos 15 cm, factor que favorece o aparecimento de outras comunidades vegetais (Grillas *et al.*, 2007).



Figura 2. Invasão de um charco temporário por *Acacia sp.* e progressão sucessional para ambiente exclusivamente terrestre (retirado de Canha & Pinto-Cruz, 2010).

O pastoreio intensivo é outro factor de ameaça a ter em causa, principalmente por gado bovino, devido ao pisoteio excessivo que acarreta, promovendo a compactação do solo e reduzindo o arejamento, prejudicando o estabelecimento das espécies características de solos temporariamente encharcados e, segundo o ICNB (2006), favorecendo a penetração de espécies ruderais, especialmente quando ocorre após mobilização do solo. No entanto, o abandono do pastoreio também constitui um factor de ameaça, dado que na sua ausência não são eliminadas espécies que competem com a flora típica dos charcos e não se criam micro-depressões no solo, indispensáveis para a germinação e desenvolvimento de algumas espécies (Grillas *et al.*, 2007). De acordo com Grillas *et al.* (2004b), o pisoteio do gado favorece a ocorrência da maioria das espécies vegetais típicas dos charcos mediterrânicos, desde que seja realizado de forma extensiva.

Outro factor de ameaça é o abaixamento das toalhas freáticas, através da abertura de poços e drenagem de áreas contíguas aos charcos, devendo-se principalmente à acção antrópica (ICNB, 2006). Segundo Canha & Pinto-Cruz (2010); para os diferentes grupos de macroinvertebrados que habitam os charcos temporários, as alterações à hidrologia e ao coberto vegetal dos charcos temporários, no seu interior e também nas margens, assim como o uso de agro-químicos, constituem uma séria ameaça. A eutrofização, é, segundo o ICNB (2006), outro dos factores de ameaça, provocado pela acumulação de nutrientes provenientes de actividades agrícolas e agropecuárias. Os poluentes de origem agrícola podem provocar a acidificação das águas e a utilização de químicos conduz à degradação da vegetação, reduzindo também as fontes de alimento e a disponibilidade de habitat.

A área afectada ao Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (PNSACV) tem registado uma perda de charcos na ordem dos 52% nos últimos 10 anos, tendo em consideração aqueles que foram destruídos, transformados em reservatórios permanentes ou degradados irreversivelmente, constatando estes autores que o facto de os charcos temporários do Concelho de Odemira se situarem dentro do PNSACV e estarem legalmente protegidos, não tem impedido a sua delapidação (Canha & Pinto-Cruz, 2010).

1. 5. O GÉNERO *ISOETES*: BREVE DESCRIÇÃO

O género *Isoetes* L. pertence à família *Isoetaceae*, incluindo-se na classe *Lycopsida*, dentro da divisão *Pteridophyta* (Prada, 1983).

De acordo com Prada (1979), o género *Isoetes* é heterospóreo, estando os dois tipos de esporângios localizados na mesma planta, embora nalguns casos sejam formados em diferentes períodos. Segundo Bagella *et al.* (2011), tradicionalmente, o megásporo (doravante designado por esporo) é utilizado como o carácter taxonómico mais relevante do género *Isoetes* a diversos níveis sistemáticos, incluindo recursos descritivos normalmente usados na identificação e diagnóstico das espécies.

As plantas pertencentes a este género são na sua maioria plantas características de zonas húmidas, que apresentam comportamentos hidrófitos, tal como comportamentos anfíbios, podendo encontrar-se em terrenos a diferentes condições e altitudes. Nas zonas de montanha vivem nos lagos, enquanto que nas zonas de baixa altitude podem ser encontradas em ambientes húmidos temporários ou permanentes (Martínez *et al.*, 1998).

De acordo com Prada (1983), os limites do género encontram-se bem definidos, contudo, o estabelecimento de secções apresenta maiores dificuldades. Com base nas características ecológicas das espécies, estabeleceram-se três secções para o género: espécies aquáticas, espécies palustres e espécies terrestres, citando como caracteres de diferenciação das secções a presença ou ausência de filopódios, estomas e fascículos fibrosos subepidérmicos, assim como as características do véu. Segundo Ernandes *et al.*, 2010, o género divide-se em espécies aquáticas (permanentemente submersas, completando seu ciclo de vida na água), espécies anfíbias (semi-submersas, surgindo nas margens dos corpos de água) e espécies terrestres (quase nunca submersas).

Os indivíduos do género *Isoetes* são filogeneticamente isolados, sendo este considerado um género cosmopolita de herbáceas heterospóricas e compreende entre 130 a 350 espécies que se desenvolvem numa grande diversidade de habitats

aquáticos e terrestres (Bagella *et al.*, 2011). As relações filogenéticas entre as espécies de *Isoetes* foram estudadas em diversos artigos com base nas características morfológicas do género (Prada 1979, 1983; Romero & Real, 2005; Bolin *et al.*, 2008), no entanto a sua morfologia e características biomoleculares tornam complexa a determinação de um quadro taxonómico claro (Bolin *et al.*, 2008; Ernandes *et al.*, 2010).

De acordo com Bolin *et al.* (2008), as três espécies do género encontradas neste estudo, *I. velatum* A. Braun, *I. setaceum* Lam. e *I. hystrix* Bory, encontram-se localizadas num clado bem suportado, irmão de um clado composto por outros taxa mediterrânicos, do Norte e Ocidente da América (Figura 3).

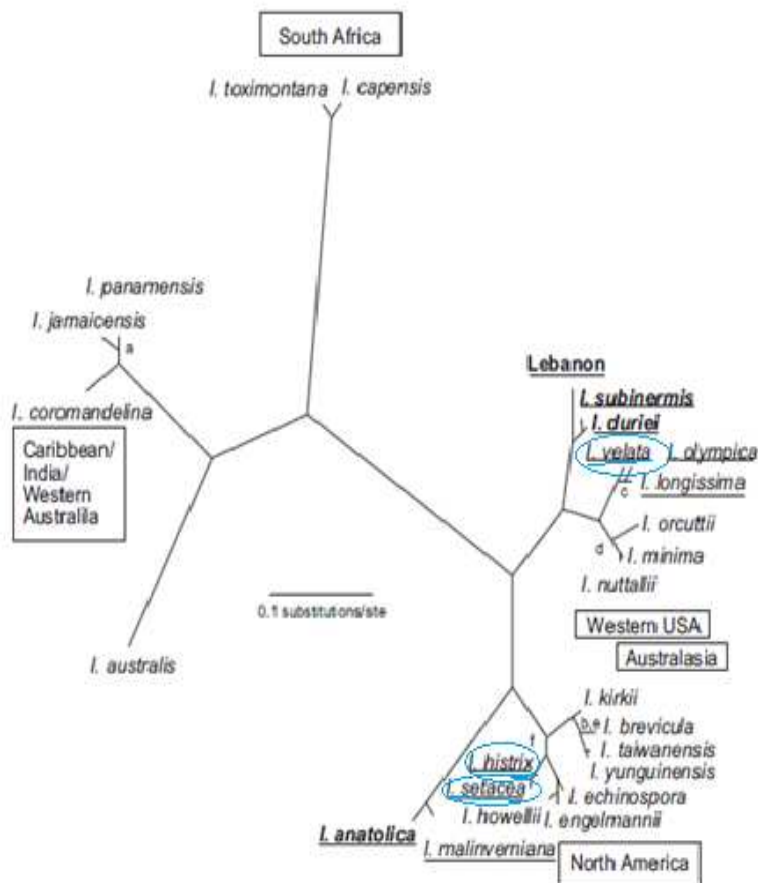


Figura 3. Filograma do género *Isoetes*, representando a maioria dos clados a nível mundial e as posições filogenéticas, destacando as espécies de *Isoetes* estudadas (destacadas a azul) e todas espécies do género que ocorrem na bacia mediterrânica (sublinhadas) (Bolin *et al.*, 2008).

1. 5. 1. ESPÉCIES DO GÉNERO *ISOETES* L. NO MEDITERRÂNEO E NO HABITAT 3170*

Greuter *et al.* (1984) indicou 10 espécies para o Mediterrâneo, das quais sete são endémicas. Actualmente, uma lista actualizada menciona mais duas espécies para a região mediterrânica: *Isoetes anatolica* Prada & Rolleri e *Isoetes subinermis* (Durieu) Cesca & Peruzzi (Ernandes *et al.*, 2010) (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição e tipo ecológico das espécies do género *Isoetes* do Mediterrâneo, de acordo com Ernandes *et al.* (2010), destacando (a negrito) as espécies encontradas neste estudo.

Espécie	Tipo Ecológico*	Distribuição no Mediterrâneo	Endémica
<i>I. anatolica</i> Prada and Rolleri	Aq	Turquia	Sim
<i>I. boryana</i> Durieu	Aq	França	Sim
<i>I. duriei</i> Bory	T	Mediterrâneo	Sim
<i>I. echinospora</i> Durieu	Aq	Espanha, França, Itália, Bulgária, Grécia	Não
<i>I. heldreichii</i> Wettst.	Anf	Grécia	Sim
<i>I. histrix</i> Bory	T	Mediterrâneo	Não
<i>I. lacustris</i> L.	Aq	Espanha, França, Itália	Não
<i>I. malinverniana</i> Cesati & De Not.	Aq	Itália	Sim
<i>I. olympica</i> A. Braun	Anf	Líbano, Síria, Anatólia	Sim
<i>I. setaceum</i> Lam.	Aq	Portugal, Espanha, França	Sim
<i>I. subinermis</i> (Durieu) Cesca & Peruzzi	T	França, Itália, Malta, Turquia, Síria	Sim
<i>I. velatum</i> A. Braun	Anf	Mediterrâneo	Sim

* Tipo ecológico: **Aq** - Aquática; **T** - Terrestre; **Anf** - Anfíbia

O género *Isoetes*, sobre o qual se concentra este trabalho, representa um dos géneros constituinte da valiosa fitodiversidade dos charcos temporários mediterrânicos. Segundo Grillas *et al.* (2004a), as espécies do género *Isoetes* possuem

adaptações que lhes conferem grande flexibilidade para responder à irregularidade da alternância entre as fases seca e encharcada destes habitats. De acordo com os mesmos autores, esta natureza fisiológica, confere-lhes capacidade de realizar fotossíntese, tanto em condições de dessecação como em condições de submersão, apresentando também nas plantas jovens elevada tolerância à dessecação. O seu ciclo de vida também pode ser curto, como por exemplo, no caso da espécie *Isoetes velatum*.

Do ponto de vista sintaxonómico, a classe de vegetação mais identificada com os charcos temporários mediterrânicos é a *Isoeto-Nanojuncetea* Br.-Bl. & Tüxen ex Westhoff, Dijk & Passchier 1946, a qual inclui comunidades efémeras de *Isoetes* anuais pioneiras e perenes, em solos esqueléticos periodicamente alagados (Rivas-Martínez *et al.*, 2002).

Na Península Ibérica, principalmente em zonas de baixa altitude, os charcos temporários mediterrânicos são o habitat de três espécies de *Isoetes* (*I. histrix*, *I. velatum* e *I. setaceum*), das quatro que se podem encontrar nesta região (*I. histrix*, *I. velatum*, *I. setaceum* e *I. durieui* Bory) (Prada, 1983; Martínez *et al.*, 1998; Molina *et al.*, 2002).

Em seguida apresenta-se uma breve descrição de cada uma das espécies estudadas no charco temporário do Mirouço, *Isoetes histrix*, *I. velatum* e *I. setaceum*, oferecendo maior relevo às características morfológicas que as distinguem, tal como à respectiva distribuição geográfica.

1. 5. 1. 1. *Isoetes velatum* A. Braun

A espécie *Isoetes velatum* (Figura 4) pode encontrar-se em charcos e lagoas que secam completamente no verão, ou que sofrem variações sazonais consideráveis no nível de água (Castroviejo *et al.*, 1986).



Figura 4. Fotografia de um exemplar da espécie *Isoetes velatum* (Carla Pinto-Cruz).

Em termos morfológicos, na continuidade da face adaxial da folha fértil, pode existir uma camada unicelular de tecido sobre o esporângio - o véu - cuja extensão sobre o esporângio varia segundo a espécie em causa, podendo ser completo (*I. histrix* e *I. durieui*), ou, como é o caso da espécie *I. velatum*, permanecer apenas uma pequena cunha na base, não estando o esporângio coberto pelo referido véu. As características do véu são interessantes do ponto de vista taxonómico, embora exista nesta espécie uma ligeira variação em relação à extensão do véu, sendo, no mesmo indivíduo, normalmente um pouco menos extensas sobre microsporângios quando comparada com a dos macrosporângios (Prada, 1983). De acordo com Castroviejo *et al.* (1986), o esporo desta espécie tem uma forma tetraédrica característica e apresenta dimensões entre 325 a 470 μm .

Na Península Ibérica, o período entre os meses de Fevereiro e Julho representa a altura do ano em que a espécie apresenta maior probabilidade de estar presente na vegetação (Figura 5).

FENOLOGIA IBÉRICA <i>Isoetes velatum</i>											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Legenda:				Provável	Muito Provável						

Figura 5. Fenologia Ibérica da espécie *I. velatum* (Adaptado de: Rodriguez, 2009b).

A espécie *Isoetes velatum* encontra-se distribuída pela Península Ibérica (Figura 6), principalmente no centro e oeste da mesma, sendo identificado por diversos autores como rara no terço Norte, pela escassez e vulnerabilidade do ambiente onde vive (Martínez *et al.*, 1998), encontrando-se pontualmente em alguns locais do Levante espanhol e Ilhas Baleares (Prada, 1983).

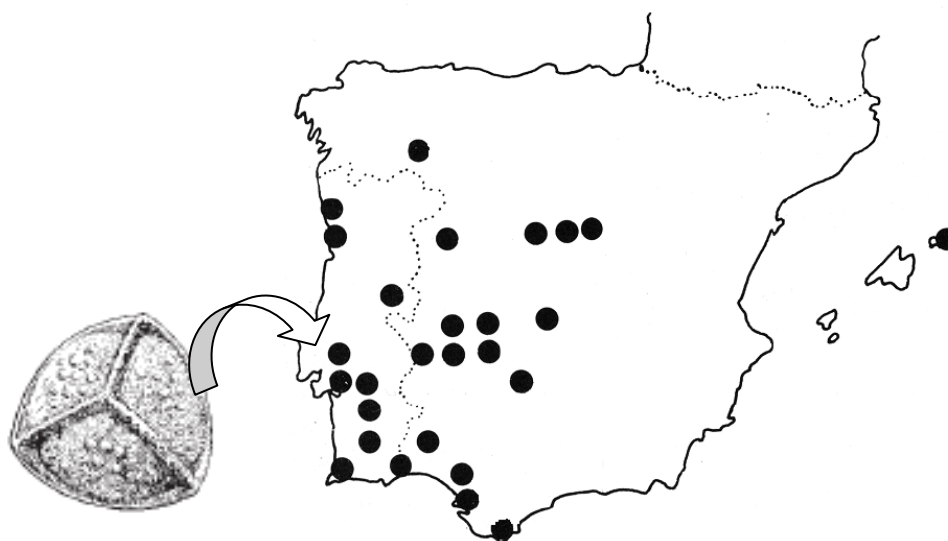


Figura 6. Distribuição de *Isoetes velatum* na Península Ibérica (Fonte: Prada, 1983) e ilustração do seu esporo (Castroviejo *et al.*, 1986).

1. 5. 1. 2. *Isoetes histrix* Bory

Esta espécie caracteriza-se por apresentar filopódios escuros, brilhantes e persistentes, com os megasporângios completamente cobertos por um véu e esporos tuberculados (Prada, 1983).



Figura 7. Fotografia de um exemplar da espécie *I. histrix* (Carla Pinto-Cruz).

Similarmente a outras espécies do género, esta espécie apresenta uma variabilidade morfológica visível, envolvendo o comprimento dos espinhos dos filopódios, comprimento e orientação da folha, e a ornamentação do esporo (Prada, 1983; Bagella *et al.*, 2011). Segundo Castroviejo *et al.* (1986), o esporo da espécie *I. histrix* apresenta dimensões entre 450 e 490 μm , tendo um aspecto esferoidal com uma ornamentação mais volumosa e concentrada nas faces basal e distal, distribuída até à linha equatorial, sendo as cordas ligeiramente menos espessadas.

Isoetes hystrix é considerada uma espécie de tipo ecológico terrestre (Prada, 1983; Ernandes 2010; Bagella *et al.*, 2011), ou de habitats semi-terrestres (Molina, 2005), apresentando na parte superior das suas raízes uma abundante pilosidade (Figura 8), característica que não está presente nos restantes taxa do género, à excepção de *I. durieui* (Prada, 1983).



Figura 8. Promenor do aspecto das raízes de um exemplar da espécie *I. hystrix* (retirado de Trombetti, 2010).

A espécie *I. hystrix* apresenta uma fenologia relativamente diferente das outras duas espécies estudadas, apresentando maior probabilidade de ser encontrada na vegetação entre os meses de Outubro a Junho (Figura 9).

FENOLOGIA IBÉRICA <i>Isoetes hystrix</i>											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Legenda: Provável						 Muito Provável					

Figura 9. Fenologia Ibérica da espécie *I. hystrix* (Adaptado de: Gálvez, 2010).

De acordo com Bolin *et al.* (2008), a distribuição geográfica da espécie *Isoetes histrix* Bory não está totalmente clara devido a algumas divergências de nomenclatura que envolvem a taxonomia subespecífica deste grupo, sabendo-se que habita intermitentemente locais húmidos em torno do Mediterrâneo. Para além da distribuição circum-mediterrânica, esta espécie apresenta também algumas extensões para a faixa atlântica da Europa, Ilhas do Canal e SW das Ilhas Britânicas (Prada, 1983; Quézel, 1998; Bagella *et al.*, 2011).

No que respeita à distribuição da espécie na Península Ibérica, *Isoetes histrix* Bory apresenta maior predominância no quadrante Oeste da Península (Figura 10). Em Portugal esta espécie está distribuída por todas as províncias (Castroviejo *et al.*, 1986). Em Espanha pode encontrar-se em quinze províncias do Oeste e três províncias do Nordeste (Grillas *et al.*, 2004b). De acordo com Prada (1983), é um *taxon* que não supera o piso mesomediterrânico em território da Península Ibérica.

Em termos fitossociológicos, a espécie *Isoetes histrix* (Figura 7) é uma espécie característica da aliança *Isoetion*, a qual representa a aliança mais ameaçada dentro da classe *Isoeto-Nanojuncetea* (Bagella *et al.*, 2009).

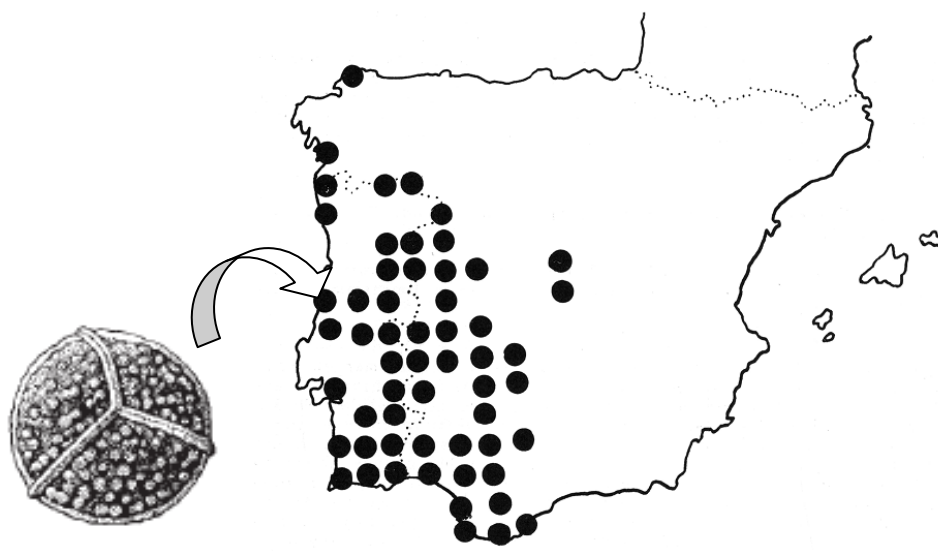


Figura 10. Distribuição de *Isoetes histrix* na Península Ibérica (Fonte: Prada, 1983) e ilustração do seu esporo (Castroviejo *et al.*, 1986).

1. 5. 1. 3. *Isoetes setaceum* Lam.

A espécie *Isoetes setaceum* Lam. (Figura 11) está designada, de acordo com a IUCN (2010), como “próxima de ameaçada” (*NT - Near Threatened*) na lista vermelha de plantas aquáticas mediterrânicas (Rhazi *et al.*, 2004). É uma espécie preferencialmente acidófila (Blanca *et al.*, 2000), constituindo comunidades aquáticas, submersas durante o inverno e primavera, em solos arenosos ou arenoso-limosos silíceos pseudogleizados (Castroviejo *et al.*, 1986).

Esta espécie foi já considerada como “muito rara” no estudo efectuado em charcos temporários mediterrânicos (3170*), que constituem o abrigo das poucas populações de *Isoetes setaceum* mediterrânicas. Apesar de ser escassa e rara na região do Mediterrâneo, predominantemente no Mediterrâneo Ocidental, é tida como factor chave na determinação de um habitat prioritário para a União Europeia (Rhazi *et al.*, 2004).



Figura 11. Fotografia de um exemplar da espécie *I. setaceum* (Carla Pinto-Cruz).

Em algumas das espécies, como as anteriormente referidas, existe uma camada unicelular de tecido sobre o esporângio que constitui o véu, contudo, no caso da espécie *Isoetes setaceum*, este véu está ausente por completo (Prada, 1983), sendo esta uma característica que o permite diferenciar das outras espécies que ocorrem em Portugal continental.

Os esporos desta espécie distinguem-se facilmente pela sua forma esferoidal, comparada à forma tetraédrica da espécie *Isoetes velatum* (Prada, 1983; Fennane & El Qualidi, 2000). Os esporos de *I. setaceum* têm dimensões compreendidas entre 560 a 580 μm (Castroviejo *et al.*, 1986), apresentando uma ornamentação mais patente na face basal e distal, e cordas ligeiramente mais espessadas, em comparação com os esporos de *I. hystrix*.

Em relação à fenologia desta espécie na Península Ibérica, tal como *Isoetes velatum*, também esta espécie apresenta maior probabilidade de se encontrar na vegetação entre os meses de Fevereiro e Julho (Figura 12).

FENOLOGIA IBÉRICA <i>Isoetes setaceum</i>											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Legenda:				Provável	Muito Provável						

Figura 12. Fenologia Ibérica para a espécie *I. setaceum* (Adaptado de: Rodriguez, 2009a).

A regressão generalizada dos charcos temporários mediterrânicos, essencialmente devido às perturbações antrópicas, afecta a abundância de comunidades e espécies raras como o caso particular da espécie *I. setaceum* (Pinto-Cruz *et al.* 2009). De acordo com estes autores, esta espécie está designada como um claro bioindicador dos charcos temporários mediterrânicos, no entanto não se encontra incluída na definição charcos temporários mediterrânicos que consta do “Manual de Interpretação dos Habitats da União Europeia” (EC, 2007).

A espécie *Isoetes setaceum* pode encontrar-se nos pisos bioclimáticos termo e mesomediterrânico (Blanca *et al.*, 2000), distribuindo-se pelo SE de França e também pela Península Ibérica. Na Península Ibérica (Figura 13), a sua distribuição tem maior relevo no quadrante Oeste, Centro e alguns pontos de Catalunha (Prada, 1983; Blanca *et al.*, 2000; Castroviejo *et al.*, 1986), tendo uma distribuição menos ampla, em comparação com a distribuição de *I. histrix*, sobretudo em território português.

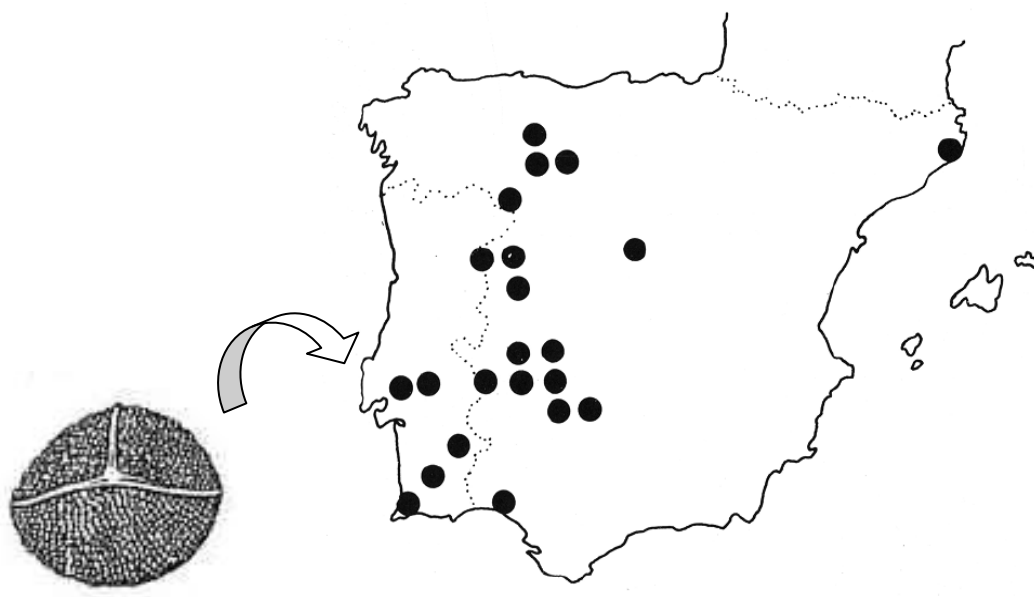


Figura 13. Distribuição de *Isoetes setaceum* Lam. na Península Ibérica (Fonte: Prada, 1983) e ilustração do seu esporo (Castroviejo *et al.*, 1986).

1. 6. INTRODUÇÃO AO ESTUDO E OBJECTIVOS

Os charcos temporários mediterrânicos são ecossistemas pouco estudados mas muito importantes, devido à sua singularidade, e com elevada vulnerabilidade às actividades humanas e alterações climáticas (Stamati *et al.*, 2008). Os complexos de vegetação deste habitat prioritário (3170*) são bastante sensíveis a perturbações ambientais e antrópicas, tratando-se portanto de bioindicadores com elevado valor diagnóstico e de conservação (Silva, 2009). De acordo com Quézel (1998), o género *Isoetes* L. representa um dos géneros que se especializaram neste tipo de habitats, tendo um papel fundamental na sua caracterização.

Neste estudo, realizado no período de um ano meteorológico (2007/2008), pretende-se investigar a importância de alguns factores físicos e ecológicos no desenvolvimento de pteridófitos do género *Isoetes*, num típico habitat 3170*. Algumas espécies deste género são muito relevantes para a conservação dos charcos mediterrânicos e do biota a eles associado e ocorrem quase exclusivamente nestes habitats.

De acordo com Aponte *et al.* (2010), as espécies de plantas dos charcos temporários ultrapassam os períodos de condições climáticas desfavoráveis através da construção de um banco de diásporos abundante. Com essa estratégia, a diversidade de espécies nestes habitats é preservada, e a dinâmica e estrutura do habitat são mantidas. De acordo com Grillas *et al.* (1993), os charcos temporários mediterrânicos foram considerados como sendo um habitat que contém um banco de diásporos extremamente alargado, principalmente no que se refere a espécies anfíbias e aquáticas. O banco de diásporos no solo desempenha um papel fundamental na recuperação da vegetação dos charcos temporários após as primeiras chuvas. Nestes habitats, o banco de diásporos é indicador da heterogeneidade espacial que espelha a distribuição da vegetação, a qual está disposta ao longo do gradiente de humidade, ou seja, de acordo com a sua tolerância ao alagamento (Casanova & Brock, 2000; Warwick & Brock, 2003; Aponte *et al.*, 2010). Neste estudo, pretende averiguar-se se existe uma correspondência directa entre a variação do banco de esporos das três espécies estudadas, *Isoetes velatum*, *I. setaceum* e *I. histrix*, e a variação da sua representação na vegetação. Simultaneamente, averiguou-se se os esporos de cada uma das três espécies de *Isoetes* estudadas tem uma distribuição preferencial até aos 5 cm profundidade, por comparação com a profundidade compreendida entre os 5 e os 10 cm, como vem referido na bibliografia.

Com base na ecologia das espécies estudadas, considera-se também neste estudo a hipótese de estas ocuparem diferentes áreas no charco temporário, verificando-se uma zonação característica. Esta condição característica dos charcos temporários de zonação da vegetação em pequena escala, está dependente da profundidade da água e também da duração do período das chuvas (Deil, 2005; Bagella *et al.*, 2010). Assim, através da aferição de factores como a profundidade da

água, duração do período de encharcamento e tempo de submersão nos diferentes pontos do charco temporário, averigua-se a hipótese de existência de condicionalismos no comportamento e distribuição das três espécies estudadas, no banco de esporos e na vegetação real.

De modo a testar de forma eficaz as hipóteses consideradas, optou-se por realizar o estudo numa área com baixa pressão antrópica, onde as probabilidades de interferências externas ao estudo fossem nulas ou mais reduzidas do que o que é comum neste género de habitats. Assim, o local de estudo escolhido foi o charco temporário do Mirouço, situado na costa Sudoeste de Portugal continental. Neste charco a pressão agrícola actual é muito fraca ou inexistente, verificando-se apenas a existência de pastoreio extensivo por gado ovino, o qual produz uma compactação mínima do solo. Enfatiza-se, em particular, que não se verificaram mobilizações do solo, as quais poderiam produzir alterações importantes em termos da distribuição espacial dos esporos, tanto vertical como horizontal.

Em resumo, com este trabalho num charco temporário mediterrânico pretendemos (1) avaliar o ajustamento das dimensões dos esporos (diâmetro) das três espécies estudadas (*Isoetes velatum*, *I. setaceum* e *I. histrix*) relativamente às que se encontram publicadas na literatura especializada, (2) determinar a estrutura vertical do banco de esporos de cada uma das três espécies, (3) determinar a densidade e variabilidade espacial de esporos no solo para cada uma das três espécies (*Isoetes velatum*, *I. setaceum* e *I. histrix*) ao longo de um gradiente de humidade, (4) comparar a estrutura do banco de esporos com a da vegetação real para cada uma das três espécies e (5) avaliar a influência da duração do período de encharcamento/submersão na distribuição dos esporos e plantas das três espécies estudadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2. 1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: CHARCO TEMPORÁRIO MEDITERRÂNICO DO MIROUÇO

O charco temporário estudado neste trabalho situa-se no litoral Sudoeste do território continental português. Pela sua localização próxima ao marco geodésico do Mirouço (37° 8' 50.23' N, 8° 54' 55.77' W, 128 metros sobre o mar (msm)) foi por nós designado como charco temporário mediterrânico do Mirouço (Figura 14).

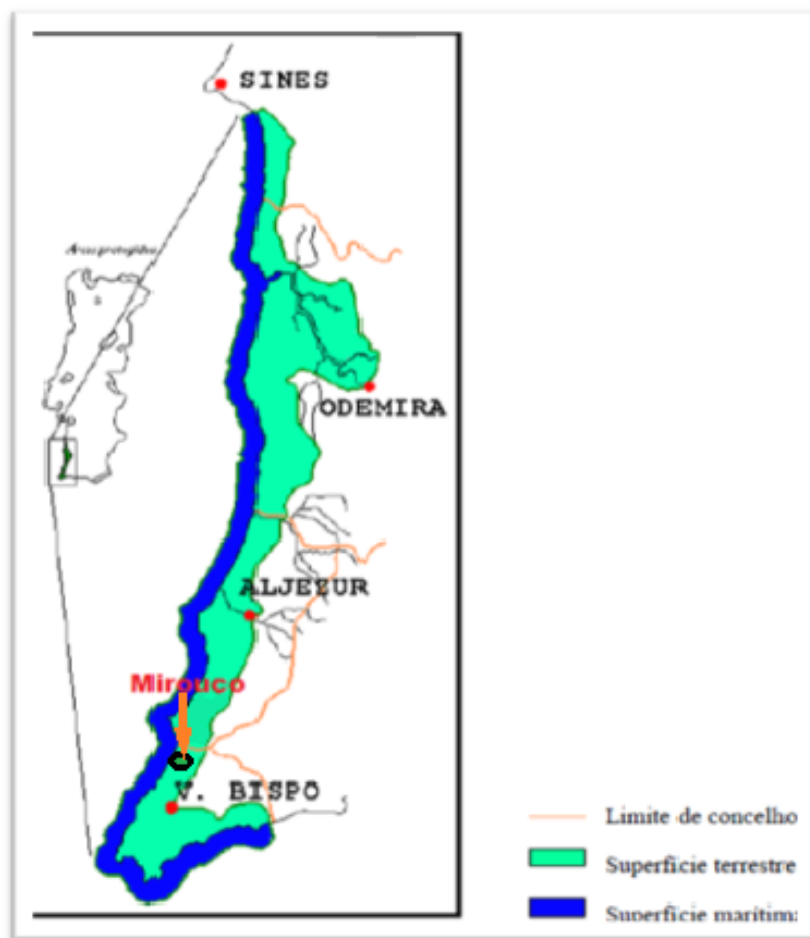


Figura 14. Localização do charco temporário mediterrânico do Mirouço (Fonte: PNSACV, 2002).

Relativamente aos usos e práticas, o terreno onde o charco estudado se situa não está sujeito à pressão da indústria agrícola, apresentando indícios de estar sujeito a pastoreio extensivo por gado ovino.

Este charco encontra-se localizado no Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (doravante designado PNSACV), situando-se na faixa litoral do Barlavento Algarvio, no Concelho de Aljezur, a cerca de 5 km a Sul da localidade de Carrapateira (Figura 15).

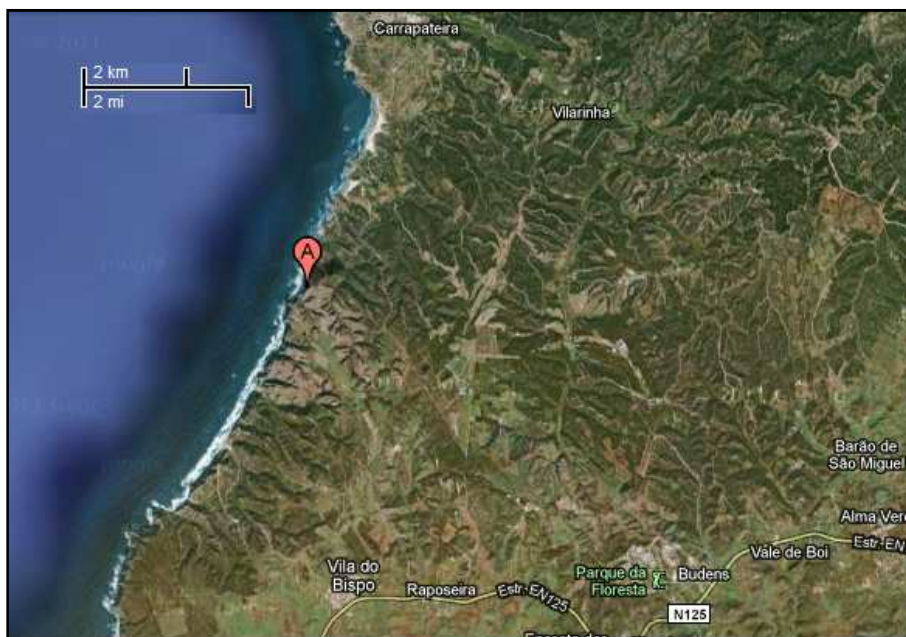


Figura 15. Imagem satélite do detalhe da área de estudo do Charco temporário do Mirouço (A) (Fonte: @ Google Maps service 2011).

Pela análise pedológica, de acordo com a classificação da F.A.O., tendo por base cartografia à escala 1:1.000.000, o charco temporário mediterrânico do Mirouço encontra-se numa mancha onde predominam os Vertissolos crómicos calcários (Barros Castanho-avermelhados calcários pouco descarbonatados), correspondendo a uma capacidade de uso dominante B e C, dependendo do declive em causa (PNSACV, 2002). A área de estudo encontra-se num solo calcário descarbonatado com textura franco-argilosa.

Para além deste charco temporário se encontrar inserido no PNSACV (Decreto Regulamentar no 26/95 de 21 de Setembro), está incluído numa área identificada como Zona de Protecção Especial (ZPE) para a avifauna da Costa Sudoeste pelo Decreto-Lei nº 384 B/99 de 23 de Setembro, num Sítio de Importância Comunitária (SIC Costa Sudoeste PTCON0012 - Resolução do Conselho de Ministros nº 142/97 de 28 de Agosto), num biotopo Corine (Corine Landcover) estando também integrado nas *Important Bird Areas* (IBA).

Do ponto de vista biogeográfico, a região enquadra-se no Sector Algarviense da Província Gaditano–Onubo-Algarviense e Superprovíncia Mediterrânico-Iberoatlântica (Rivas-Martínez *et al.*, 1990).

Bioclimatologicamente, a área de estudo enquadra-se no macrobioclima Mediterrânico, piso termomediterrânico de ombroclima seco a sub-húmido, apresentando uma temperatura média anual de 15 – 17.5 °C e uma precipitação média anual de 400 – 600 mm (DGA, 2000).

A área de estudo encontra-se influenciada por condições climáticas ambientais muito específicas, caracterizando-se o clima na região por níveis de precipitação relativamente elevados e temperaturas amenas (Silva, 1988). Cerca de 40% da precipitação anual ocorre nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro, enquanto os meses com índice de precipitação menor são Julho e Agosto. Entre os meses de Novembro e Abril, registam-se, em média, 90 dias/ano com precipitação igual ou superior a 1,0 mm, representando este valor chuva moderada a forte. A média das temperaturas máxima e mínima do ar são de 27°C no Verão e de 8°C no Inverno. A intensidade média anual do vento é 5,5 m/s, apresentando esta região um risco de geada fraco e insolação forte, com média de 2700 a 2800 horas de sol por ano (IGP, 2009). Influenciado por este regime climatológico, o hidroperíodo do charco temporário do Mirouço segue um regime sazonal, inundando com as chuvas de Outono e permanecendo inundado durante o Inverno até à Primavera. Com a chegada da Primavera começa a secar gradualmente e, em pleno Verão, o charco temporário não contém água à superfície, estando quase toda a vegetação seca.

Foi realizada uma análise da textura do solo do local de estudo, através de uma amostra de solo compósita, ou seja, uma amostragem ao solo em diversas zonas do charco estudado cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Dados de textura do solo do charco temporário do Mirouço (com. pessoal Carla Pinto-Cruz).

Areia Total*(%)	Limo (%)	Argila (%)
25.1	31.9	42.97

* Areia total: Areia Fina (13.46%) + Areia Grossa (11.63%)

Com base na análise da textura do solo do charco temporário estudado, podemos determinar que se trata de um solo argiloso. O elevado teor de argila em conjugação com a depressão topográfica do charco temporário estudado e a impermeabilização do solo, proporcionam condições ecológicas para o desenvolvimento de um habitat 3170* (Espírito-Santo & Arsénio, 2005; Silva *et al.*, 2009; Bagella *et al.*, 2010).

De acordo com Ghosn *et al.* (2010), a possível presença frequente de espécies do género *Isoetes* na vegetação do charco temporário estudado é indicadora de que a sua existência na região tem sido estável e duradoura.

2. 2. DELINEAMENTO DO ESTUDO DA VEGETAÇÃO POTENCIAL E REAL

No charco temporário do Mirouço, de forma elipsóide e com uma área aproximada de 0,44 ha, foi delimitado um transecto dividido em quadrados contíguos com a área de 1 m² cada. Este transecto (B) dispôs-se desde a periferia Oeste do charco até à periferia Este, atravessando o charco na sua maior largura (Rhazi *et al.*, 2001; Bernhardt *et al.*, 2008), que foi de 68 m (Figura 16).

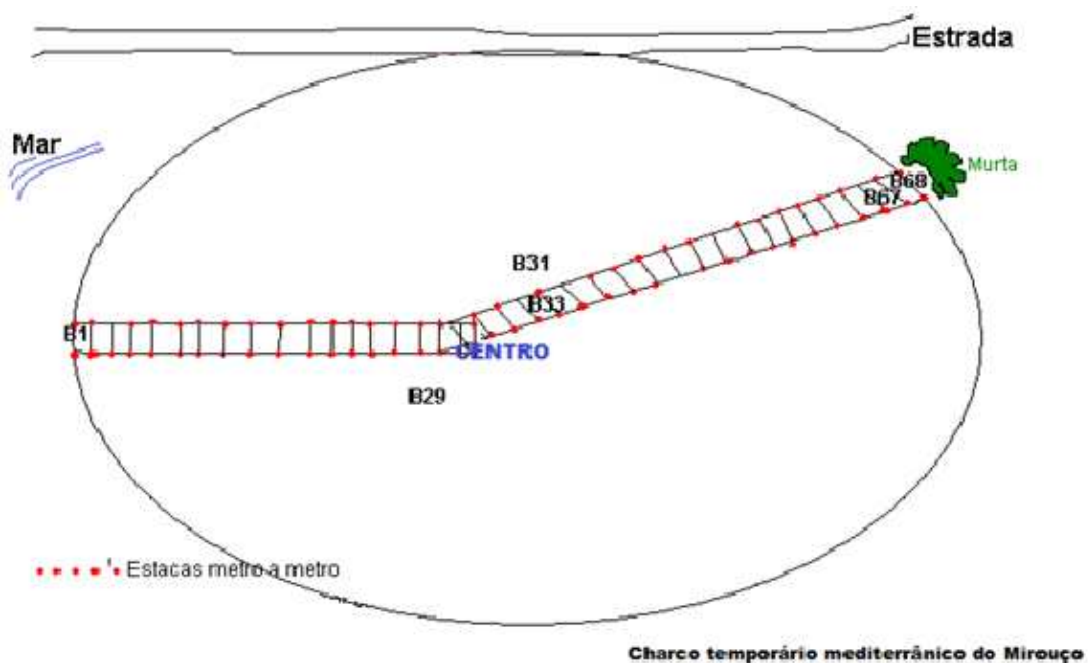


Figura 16. Esquema do charco temporário mediterrânico do Mirouço e disposição do transecto.

Este transecto foi convenientemente identificado, tendo as quadrículas de 1 m² sido marcadas de forma permanente com pregos de ferro pintados com cor encarnada, para melhor facilitar a sua identificação; estes foram dispostos no solo de modo a definir os quatro cantos de cada uma das quadrículas, com área de 1 m².

Com base neste transecto, foi realizado um perfil topográfico do charco temporário que se apresenta na figura 17. Estes dados foram obtidos com recurso a um equipamento GPS (Trimble 4700 RTK, USA).

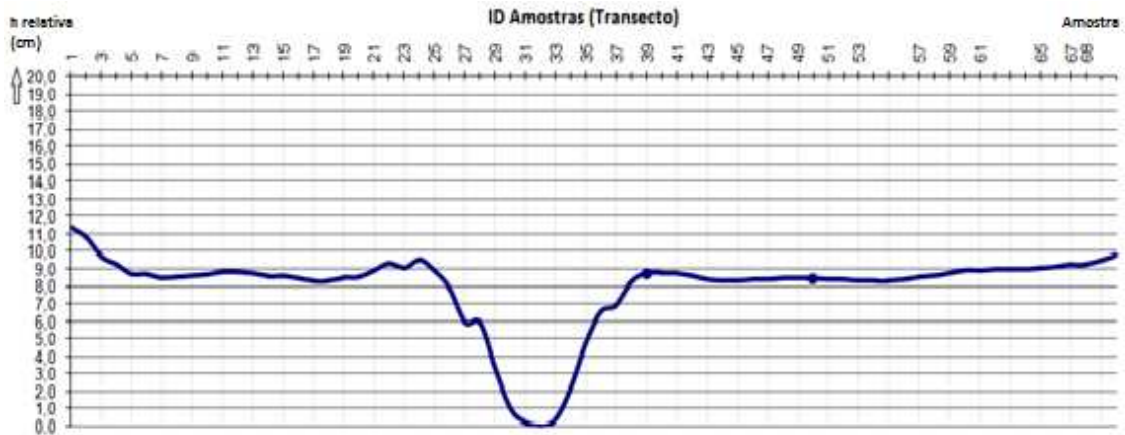


Figura 17. Esquema do perfil do charco temporário mediterrânico do Mirouço.

De modo a avaliar o banco de esporos do género *Isoetes* no charco temporário em estudo, procedeu-se à recolha de amostras de solo no início do Outono de 2007, antes do início do enchimento do charco, com a finalidade de aferir a abundância e distribuição espacial dos esporos de cada uma das três espécies do género *Isoetes* estudadas no local. Na Primavera do ano seguinte, procedeu-se à avaliação da percentagem de cobertura com vista à determinação de densidades de indivíduos das três espécies, para avaliação da cobertura real. De seguida, descrevem-se estas etapas.

2. 2. 1. ESTUDO DA VEGETAÇÃO POTENCIAL: BANCO DE ESPOROS

De acordo com Espírito-Santo & Arsénio (2005), a resiliência do habitat perante a variação da precipitação e perante outras perturbações naturais e antrópicas, é assegurada pelo banco de sementes no sedimento. Um conhecimento aprofundado sobre as pteridófitas alvo de estudo, ao nível da densidade e distribuição no banco do solo, revela-se essencial para que se possa entender a dinâmica das espécies estudadas (Dyer & Lindsay, 1992).

A primeira etapa do estudo do banco de esporos realizou-se no mês de Outubro do ano de 2007, antes das primeiras chuvas de Outono, altura do ano após a qual o período de produção de esporos já se encontra concluído, estando as comunidades de vegetação em período de dormência (Rhazi *et al.*, 2001; Aponte *et al.*, 2010). Esta etapa consistiu na recolha de amostras verticais de solo no charco temporário estudado, sendo as amostras de solo retiradas no centro de quadrículas alternadas do transecto (Rhazi *et al.*, 2001; Ramírez-Trejo *et al.*, 2004) com recurso a uma sonda com as medidas de 5 cm de diâmetro e 20 cm de profundidade.

Não há, na bibliografia consultada, referência da presença de esporos numa profundidade superior aos 5 cm, no entanto, de 10 em 10 quadrículas, isto é, de 5 em 5 amostragens ao longo do transecto, recolheram-se amostras até à profundidade de 10 cm, de modo a confirmar esta questão no local de estudo.

Após a recolha, cada amostra foi seccionada em fatias de 0 a 3 cm, de 3 a 5 cm e de 5 a 10 cm (quando esta se aplicava). As amostras de solo foram colocadas em sacos previamente identificados e transportadas para o laboratório, onde foram secas e armazenadas até serem analisadas (Rhazi *et al.*, 2001; Aponte *et al.*, 2010).

2. 2. 1. 1. CRIVAGEM

Para a escolha das medidas de malha de cada crivo, efectuou-se uma revisão bibliográfica de modo a determinar qual o diâmetro de esporos esperado para cada espécie estudada. Sendo assim, com base na referida revisão bibliográfica, chegou-se às seguintes medidas de diâmetro (Tabela 3):

Tabela 3. Diâmetros para esporos das três espécies estudadas, de acordo com a bibliografia.

Medidas de Esporos segundo diferentes autores	Ø Malha do crivo utilizado
<i>I. setaceum sensu</i> Castroviejo <i>et al.</i> (1986): 560 µm - 580 µm	560 µm
<i>I. setaceum sensu</i> Grillas (2004b): 400 µm - 900 µm	
<i>I. setaceum sensu</i> Valdés <i>et al.</i> (1987): 550 µm - 600 µm	
<i>I. setaceum sensu</i> Valentine & Moore (1992): 440 µm - 580 µm	
<i>I. histrix sensu</i> Castroviejo <i>et al.</i> (1986): 450 µm - 490 µm	425 µm
<i>I. histrix sensu</i> Grillas (2004b): (350) 400 µm - 600 µm	
<i>I. histrix sensu</i> Franco (1971): 400 µm - 560 µm	
<i>I. histrix sensu</i> Valdés <i>et al.</i> (1987): 450 µm - 500 µm	
<i>I. histrix sensu</i> Valentine & Moore (1992): 360 µm - 560 µm	
<i>I. velatum sensu</i> Castroviejo <i>et al.</i> (1986): 325 µm - 470 µm	300 µm
<i>I. velatum sensu</i> Grillas (2004b): 400 µm - 500 µm	
<i>I. velatum sensu</i> Franco (1971): 420 µm - 580 µm	
<i>I. velatum sensu</i> Valdés <i>et al.</i> (1987): 325 µm - 480 µm	
<i>I. velatum sensu</i> Valentine & Moore (1992): 300 µm - 480 µm	

Deste modo, com base na informação obtida na tabela 3, optou-se pela utilização dos crivos com as medidas de 710 μm , 560 μm , 425 μm e 300 μm para a retenção de esporos das três espécies durante a realização da crivagem de amostras em laboratório (Tabela 4).

Tabela 4. Selecção de medidas de crivo a utilizar segundo os diâmetros de esporos de *Isoetes setaceum*, *I. histrix* e *I. velatum*, de acordo com a revisão bibliográfica (Castroviejo, *et al.*, 1986; Grillas, 2004b).

Medidas de Crivo utilizadas	Previsão de resultados da crivagem
710 μm	Retenção de algum <i>I. setaceum sensu</i> Grillas (2004b)
560 μm	Retenção de maior parte do <i>I. setaceum sensu</i> Castroviejo <i>et al.</i> (1986) e algum <i>I. histrix sensu</i> Grillas (2004b)
425 μm	Retenção da maioria do <i>I. histrix sensu</i> Castroviejo <i>et al.</i> (1986). Esperado também algum <i>I. velatum</i> e algum <i>I. setaceum sensu</i> Grillas (2004b)
300 μm	Retenção de maior parte do <i>I. velatum sensu</i> Castroviejo <i>et al.</i> (1986). Algum <i>I. histrix sensu</i> Grillas (2004b) N.º mínimo de esporos de <i>I. setaceum sensu</i> Grillas (2004b)

O crivo de 710 μm foi utilizado essencialmente para auxiliar a reter e eliminar sementes de outras espécies, biomassa vegetal e detritos contidos nas amostras. Com base na revisão bibliográfica para o diâmetro dos esporos, utilizando esta medida de crivo seria expectável que a grande maioria dos esporos de *I. setaceum*, *I. histrix* e *I. velatum* não ficassem retidos, se bem que, de acordo com Grillas (2004b), seria provável encontrar alguns esporos da espécie *I. setaceum* retidos neste crivo com diâmetro de malha de 710 μm .

Os crivos de 560 μm , 425 μm e 300 μm foram escolhidos, em primeira mão, tomando como base as medidas da Flora Ibérica por se considerarem mais fiáveis, devido sobretudo à relação de proximidade geográfica com o local amostrado, contudo foram também tomadas em conta as medidas de Grillas *et al.* (2004b), pela

possibilidade de que os esporos das várias espécies pudessem aparecer residualmente noutros crivos.

As amostras de solo recolhidas foram posteriormente crivadas no laboratório (NemaLab/ICAAM, Universidade de Évora) por crivagem húmida. Após a crivagem, cada amostra foi colocada a secar na estufa a 37 °C durante 24h, sendo de seguida armazenada em saco de papel devidamente identificado.

2. 2. 1. 2. CONTAGENS DE ESPOROS

Após esta etapa de laboratório, procedeu-se à contagem de esporos viáveis (Figura 18). A identificação dos esporos das espécies do género *Isoetes* recolhidas foi realizada recorrendo a bibliografia adequada, nomeadamente à Flora Ibérica. As contagens de esporos foram feitas com recurso à ampliação de uma lupa binocular *Olympus SZ40*.



Figura 18. Aspecto de amostra processada com esporos de *Isoetes* em placa de contagem.

2. 2. 2. ESTUDO DA VEGETAÇÃO REAL

Segundo Rosselló-Graell (2003), o período de amostragem deve corresponder à máxima diversidade, que se verifica na Primavera. Assim, o estudo da vegetação real realizou-se em Maio de 2008, quando a vegetação apresentava o máximo do seu desenvolvimento (Figura 19).



Figura 19. Charco temporário do Mirouço: aspecto geral da área de estudo no mês de Abril.

Neste estudo, procedeu-se ao levantamento do grau de cobertura das três espécies (*Isoetes velatum*, *I. setaceum* e *I. histrix*) através da determinação de densidades, repetida por três vezes e sendo realizada por extrapolação em 1/10 de cada um das quadrículas, nas quais anteriormente se tinha recolhido amostra de solo.

A identificação das espécies vegetais foi realizada recorrendo a bibliografia adequada, nomeadamente a Franco (1971) e Castroviejo *et al.* (1986).

De acordo com Bunn *et al.* 1997, a avaliação da influência do regime hídrico nestes habitats pode ser descrita pela profundidade, duração e frequência do

encharcamento e também pela velocidade de secagem. Neste estudo efectuou-se a monitorização mensal (entre Novembro e Maio) do período de encharcamento, tendo sido colocado na zona mais profunda do charco temporário (considerada como centro) uma régua, marcada de forma visível com uma escala unitária em centímetros, que permitiu leituras da altura da coluna de água. Foi também registada a distância de encharcamento.

2. 3. ANÁLISE DOS DADOS

Para realização das análises estatísticas das variáveis estudadas, foi considerada a utilização do software SPSS para Windows 16. Numa primeira abordagem à análise dos dados verificou-se a sua não normalidade (testes de *Kolmogorov-Smirnov* e de *Shapiro-Wilk*) e a falta de homogeneidade de variâncias (teste de *Levene*). Estes dois factos obrigaram-nos à utilização de métodos de análise estatística não paramétrica para a análise dos dados. Assim, para procurar diferenças na distribuição de plantas e de esporos de cada uma das três espécies do género *Isoetes* (*I. velatum*, *I. setaceum* e *I. hystrix*) nas três zonas de humidade que subdividem o charco temporário neste estudo (cintura periférica, cintura intermédia e centro), foi efectuada uma ANOVA simples não paramétrica (teste de *Kruskal-Wallis*). Devido ao facto de não se verificar homogeneidade de variâncias, a influência da duração do período de inundação na distribuição dos esporos e plantas do género *Isoetes* foi posteriormente investigada, efectuando comparações múltiplas das médias, através do teste de análise estatística não paramétrica de *Spearman*. Este teste não paramétrico foi utilizado de modo a estudar diferenças estatisticamente significativas e avaliar a magnitude de correlações entre as variáveis zonas de humidade e as variáveis esporos e plantas das três espécies estudadas.

3. RESULTADOS

3. RESULTADOS

3. 1. AVALIAÇÃO DO AJUSTAMENTO DAS DIMENSÕES DOS ESPOROS DAS TRÊS ESPÉCIES ESTUDADAS, RELATIVAMENTE ÀS QUE SE ENCONTRAM PUBLICADAS NA LITERATURA ESPECIALIZADA

Após a crivagem das amostras em laboratório, verificou-se que no crivo de 710 μm houve uma retenção muito reduzida de esporos do género *Isoetes*, sendo este útil sobretudo para a retenção de objectos externos ao estudo, tais como resíduos vegetais, areias e cascalho de granulometria superior à medida do crivo referido.

Durante a identificação e contagem das amostras de solo colectadas, confirmou-se a presença das 3 espécies do género *Isoetes* esperadas, *I. setaceum*, *I. histrix* e *I. velatum*.

No material retido no crivo de medida de diâmetro de 560 μm , observou-se maior concentração de esporos de *Isoetes setaceum* (Figura 20) e uma minoria de esporos de *I. histrix*.



Figura 20. Esporos da espécie *Isoetes setaceum* recolhidos no charco temporário mediterrânico estudado.

No material retido no crivo de 425 μm verificou-se que a maioria dos esporos pertencia à espécie *Isoetes hystrix* (Figura 21), encontrando-se também alguns esporos de *I. velatum* e de *I. setaceum*.



Figura 21. Esporos da espécie *Isoetes hystrix* recolhidos no charco temporário mediterrânico estudado.

Por último, verificou-se que no crivo com diâmetro de 300 μm foi retida a maior parte dos esporos de *I. velatum* (Figura 22). Verificou-se ainda a presença residual de esporos de *I. hystrix* e de *I. setaceum*.



Figura 22. Esporos da espécie *Isoetes velatum* recolhidos no charco temporário mediterrânico estudado.

3. 2. DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA VERTICAL DO BANCO DE ESPOROS DE CADA ESPÉCIE ESTUDADA

No charco temporário, verificou-se que no intervalo de profundidade [0-5] cm a espécie *Isoetes setaceum* apresentou o valor de 1028 esporos/m² de densidade média, enquanto a espécie *Isoetes histrix* registou 19 esporos/m² e a espécie *Isoetes velatum* apresentou 1247 esporos/m² (Figura 23). Relativamente ao intervalo de profundidade [5-10] cm, a densidade média para a espécie *Isoetes setaceum* atingiu o valor de 182 esporos/m², enquanto a espécie *Isoetes histrix* registou 11 esporos/m² e a espécie *Isoetes velatum* apresentou 244 esporos/m².

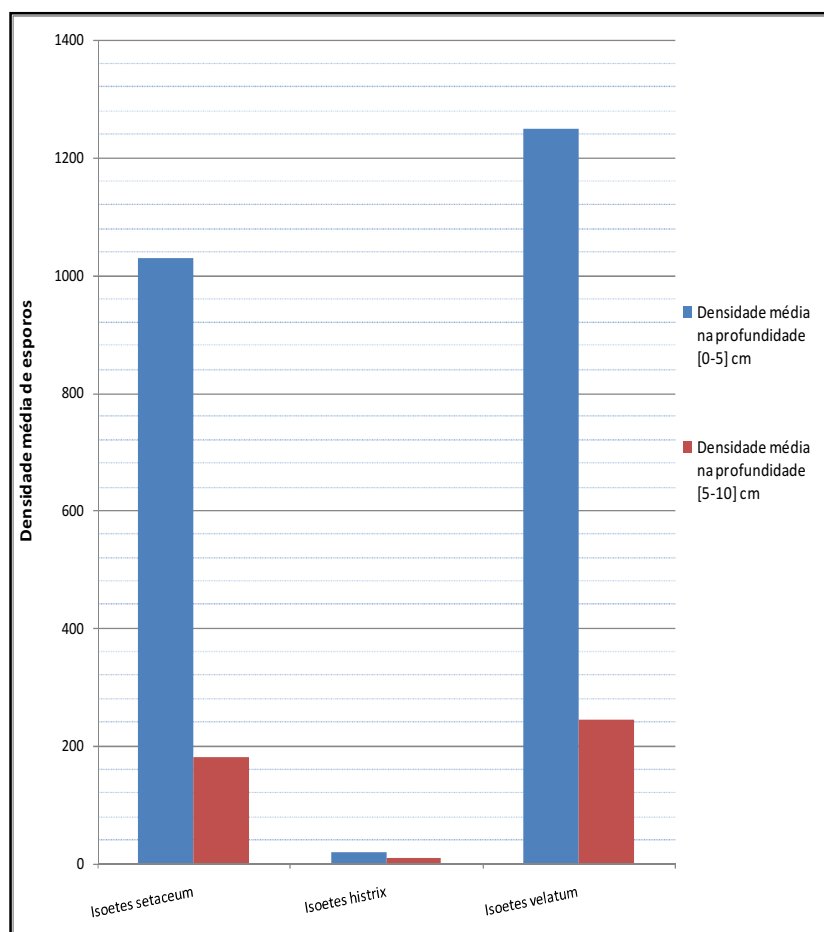


Figura 23. Representação gráfica das diferenças na estrutura vertical do banco de esporos para as três espécies do género *Isoetes*, nos intervalos de profundidade de [0-5] cm e [5-10] cm, no charco temporário mediterrânico do Mirouço.

Ainda com base na figura 23, verificou-se que existem diferenças relativamente à densidade média de esporos no charco temporário estudado, sendo a da espécie *I. hystrix* significativamente mais baixa quando em comparação com as densidades médias das outras duas espécies estudadas, *I. setaceum* e *I. velatum*.

Para *Isoetes setaceum* e *I. velatum* a diferença entre a densidade de esporos nas profundidades 0-5 e 5-10 cm são evidentes. No entanto, no caso da espécie *I. hystrix*, verifica-se que não existem variações expressivas entre as densidades dos esporos nas duas profundidades.

3. 3. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE E VARIABILIDADE ESPACIAL DE ESPOROS NO SOLO PARA CADA ESPÉCIE ESTUDADA, AO LONGO DE UM GRADIENTE DE HUMIDADE

Na figura 24 apresenta-se a variação das densidades de esporos das três espécies do género *Isoetes*, resultado da contagem integral dos esporos nas amostras processadas.

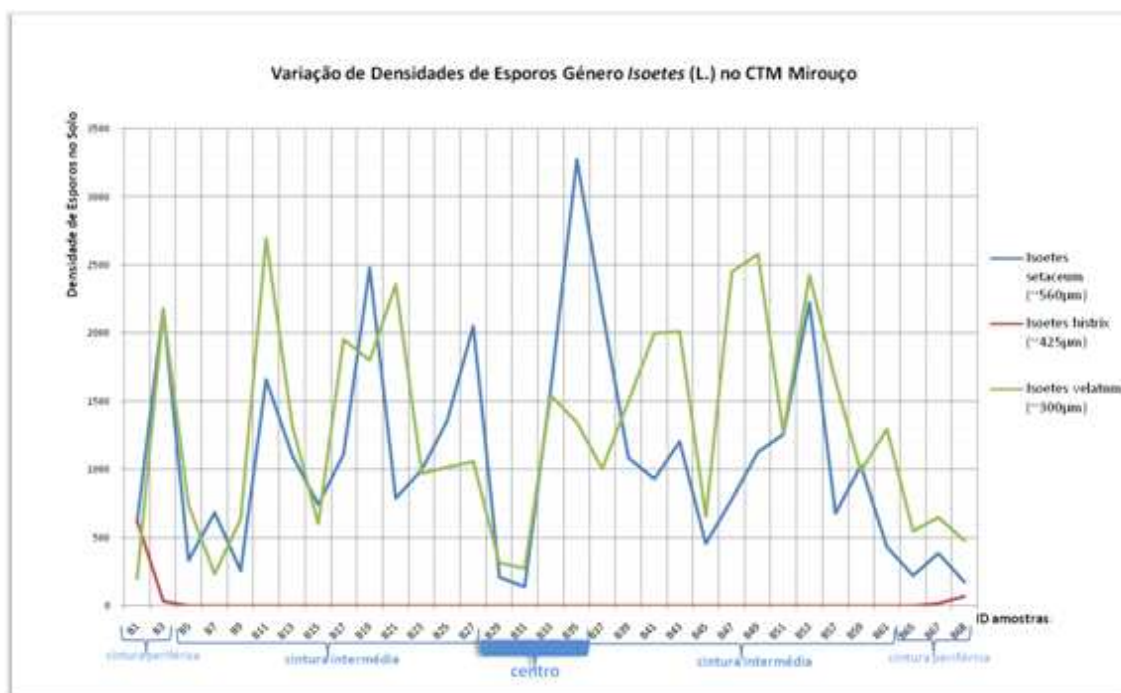


Figura 24. Representação da variação das densidades de esporos do género *Isoetes* L. no charco temporário mediterrânico do Mirouço.

Para a espécie *Isoetes histrix* observou-se baixa densidade de esporos no local de estudo, registando-se a sua presença apenas no início e final do transecto, ou seja, nas zonas correspondentes à periferia do charco temporário, afecta à zona de transição seco/húmido. Verifica-se também, que as densidades dos esporos de *I. setaceum* e *I. velatum* sofrem algumas variações ao longo do transecto que atravessa o charco, sendo coincidente um decréscimo das densidades de esporos de ambas na periferia, zona de transição para a envolvente do charco onde raramente se regista altura na coluna de água, e no centro, onde se regista a altura máxima da coluna de água.

Na figura 25 apresenta-se um diagrama com os resultados das densidades médias de esporos de *Isoetes*, ilustrativo da presença de cada espécie estudada ao longo do gradiente de humidade e nas diferentes cinturas do charco temporário identificadas - periférica, intermédia e central.

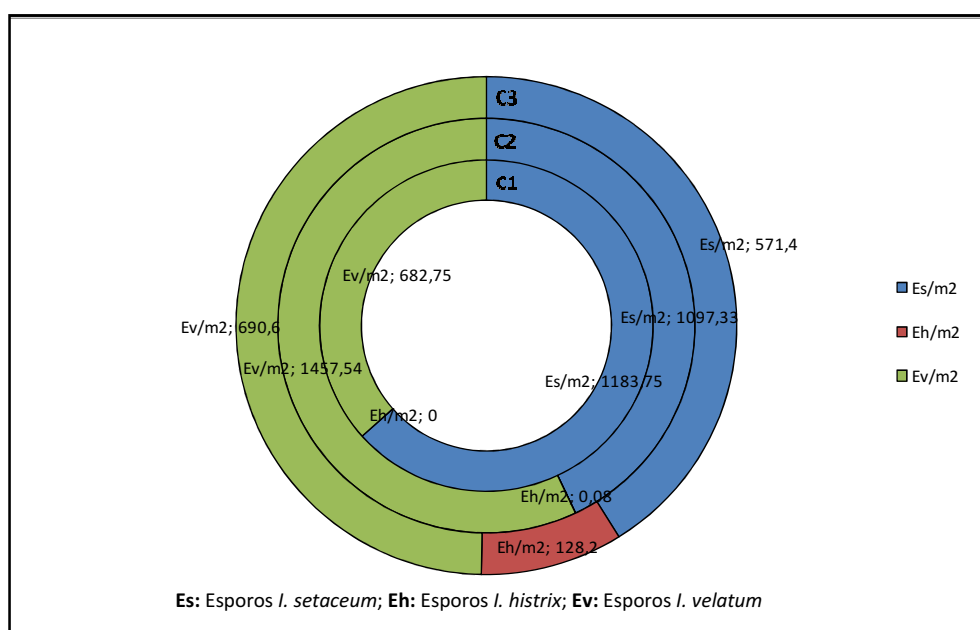


Figura 25. Densidades médias / m² de esporos de cada uma das 3 espécies do género *Isoetes* estudadas, na cintura periférica (C3), cintura intermédia (C2) e centro (C1) do charco temporário; esporos de *Isoetes setaceum* (Es); esporos de *I. histrix* (Eh); esporos de *I. velatum* (Ev).

Pela análise de redundância à variância das três espécies (Figura 26), pôde verificar-se que o eixo da variável C3 (cintura periférica) corresponde com exactidão à densidade de esporos de *Isoetes histrix* (Eh), verificando-se também que a variável C2 (cintura intermédia) apresenta uma correspondência forte com a densidade de esporos da espécie *I. velatum* (Ev) e que o eixo da variável C1 (centro) apresenta tendência ligeiramente aproximada à densidade de esporos de *I. setaceum*.

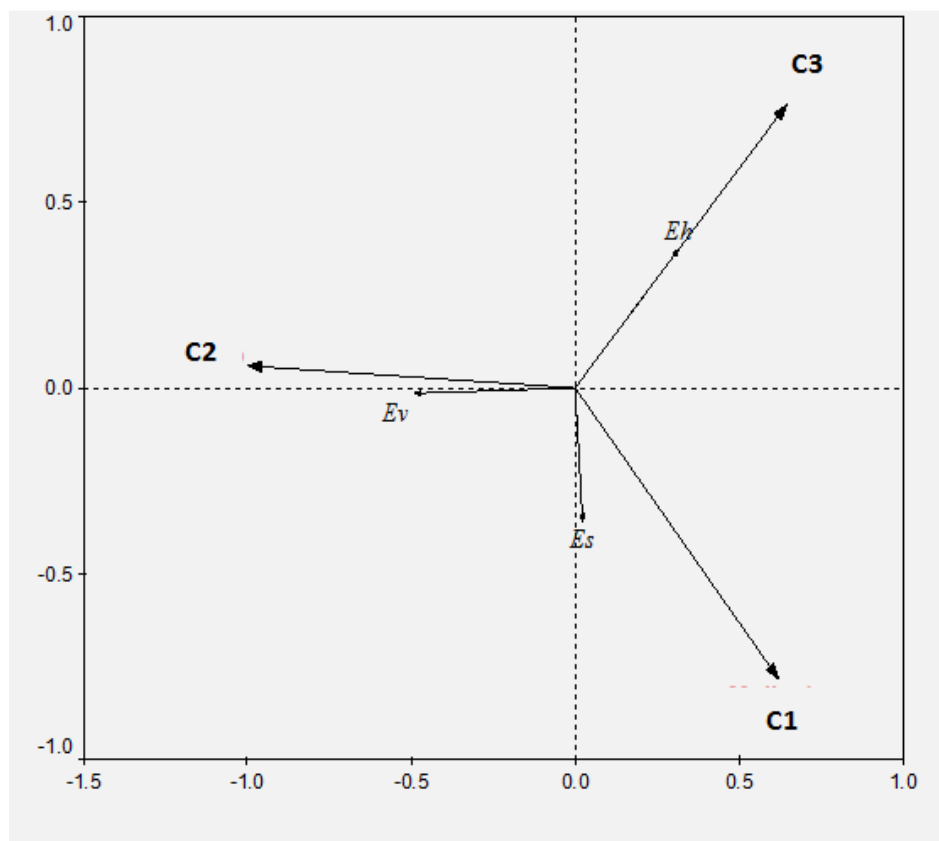


Figura 26. Análise de redundância (RDA) relativa a Esporos vs. gradiente de humidade. Cinturas periférica (C3), intermédia (C2) e centro (C1); esporos de *Isoetes setaceum* (Es); esporos de *I. histrix* (Eh); esporos de *I. velatum* (Ev).

3. 4. COMPARAÇÃO DA ESTRUTURA DO BANCO DE ESPOROS COM A DA VEGETAÇÃO REAL PARA CADA UMA DAS TRÊS ESPÉCIES

Na tabela 5 apresentam-se os resultados para a densidade média do banco de esporos e plantas de *Isoetes setaceum*, *I. histrix* e *I. velatum* estudados.

Tabela 5. Densidade média do banco de esporos e plantas das três espécies estudadas.

Espécies	Variáveis	Densidade média / m ²
<i>Isoetes setaceum</i>	Esporos (Es)	1028,1 ± 130,8
	Plantas (Ps)	687,9 ± 90,4
<i>Isoetes histrix</i>	Esporos (Eh)	19,5 ± 16,6
	Plantas (Ph)	34,9 ± 20,6
<i>Isoetes velatum</i>	Esporos (Ev)	1247,4 ± 127,2
	Plantas (Pv)	668,2 ± 92,7

Estabelecendo a comparação entre a variação das densidades de esporos e plantas para as três espécies estudadas no charco temporário, verificou-se que a densidade média de esporos de *Isoetes setaceum* presentes no solo foi superior em cerca de 33% à densidade média de plantas desta espécie germinadas na área de estudo. Quanto à espécie *I. velatum*, verificou-se que a densidade média de esporos no solo foi superior em cerca de 46% à densidade de plantas desta espécie. Por outro lado, relativamente à espécie *I. histrix* verificou-se o inverso, sendo a densidade média de plantas germinadas na área de estudo superior em cerca de 44% à densidade de esporos desta espécie encontrados no solo.

A figura 27 apresenta a diferença entre as densidades de esporos e de plantas da espécie *Isoetes setaceum* no charco temporário mediterrânico, ao longo do gradiente de humidade. Verificou-se que as densidades de esporos de *I. setaceum* em cada uma das três faixas - cintura periférica, cintura intermédia e centro – são mais elevadas que as densidades de plantas da mesma espécie.

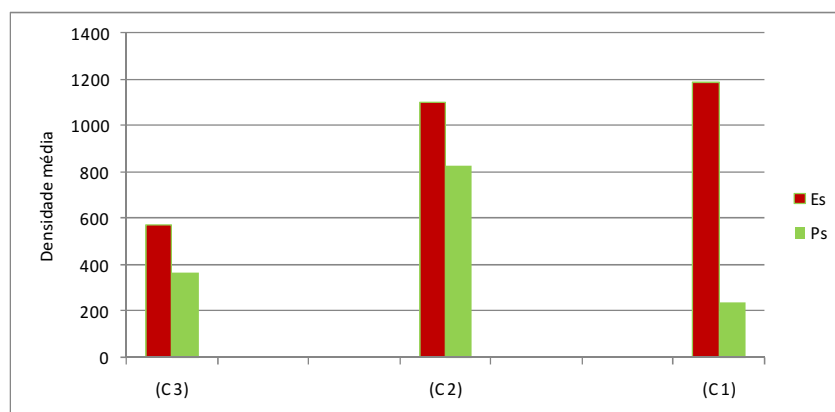


Figura 27. Densidades de esporos (Es) e de plantas (Ps) de *Isoetes setaceum* no charco temporário mediterrânico do Mirouço (cintura periférica (C3), cintura intermédia (C2) e centro (C1)).

Podemos, igualmente, verificar que os esporos se encontram distribuídos ao longo do gradiente de humidade do charco temporário, mas a densidade média de esporos vai aumentando da periferia para o centro. No entanto, a densidade de plantas só acompanha esta tendência nas cinturas periférica e intermédia. No centro do charco, apesar de se registar o número mais elevado de esporos colectados, estes não corresponderam a um número elevado de plantas de *Isoetes setaceum*, registando-se aqui a maior diferença entre a vegetação real e a potencial, sendo a densidade de esporos superior em cerca de 5 vezes relativamente à densidade de plantas de *I. setaceum*.

Quanto à espécie *Isoetes histrix*, apenas se verificou a sua presença na cintura periférica (figura 28), onde apresentou uma densidade de plantas quase duas vezes superior à densidade de esporos, ao inverso da razão registada para a espécie anterior.

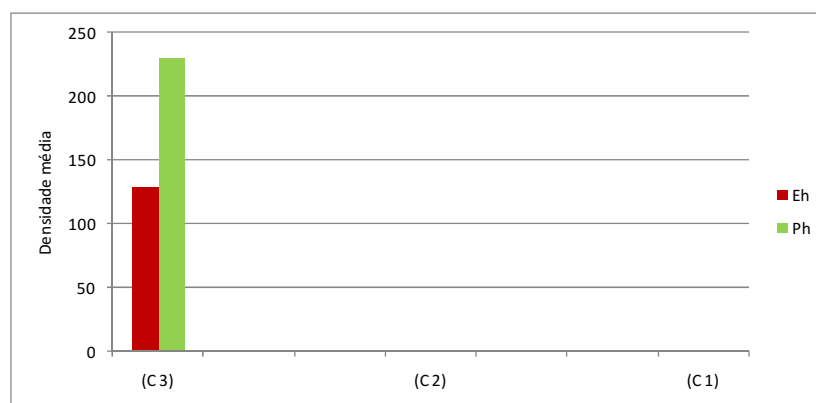


Figura 28. Densidade de esporos (Eh) e de plantas (Ph) de *Isoetes histrix* no charco temporário mediterrânico do Mirouço (cintura periférica (C3), cintura intermédia (C2) e centro (C1)).

Em relação à espécie *Isoetes velatum* (figura 29), verificou-se também uma diferença entre as densidades de esporos e de plantas da espécie ao longo do gradiente de humidade, sendo esta diferença menor na cintura intermédia, onde esta espécie é mais abundante. Na cintura periférica e centro do charco temporário, observou-se razão semelhante entre o banco de esporos e a vegetação real da espécie, sendo notado nas duas áreas uma densidade de esporos superior, em cerca de 3 vezes, à densidade de plantas de *I. velatum*.

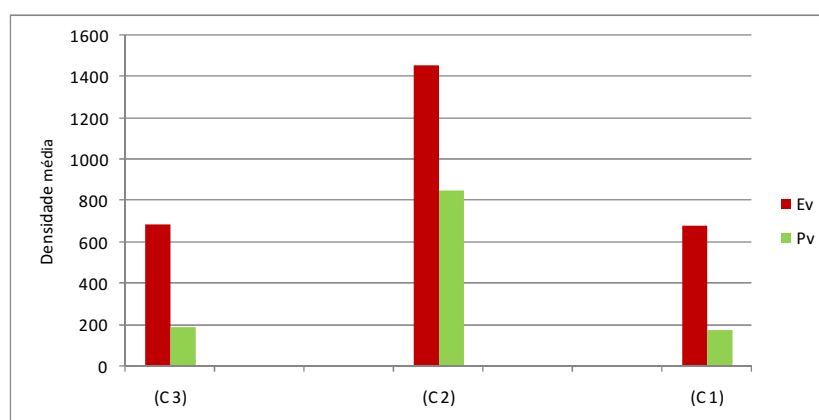


Figura 29. Densidade de esporos (Ev) e de plantas (Pv) de *Isoetes velatum* no charco temporário mediterrânico do Mirouço (cintura periférica (C3), cintura intermédia (C2) e centro (C1)).

Através da utilização da correlação de *Spearman*, foi possível constatar que existe uma correlação positiva entre as densidades de esporos de *Isoetes histrix* (Eh) e as densidades de plantas de *I. histrix* (Ph) ($\rho = 0,653$; $p < 0,05$). Apurou-se também um resultado de correlação positiva entre as densidades de esporos de *I. velatum* (Ev) e as densidades de plantas de *I. velatum* (Pv) ($\rho = 0,425$; $p < 0,05$). Verificou-se ainda que não existe correlação entre as densidades de esporos de *I. setaceum* (Es) e as densidades de plantas da mesma espécie (Ps) ($\rho = 0,179$; $p = 0,32$).

Pelo valor de coeficiente de correlação de *Spearman* de 0,794 ($p < 0,05$), verificou-se que existe correlação positiva entre as densidades de plantas de *I. setaceum* (Ps) e as densidades de plantas *I. velatum* (Pv), havendo também correlação positiva ($\rho = 0,630$; $p < 0,05$) entre as densidades de esporos de *I. setaceum* (Es) e as densidades de esporos *I. velatum* (Ev). Por outro lado, registaram-se correlações negativas entre Ph e Pv ($\rho = - 0,294$; $p < 0,05$) e também entre Ph e Ps ($\rho = - 0,017$; $p < 0,05$).

Pela análise de redundância, representada na figura 30, pôde verificar-se uma elevada correspondência entre esporos e plantas de *Isoetes velatum*, verificando-se também uma correlação aproximada entre os esporos *I. histrix* e as plantas da mesma espécie. Por outro lado, não se verificou qualquer correlação entre os esporos e as plantas de *I. setaceum*.

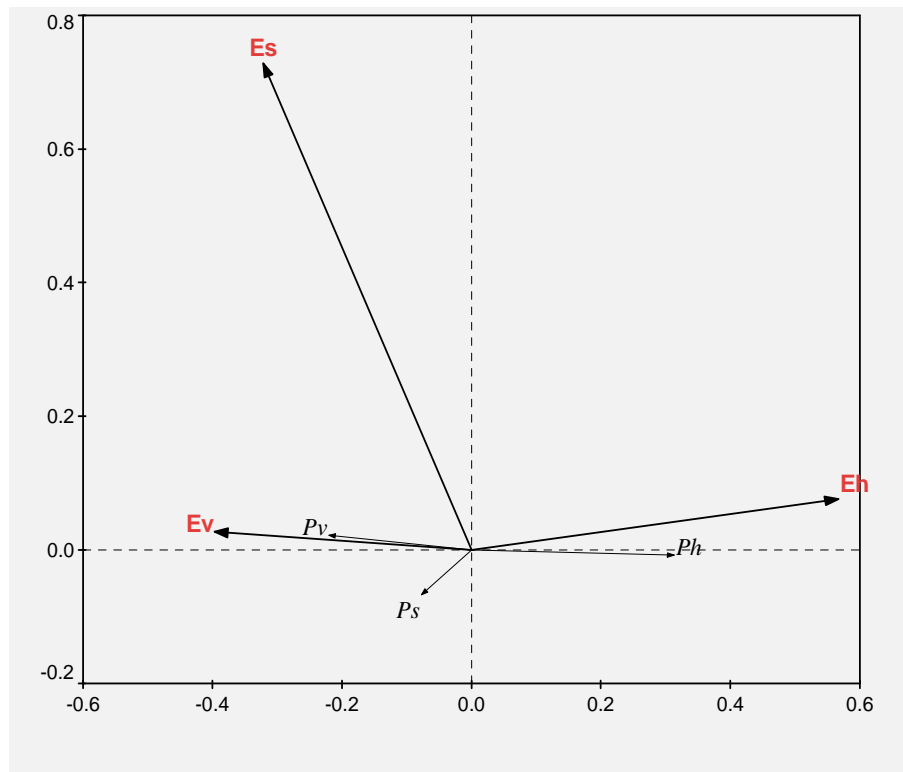


Figura 30. Análise de redundância (RDA) relativa a Plantas vs. esporos das três espécies (Zonas_humid covar); esporos (Es) e plantas (Ps) de *Isoetes setaceum*; esporos (Eh) e plantas (Ph) de *I. histrix*; esporos (Ev) e plantas (Pv) de *I. velatum*.

3. 5. AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE ENCHARCAMENTO NA DISTRIBUIÇÃO DOS ESPOROS E PLANTAS DAS TRÊS ESPÉCIES ESTUDADAS

Foi efectuada uma ANOVA simples não paramétrica (teste de *Kruskal-Wallis*), de modo a procurar diferenças na distribuição de plantas e de esporos de cada uma das três espécies de *Isoetes* nas três zonas de humidade consideradas para este estudo. Os resultados dessa análise indicam haver diferenças entre a distribuição de *Isoetes histrix* e *I. velatum* em cada uma das zonas, tanto no que diz respeito às plantas como aos esporos (teste de significância de Monte Carlo: $p_{PH} = 0,02$; $p_{PV} = 0,05$; $p_{EH} = 0$; $p_{EV} = 0,014$, respectivamente).

Utilizou-se posteriormente a correlação de *Spearman* para a avaliação da influência da duração do período de encharcamento na distribuição dos esporos e plantas das três espécies estudadas. Observou-se uma correlação muito positiva entre os esporos de *Isoetes histrix* e a cintura periférica ($\rho = 0,917$; $p < 0,01$), havendo também uma correlação positiva entre as plantas desta espécie e a cintura periférica ($\rho = 0,747$; $p < 0,01$). Ainda relativamente à espécie *I. histrix*, verificaram-se correlações negativas dos seus esporos e plantas com a cintura intermédia e o centro do charco temporário estudado, confirmando que esta espécie nunca foi encontrada nas áreas com maior permanência de água (na cintura intermédia ou no centro).

Verificou-se que a quantidade de plantas da espécie *Isoetes setaceum* (Ps) está positivamente correlacionada com a cintura intermédia ($\rho = 0,409$; $p < 0,05$). Constatou-se ainda que esporos e plantas desta espécie apresentam correlação negativa com a cintura periférica. Quanto à espécie *Isoetes velatum*, quer as suas plantas, quer os seus esporos, estão positivamente correlacionados com a cintura intermédia ($\rho = 0,528$; $p < 0,01$ e $\rho = 0,493$; $p < 0,01$, respectivamente) e negativamente com a cintura periférica ($\rho = -0,355$; $p < 0,05$ e $\rho = -0,445$; $p < 0,01$).

Com base na análise de redundâncias (figura 31) verificou-se também que o centro (C1) do charco temporário não se correlaciona com nenhuma das outras variáveis.

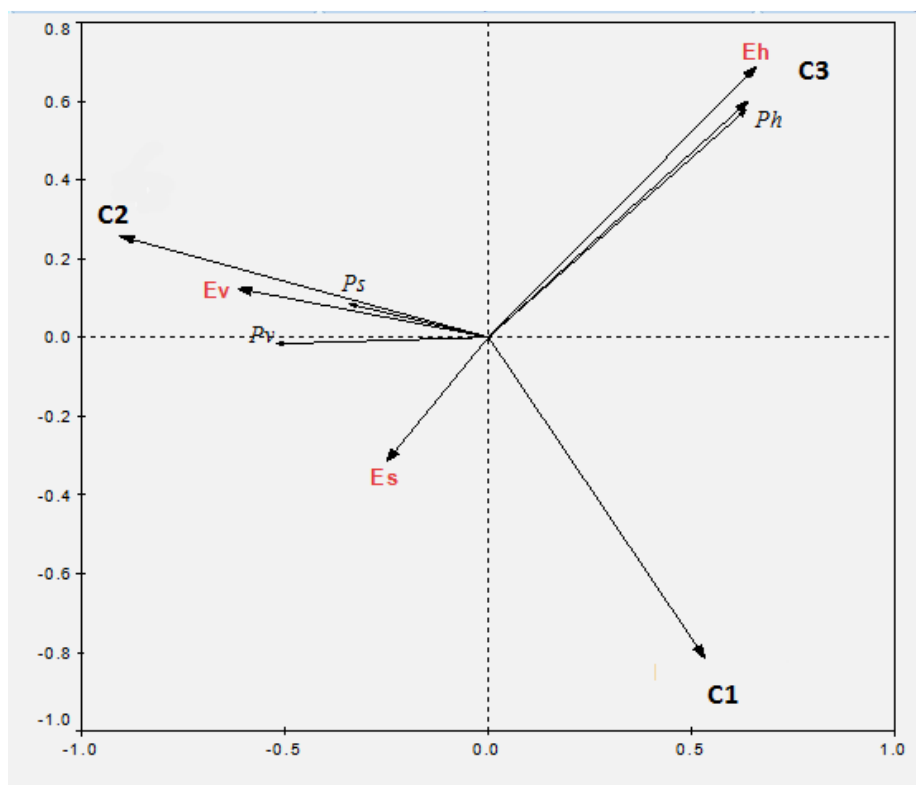


Figura 31. Análise de redundância (RDA) relativa a Esporos e Plantas das três espécies vs. Zonas humidade (cintura periférica (C3), cintura intermédia (C2) e centro (C1)).

Os resultados da análise da distribuição demonstram existirem diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as quantidades de esporos de *Isoetes velatum* presentes nas zonas de humidade C3 (cintura periférica) e C2 (cintura intermédia), e também entre as quantidades de plantas da mesma espécie presentes nas zonas de humidade C2 e C1.

4. DISCUSSÃO

4. DISCUSSÃO

4. 1. AJUSTAMENTO DAS DIMENSÕES DOS ESPOROS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

Os resultados obtidos através do processamento das amostras sugerem que a escolha de crivos para a separação de diásporos se revelou adequada, separando as espécies consoante as medidas de diâmetro dos esporos descritas em Castroviejo *et al.* (1986). Assim, verificou-se uma boa correspondência entre os resultados esperados e os resultados obtidos, ou seja, os esporos de cada uma das espécies ficaram, na sua maior parte, retidos no crivo de malha inferior ao diâmetro do seu esporo - *Isoetes setaceum* retido no crivo 560 μm ; *I. histrix* no crivo 425 μm ; *I. velatum* no 300 μm . Confirmou-se também a probabilidade muito reduzida para a retenção de esporos de qualquer uma das três espécies no crivo de 710 μm .

A figura 32 ilustra as diferenças a nível morfológico entre os esporos das três espécies estudadas, *Isoetes velatum* (a), *Isoetes histrix* (b) e *Isoetes setaceum* (c). Chama-se a atenção para o facto de o esporo representar, no género *Isoetes*, um dos caracteres taxonómicos mais importantes para a identificação das espécies.



Figura 32. Esporos das espécies estudadas: *Isoetes velatum* (a), *Isoetes histrix* (b) e *Isoetes setaceum* (c).

4. 2. ESTRUTURA VERTICAL DO BANCO DE ESPOROS DE CADA ESPÉCIE ESTUDADA

No que toca à estrutura vertical do banco de esporos, os resultados obtidos mostraram que entre os 5 e 10 cm de profundidade existe marcadamente menor densidade média de esporos do género *Isoetes*, em comparação com a que existe entre os 0 e 5 cm de profundidade, podendo constatar-se que a dimensão do banco de esporos diminuiu expressivamente com a profundidade, para as três espécies estudadas. Verificou-se assim que a maior parte do banco de esporos destas três espécies se encontra no intervalo de profundidade entre os 0 e 5 cm. Isto vem confirmar os resultados obtidos por outros autores (Grillas *et al.*, 1993; Bonis & Lepart, 1994; Bonis & Grillas, 2002; Ramírez-Trejo *et al.*, 2004; Espinar & Clemente, 2007), de acordo com os quais a maioria dos diásporos se encontra localizada na camada superficial do solo, até aos 4 cm de profundidade, diminuindo marcadamente nas camadas abaixo, ao longo do perfil vertical. Este facto pode ser simplesmente atribuído ao movimento restritivo descendente dos esporos para as camadas mais profundas do solo (Ramírez-Trejo *et al.*, 2004). Segundo Espinar & Clemente 2007, a distribuição vertical dos esporos ocorre diferenciadamente consoante as dimensões dos esporos de cada espécie. Isto explica o registo de maior densidade de esporos para a espécie *I. velatum* no intervalo entre os 5 e 10 cm de profundidade relativamente às outras duas espécies, devido a esta apresentar um esporo de menores dimensões, com diâmetro entre 325 a 470 µm (Castroviejo *et al.*, 1986) o que lhe permite descer até maiores profundidades pelas fissuras que se abrem no solo dos charcos na estação estival. Estes resultados podem também dever-se à recolha de amostras do banco de diásporos ter sido efectuada numa só data (Rhazi *et al.* 2001; Bagella, *et al.*, 2010), na qual a produção de esporos seria máxima, encontrando-se na sua maioria à superfície do solo. A deslocação dos esporos para as camadas mais profundas do solo poderá não ter sucedido, provavelmente, devido a ainda não terem ocorrido variáveis ambientais que influenciam a descida de esporos no perfil vertical do solo, nomeadamente níveis de precipitação consideráveis (Ramírez-Trejo *et al.*, 2004).

De acordo com Bonis & Lepart (1994) e Bonis & Grillas (2002), outro factor que poderá ter limitado o movimento vertical dos esporos prende-se com a fraca

perturbação do solo por parte de animais, notando-se no local de estudo raros vestígios de pastoreio extensivo por gado ovino. Segundo Bonis & Lepart (1994), uma reduzida actividade de pastoreio favorece a concentração dos diásporos na camada superficial do solo. É importante referir que o pastoreio extensivo conduz a uma influência na camada superior do solo que favorece a mobilização do banco de esporos e conseqüente desenvolvimento das espécies de *Isoetes* (Silva *et al.*, 2009).

4. 3. DENSIDADE E VARIABILIDADE ESPACIAL DE ESPOROS AO LONGO DE UM GRADIENTE DE HUMIDADE

De acordo com Grillas *et al.* (2004a), o hidroperíodo define-se como o período do ano durante o qual o charco temporário contém água. Segundo Aponte *et al.* (2010), o hidroperíodo conjugado com a topografia do charco temporário, produz um gradiente de humidade bem definido que condiciona a disposição do banco de esporos. De acordo com Silva *et al.* (2009), a depressão topográfica do charco temporário conjugada com o elevado teor de argila do solo proporcionam um hidroperíodo longo, que oferece boas condições para o desenvolvimento de espécies como *Isoetes setaceum* e *I. velatum*.

Nos charcos temporários podem distinguir-se três faixas características da vegetação: uma faixa central, submersa por um período de tempo comparativamente mais longo, uma faixa intermédia alagada, inundada por um período menos prolongado, e uma faixa externa onde quase não existe alagamento. No charco temporário estudado as três faixas de diferentes gradientes de humidade, onde se poderia verificar a distribuição das espécies de acordo com a sua tolerância ao alagamento, correspondem respectivamente ao centro (C 1), onde seriam espectáveis espécies de ecologia aquática; à cintura intermédia (C 2), onde seriam esperadas espécies de ecologia anfíbia; à cintura periférica (C 3), onde se poderiam encontrar espécies de ecologia terrestre (Casanova & Brock, 2000; Rhazi *et al.*, 2001; Warwick & Brock, 2003; Rhazi *et al.*, 2006; Aponte *et al.*, 2010; Bagella, *et al.*, 2010). Segundo

Molina (2005), o gradiente de humidade é um factor fundamental para a distribuição das espécies *Isoetes histrix*, *I. setaceum* e *I. velatum* no habitat estudado.

O banco de diásporos é continuamente modificado pelo efeito cumulativo das pressões ambientais, que se traduzem em impactos diferenciados sobre a germinação, desenvolvimento e reprodução das espécies (Brock & Rogers, 1998; Sahib *et al.*, 2009). Considerando a ecologia das espécies estudadas no habitat 3170* e as variáveis ambientais, confirmou-se uma correlação muito forte entre os esporos da espécie *I. histrix* e a cintura periférica, tal como esperado, em virtude de esta ser uma espécie de tipo ecológico terrestre que tolera períodos curtos de encharcamento e ocupa preferencialmente áreas deste habitat raramente submersas (Molina, 2005; Ernandes *et al.* 2010).

Quanto às outras duas espécies estudadas, *Isoetes setaceum* e *I. velatum*, confirmou-se existir correspondência entre os seus esporos e as zonas mais inundadas, tal como era esperado pela sua maior tolerância a períodos mais prolongados de encharcamento (Pinto-Cruz *et al.* 2009). Os resultados da espécie *Isoetes velatum* são consistentes com o que era esperado, pela correlação positiva entre os esporos da espécie *I. velatum* e a cintura intermédia, confirmando a distribuição desta espécie anfíbia nesta zona do charco sujeita a inundações intermitentes (Ernandes *et al.* 2010). Já relativamente à espécie *I. setaceum*, os resultados não são totalmente consistentes com o que seria esperado, não permitindo associar claramente a distribuição dos esporos desta espécie aquática à zona correspondente ao centro do charco, ao contrário do que foi descrito para os esporos desta espécie por outros autores (Rosselló-Graell *et al.* 2000; Molina, 2005; Ernandes *et al.* 2010). Isto pode dever-se à falta de balanceamento nas amostragens entre as cinturas, podendo o número de amostragens no centro revelar-se pequeno para avaliar o banco de esporos desta espécie.

Apesar da reduzida mobilidade dos esporos no solo deste habitat (Bonis & Grillas; 2002), pôde-se constatar que os períodos de submersão irregulares condicionam a distribuição dos esporos das três espécies ao longo do gradiente de humidade (Prada & Rolleri, 2003; Molina, 2005).

4. 4. COMPARAÇÃO DA ESTRUTURA DO BANCO DE ESPOROS COM A DA VEGETAÇÃO REAL DAS TRÊS ESPÉCIES

O banco de esporos permite às plantas evitar o stresse associado a perturbações e contribuir para a vegetação, quando surgem as condições adequadas para sua germinação e crescimento (Bonis *et al.*, 1995; Blom & Voeselek, 1996). A sobrevivência interanual das espécies deste habitat depende essencialmente da germinação do banco de esporos (Bonis *et al.*, 1995; Rhazi *et al.*, 2001, 2006).

A similaridade entre o banco de diásporos do solo e a vegetação emergente tem sido motivo de discussão em muitas investigações neste tipo de habitat (Van der Valk, 1981; Grillas *et al.*, 1993; Bonis & Lepart, 1994; Rhazi *et al.*, 2001; Touzard *et al.*, 2002; Warwick & Brock, 2003; Rhazi *et al.*, 2006; Aponte *et al.*, 2010). Os resultados deste estudo mostram que a habitual zonação em cinturas concêntricas foi também encontrada no presente trabalho, tanto no banco de esporos como na vegetação emergente das espécies estudadas.

Tal como seria de esperar, através da comparação da estrutura do banco de esporos com a vegetação real de cada espécie, a representação de *I. setaceum* e *I. velatum* na vegetação foi muito inferior, em termos quantitativos, relativamente à abundância dos seus esporos no solo. Os resultados mostraram que os esporos e plantas destas duas espécies variaram do mesmo modo. Apesar de estas diferenças serem expectáveis, o método de contagem directa dos esporos apresenta tendência para sobrevalorizar a parte viável do banco de esporos (Rhazi *et al.*, 2001), pelo que poderá também ter contribuído para aumentar esta discrepância relativa entre o banco de esporos e a vegetação real.

Também alguns factores ambientais desfavoráveis são determinantes para a baixa tradução do banco de esporos destas espécies na vegetação real (Rhazi *et al.*, 2001). A acumulação de detritos no centro do charco pode ter um papel negativo na germinação e restabelecimento de *I. setaceum* ou *I. velatum*, que são espécies com esporos de pequenas dimensões cujas plântulas apresentam grandes dificuldades em ultrapassar obstáculos na camada superficial do solo (Milberg *et al.*, 2000). Além disso,

a germinação de *I. setaceum* é muito reduzida com baixa intensidade luminosa (Rhazi *et al.* 2004), podendo os seus esporos permanecer viáveis no solo durante anos ou até mesmo décadas, sendo a quantidade e qualidade de luz fundamental para os esporos saírem do seu estado latente (Dyer & Lindsay, 1992). Provavelmente, apenas aqueles que se encontram mais perto da superfície encontram condições ideais para germinar (Rhazi *et al.* 2004), o que poderá também justificar o desfasamento entre as quantidades de plantas e esporos desta espécie. Outro motivo para a obtenção destes resultados poderá estar relacionado com a competição exclusiva por parte de outras espécies (Rhazi *et al.* 2001; Rhazi *et al.* 2004). A elevada densidade de espécies como *Eleocharis palustris* e *Baldellia ranunculoides* (observação pessoal) no centro do charco poderão ter interferido com o desenvolvimento de *I. velatum* e *I. setaceum*, influenciando a representatividade destas espécies na vegetação do centro do charco temporário.

Já relativamente a *Isoetes histrix* sucede o oposto, apresentando esta espécie resultados de menor representatividade no banco de esporos, comparativamente ao número de plantas presentes na vegetação real, ou seja, verifica-se uma razão inversa de proporções, com a densidade média de plantas superior em cerca de 44% à densidade de esporos. Estes resultados não estão de acordo com o esperado, pensando-se que isto poderá ter sucedido devido ao número de amostragens na zona periférica do charco ter sido pequeno, subestimando a presença desta espécie no banco de esporos (Brock *et al.*, 1994). Isto aconteceu porque as amostras foram recolhidas a distâncias regulares ao longo do transecto delineado no charco, sem considerar a existência das cinturas de zonação, o que causou uma falta de balanceamento entre as amostras indexadas a cada uma das cinturas, posteriormente estabelecidas com base no levantamento florístico do charco.

4. 5. INFLUÊNCIA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE ENCHARCAMENTO NA DISTRIBUIÇÃO DE ESPOROS E PLANTAS DAS TRÊS ESPÉCIES

Segundo Casanova & Brock (2000), o regime hídrico é, nos charcos temporários, um dos principais determinantes no desenvolvimento da comunidade vegetal e nos padrões de zonação desta. Este abrange diferentes parâmetros, tais como a duração das fases inundada e seca, a data de início e fim destas fases e a profundidade da água (Grillas *et al.*, 2009). Segundo Casanova & Brock (2000), a duração do período de inundação apresenta grande influência nas comunidades de plantas dos charcos temporários, já a profundidade da inundação apresenta menor grau de importância na determinação da composição da vegetação. Segundo estes autores, a variação na profundidade afecta de algum modo a quantidade e qualidade da luz e a capacidade das plantas emergentes em atingir a superfície.

Neste habitat a germinação das plantas geralmente ocorre em resposta a condições hidrológicas muito específicas (Leck & Brock, 2000), podendo considerar-se o período de inundação como um "crivo ambiental" (Van der Valk, 1981). A maioria das espécies típicas dos charcos temporários adaptou-se à submersão intermitente, encontrando-se confinada ao espaço delimitado pela cintura periférica, área onde se intensifica a competição e começam a aparecer mais espécies que apresentam melhores capacidades para explorar as condições de solo seco (Rhazi *et al.*, 2001; Williams, 2006). No centro do charco temporário a tolerância ao encharcamento apresenta-se como o factor determinante à permanência das espécies (Rhazi *et al.* 2001; Williams, 2006), enquanto na cintura intermédia o stresse do encharcamento é menor, podendo a exclusão competitiva começar a tornar-se um dos factores determinantes (Rhazi *et al.* 2001).

De acordo com Grillas *et al.* (2004a), a espécie *Isoetes histrix* não tolera a submersão por longos períodos tempo. Os resultados das correlações obtidas através do teste de *Spearman* para esta espécie são indicadores de uma identificação clara e exclusiva com a cintura periférica, uma zona de transição entre o ambiente seco da envolvente e o ambiente húmido. São resultados que vão de encontro ao esperado,

dada a conjugação das características ecológicas terrestres (ou semi-terrestres) desta espécie com o factor chave hidrológico, cujos períodos de submersão irregulares vão condicionando a competição nesta faixa (Rhazi *et al.*, 2006). Assim, esta conjugação de factores restringe esta espécie a uma faixa de transição entre o ambiente húmido, pela intolerância ao encharcamento (Ernandes *et al.* 2010; Bagella *et al.* 2011), e o ambiente seco, pela competição de espécies que são melhores em explorar condições em solo mais seco (Rhazi *et al.*, 2001; Williams, 2006). De acordo com Bliss & Zedler (1998), a duração do período de inundação é também fundamental para manter fora do charco temporário outras espécies competidoras não características dos charcos temporários (e.g. *Dittrichia* spp. e *Cistus* spp.).

Os resultados obtidos para a espécie anfíbia *I. velatum*, bem adaptada aos ciclos irregulares de inundação/dessecação (Martínez *et al.* 1998; Pinto-Cruz *et al.* 2009), sugerem uma preferência desta espécie pela cintura intermédia, zona submersa que raramente supera os 8 cm de altura de água, confirmando o que se esperava *a priori* (Romero & Real, 2005; Ernandes *et al.* 2010).

Os resultados da distribuição quer de esporos quer de plantas de *Isoetes setaceum* são transversais às três faixas do gradiente de humidade e leva à interpretação de que a distribuição de *I. setaceum* na cintura periférica (C3) não é estatisticamente diferente da distribuição da mesma na cintura intermédia (C2) e no centro (C1). Considerando que a quantidade, quer de plantas, quer de esporos desta espécie parece ser francamente menor nesta cintura periférica, o facto de não haver diferenças estatísticas pode ser devido ao comparativamente pequeno número de amostras recolhido na cintura periférica. Segundo alguns autores, os resultados obtidos quanto à representatividade de *I. setaceum* na vegetação não correspondem ao esperado para esta espécie do tipo ecológico aquático, que consideram ocupar preferencialmente a zona mais profunda do charco temporário (Rosselló-Graell *et al.* 2000; Ernandes *et al.* 2010). Contudo, existem também autores que consideram esta espécie como sendo de tipo ecológico anfíbio (Blanca *et al.*, 2000; Prada & Rolleri, 2003; Díaz, 2009), podendo, tal como os nossos resultados reflectem, esta espécie encontrar-se preferencialmente na cintura intermédia, sujeita a períodos de

submersão intermitentes. De acordo com Rhazi *et al.* (2004), a explicação para os resultados obtidos para esta espécie poderá estar relacionada com a plasticidade e elevada flexibilidade do seu ciclo de desenvolvimento, e pela sua elevada tolerância à dessecação (Rhazi *et al.*, 2009), o que lhe permite tolerar áreas do charco com gradiente de humidade mais baixo.

Os resultados obtidos neste estudo sugerem assim que a zonação na distribuição das três espécies estudadas consoante o gradiente de humidade, ocorreu de acordo com a sua capacidade de tolerância e resposta às variações entre o encharcamento e à dessecação, segundo uma distribuição espacial padronizada e restritiva (Rhazi *et al.*, 2001), ainda que esta não tenha ocorrido de forma evidente para todas as espécies.

5. CONCLUSÃO

5. CONCLUSÃO

Em Portugal, é recente a maioria dos estudos sobre a ecologia e biodiversidade destes habitats vulneráveis e de elevado valor ecológico. Segundo Silva *et al.* (2009), o carácter efémero da flora e a variabilidade das condições meteorológicas anuais permitem explicar o motivo pelo qual estes habitats têm sido pouco estudados e documentados.

A distribuição dos esporos das três espécies estudadas, quer no perfil vertical do solo, quer pela sua distribuição espacial ao longo do gradiente de humidade do charco temporário, levam a crer que a topografia do charco, a textura do solo e as variações do regime hídrico são os factores que mais condicionam esta distribuição, num charco com baixa pressão antrópica. O hidroperíodo parece ser o principal factor de influência no desenvolvimento e distribuição das plantas das espécies estudadas no habitat 3170*.

Pela avaliação da correlação entre o banco de esporos e a vegetação estabelecida das três espécies de *Isoetes* estudadas, confirmou-se que a correlação directa entre o banco de esporos e a vegetação real destas pteridófitas está ausente destes habitats. No entanto, o facto de o tamanho das amostras relativas a cada um dos locais amostrados ser muito diferente, poderá ter influenciado negativamente a precisão dos resultados. Assim, considera-se que a recolha de amostras de forma linear num transecto pode resultar numa avaliação pouco balanceada do banco de esporos se essas zonas tiverem larguras muito diferentes, como sucedeu no caso da cintura periférica, sendo a amostragem nesta cintura insuficiente para avaliar o banco de esporos da espécie *Isoetes histrix* no solo. Em futuros estudos, considera-se fundamental estabelecer na metodologia de estudo uma divisão prévia em cinturas de zonação característica deste habitat, segundo o gradiente de humidade, de forma a conseguir uma amostragem mais equilibrada entre cinturas.

Podemos concluir que a duração do período de submersão teve grande influência na distribuição dos esporos e plantas das espécies estudadas, embora os nossos resultados não o tenham demonstrado de forma evidente para todas as

espécies. Ainda assim, verificou-se uma zonação na distribuição das três espécies estudadas consoante o gradiente de humidade, de acordo com a sua capacidade de resposta à duração do período de submersão.

Considerou-se outra limitação à metodologia aplicada o facto de este estudo ser realizado durante o período de apenas um ano. De acordo com Rhazi *et al.* (2001), a distribuição espacial padronizada alterna de ano para ano, no que respeita às variações do nível de água e aos processos de desenvolvimento da vegetação. Dependendo dos factores ambientais, principalmente da precipitação, existem espécies típicas dos charcos temporários mediterrânicos que poderão nalguns anos estar ausentes da vegetação. Assim, pelas oscilações de factores físicos e ambientais em diferentes anos, considera-se que um ano de estudo poderá ser insuficiente para uma boa avaliação da estrutura do banco de esporos e vegetação deste habitat, por ter em conta apenas o hidroperíodo de um ano no habitat estudado.

No que respeita à conservação dos charcos temporários mediterrânicos, considera-se importante uma boa classificação dos valores naturais, sendo as espécies e comunidades vegetais ferramentas fundamentais para a definição e avaliação deste habitat.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aponte, C., Kazakis, G., Ghosn, D., Papanastasis, V. 2010. *Characteristics of the soil seed bank in Mediterranean temporary ponds and its role in ecosystem dynamics*. *Wetlands Ecol Manage*, 18: 243–253.
- Bagella, S., Caria, M. C., Farris, E., Filigheddu, R. 2007. *Issues related to the classification of Mediterranean temporary wet habitats according with the European Union Habitats Directive*. *Fitosociologia* 44 ((2) Suppl. 1), 245–249.
- Bagella, S., Caria, M. C., Farris, E., Filigheddu, R. 2009. *Spatial-time variability and conservation relevance of plant communities in Mediterranean temporary wet habitats: a case study in Sardinia (Italy)*. *Plant. Biosyst.* 143 (3): 435–442.
- Bagella, S., Caria, M. C., Zuccarello, V. 2010. *Patterns of emblematic habitat types in Mediterranean temporary ponds*. *C. R. Biologies* 333-2010-694-700.
- Bagella, S. et al. 2011. *Different spor structures in sympatric Isoetes hixrix populations and their relationship with gross morphology, chromosome number, and ribosomal nuclear ITS sequences*. *Flora*, doi: 10.1016/j.flora.2011.01.003.
- Beja, P. & Alcazar, R. 2003. *Conservation of Mediterranean temporary ponds under agricultural intensification. An evaluation using amphibians*. *Biol. Conserv.*, 114(3): 317-326.
- Bernhardt, K.G., Koch, M., Kropf, M., Ulbel, E., Webhofer, J. 2008. *Comparison of two methods characterising the seed bank of amphibious plants in submerged sediments*. *Aquatic Botany* 88 (2008): 171-177.
- Blanca, G., Cabezudo, B., Hernández-Bermejo, J. E., Herrera, C. M., Muñoz, J., Valdés, B. 2000. *Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía. Tomo II: Especies Vulnerables*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 190-192.
- Bliss, S. A. & Zedler, P. H., 1998. *The germination process in vernal pools: sensitivity to environmental conditions and effects on community structure*. *Oecologia* 113: 67–73.
- Blom, C. & Voeselek, L. 1996. *Flooding: the survival strategies of plants*. *Trends in Ecology & Evolution*, 11: 290–295.

- Bolin, J. F., Bray, R. D., Keskin, M., Musselman, L. J. 2008. *The Genus Isoetes L. (Isoetaceae, Lycophyta) in South-Western Asia*. Turk J Bot, 32: 447-457.
- Bonis, A. & Lepart, J. 1994. *Vertical structure of seed banks and the impact of depth of burial on recruitment in two temporary marshes*. Vegetatio 112: 127–139.
- Bonis, A., Lepart, J. Grillas, P. 1995. *Seed bank dynamics and coexistence of annual macrophytes in a temporary and variable habitat*. Oikos. 74: 81–92.
- Bonis, A. & Grillas, P. 2002. *Deposition, germination and spatio-temporal patterns of charophyte propagule banks: a review*. Aquat. Bot. 72: 235–248.
- Braun-Blanquet, J., 1935. *Un joyau floristique et phytosociologique “L’Isoetion” méditerranéen*, Bull. Soc. Etude Sci. Nat. Nimes 47: 1–23.
- Brock, M., Theodore, K., O'Donnell, L. 1994. *Seed-bank methods for Australian wetlands*. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 45: 483–493.
- Brock, M. & Rogers, K. 1998. *The regeneration potential of the seed bank of an ephemeral floodplain in South Africa*. Aquatic Botany, 61: 123–135.
- Bunn, S., Boon, P., Brock, M., Schofield, N. 1997. *National Wetlands R & D Program Scoping Review*. Land and Water Resources Research and Development Corporation Occasional Paper 01/97, Canberra.
- Canha, P. & Pinto Cruz, C. 2010. *Plano de Gestão de Charcos Temporários Mediterrânicos no Concelho de Odemira*. Edição do Autor. Évora. 80 pp.
- Casanova, M. & Brock, M. 2000. *How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities?* Plant Ecology, 147: 237-250.
- Castroviejo, S. et al. (eds), 1986. *Flora Ibérica*, Vol. I. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Deil, U. 2005. *A review on habitats, plant traits and vegetation of ephemeral wetlands - a global perspective*. Phytocoenologia 35: 533–705.
- Díaz, J. B. 2009. *Vegetación de las pilas o pilancones de la sierra de Guadarrama y La Serena (España)*. Anales Jard. Bot. Madrid 66 (1): 109-129.
- DGA (Direcção Geral do Ambiente). 2000. *Atlas do Ambiente*. Lisboa.

- Dyer, A. & Lindsay, S. 1992. *Soil spore banks of temperate ferns*. American Fern Journal, 82: 89–122.
- EC (European Commission). 2007. *The Interpretation Manual of European Union Habitats – EUR27*. European Commission DG Environment, Brussels. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/docs/2007_07_im.pdf (Acedido a: 06/11/2010).
- EC (European Commission). 2008. *Management of Natura 2000 habitats. *Mediterranean temporary ponds – 3170**. European Commission Technical Report. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/habitats/pdf/3170_Mediterranean_temporary_ponds.pdf (Acedido a: 07/11/2010).
- Ernandes, P., Beccarisi, L., Zuccarello, V. 2010. *A new species of Isoetes (Isoetaceae, Pteridophyta) for the Mediterranean*. Plant Biosystems, Vol. 144, nº.4, December, 805–813.
- Espinar, J. L. & Clemente, L. 2007. *The impact of vertic soil cracks on submerged macrophyte diaspore bank depth distribution in Mediterranean temporary wetlands*. Aquatic Botany 87 (2007): 325–328.
- Espírito-Santo, D. & Arsénio, P. 2005. *Influence of land use on the composition of plant communities from seasonal pond ecosystems in the Guadiana Valley Natural Park (Portugal)*. Phytocoenologia 35 (2-3): 267-281.
- Fennane, M & El Oualidi, J. 2000. *Contribuiciones a la flora vascular de Marruecos (1-2): 1. Nouveaux materiaux pour la flore du Maroc*. Acta Botanica Malacitana 25: 251-261.
- Franco, J.A. 1971. *Nova Flora de Portugal (Continente e Açores)*. Volume I, *Lycopodiaceae – Umbelliferae*. Edição do Autor. Lisboa.
- Gálvez, F. 2010. *Flora Vascular Andalucía Occidental: Isoetes histrix Bory*. Disponível em: <http://www.bioscripts.net/flora/index.php?spp=Isoetes%20histrix> (Acedido a 12/02/2011).
- Ghosn, D., Vogiatzakis, I.N., Kazakis, G., Dimitriou, E., Moussoulis, E., Maliaka, V., Zacharias, I. 2010. *Ecological changes in the highest temporary pond of western Crete (Greece): past, present and future*. Hydrobiologia, 648: 3–18.
- Greuter, W., Burdet, H. M., Long, G. (eds.) 1984. *Med-Checklist 1*. Conservatoire et Jardin botaniques, Genève.

- Grillas, P., Garcia-Murillo, P., Geertz-Hansen, O., Marba, N., Montes, C., Duarte, C.M., Tan Ham L., Grossmann, A., 1993. *Submerged macrophyte seed bank in a Mediterranean temporary marsh, abundance and relationship with established vegetation*. *Oecologia* 94: 1–6.
- Grillas, P. & Roché, J., 1997. *Vegetation of temporary marshes*. Ecology and management, MedWet / Tour du Valat Publications, n. 8, Station Biologique de la Tour du Valat, Arles. 86 pp.
- Grillas, P., Gauthier, P., Yavercoski, N., Perennou, C. 2004a. *Mediterranean temporary pools, vol. 1: Issues relating to conservation, functioning and management*. Station Biologique de la Tour du Valat, Arles: 120 pp.
- Grillas, P., Gauthier, P., Yavercoski, N., Perennou, C. 2004b. *Mediterranean Temporary Pools*. Vol. 2: Species information sheets. Station biologique de Tour du Valat. 128 pp.
- Grillas P., Rhazi, L., Rhazi, M., Waterkeyn, A., 2007. *Conservation des mares temporaires dans la region mediterraneenne*. In: Consorci de l'Estany (Eds.), Conservacio, problematiques i gestio de les llacunes temporaries mediterranyes, Actes del Simposi Cientific sobre Gestio i Conservacio de les Llacunes Temporaries Mediterranyes. Banyoles, pp. 17-29.
- Grillas, P., Rhazi, L., Rhazi, M. 2009. *The ecology of vegetation of temporary pools: adaptation and opportunism*. International Conference on Mediterranean Temporary Ponds - Mao, Menorca, Espanha. Disponível em: <http://bassestemporals.menorca.es/WebEditor/Pagines/File/Document%20programa%20i%20resums.pdf> (Acedido a 23/01/2010).
- ICNB – Instituto Conservação da Natureza e Biodiversidade, 2006. *Plano Sectorial da Rede Natura 2000. Caracterização de Valores Naturais*. Disponível em: http://www.icn.pt/psrn2000/caract_habitat.htm#habitats_3 (Acedido a 17/01/2010).
- IGP – Instituto Geográfico Português. 2009. *Atlas de Portugal*. Disponível em: www.igeo.pt/atlas. [Acedido 8 de Dezembro de 2010].
- IUCN - International Union for Conservation of Nature. 2010. *IUCN Mediterranean Red List of aquatic plants*. Disponível em: www.iucnredlist.org/.../Mediterranean_Red_List_aquatic_plants_June2010.xls (Acedido em: 27/02/2011).

- Leck M.A. & Brock M.A. 2000. *Ecological and evolutionary trends in wetlands: evidence from seeds and seed banks in New South Wales, Australia and New Jersey, USA*. Plant Species Biology, 15: 97–112.
- Martínez, J. M., Benito Alonso, J. L., Pedrocchi, C., 1998. *Acerca del género Isoetes (Isoetaceae) en Aragón*. Acta Botanica Malacitana, 23: 230-232.
- Milberg, P., Andersson, L., Thompson, K., 2000. *Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones*. Seed Science Research, 10: 99–104.
- Molina J., Casermeiro, M. A., Olives, A.L., De la Cruz Caravaca, M.T., 2002. *Aspectos ecológicos sobre comunidades vegetales anfibias en dos tipos de humedales Ibero-Mediterráneos*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., Secc. Biol., 97 (1-4), 19-26.
- Molina, J.A., 2005. *The vegetation of temporary ponds with Isoetes in the Iberia Peninsula*. Phytocoenologia 35: 219-230.
- Pinto-Cruz, C., Molina, J. A., Barbour, M., Silva, V., Espirito-Santo, M. D., 2009. *Plant communities as a tool in Temporary Ponds Conservation in SW Portugal*. Hydrobiologia 634: 11–24.
- PNSACV., 2002. *Plano Zonal Agro-Ambiental do Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina*. In Plano de Desenvolvimento Rural de Portugal Continental. Portugal.
- Prada, C. 1979. *Estudio de la anatomía foliar de las especies españolas del género Isoetes L.* Lagascalia, 9 (1): 107-113.
- Prada, C. 1983. *El género Isoetes L. en la Península Ibérica*. Acta Botanica Malacitana, 8: 73-100.
- Prada, C. & Rolleri, C.H. 2003. *Caracteres diagnósticos foliares en táxones ibéricos de Isoetes L. (Isoetaceae, Pteridophyta)*. Anales Jará. Bot. Madrid 60 (2): 371-386.
- Quézel, P., 1998. *La végétation des mares transitoires à Isoetes en région méditerranéenne, intérêt patrimonial et conservation*. Ecol. Mediter. 24 (2): 111-117.
- Ramírez-Trejo, M., Perez-Garcia, B., Orozco-Segovia, A. 2004. *Analysis of fern spore banks from the soil of three vegetation types in the central region of Mexico*. American Journal of Botany 91 (5): 682–688.

- Rhazi, L., Grillas, P., Tan Ham, L., El Khyari, D. 2001. *The seed bank and the between years dynamics of the vegetation of a Mediterranean temporary pool (NW Morocco)*. Ed. *Ecologia Mediterranea* 27 (1): 69-88.
- Rhazi, M., Grillas, P., Charpentier, A., Medail, F. 2004. *Experimental management of Mediterranean temporary pools for conservation of the rare quillwort *Isoetes setacea**. *Biological Conservation*, 118 (5), 675-684.
- Rhazi, L., Rhazi, M., Grillas, P., Tan Ham, L., El Khyari, D. 2006. *Richness and structure of plant communities in temporary pools from western Morocco: influence of human activities*. *Hydrobiologia*, 570: 197–203.
- Rhazi, M., Grillas, P., Rhazi, L., Charpentier, A., Médail, F. 2009. *Competition in microcosm between a clonal plant species (*Bolboschoenus maritimus*) and a rare quillwort (*Isoetes setacea*) from Mediterranean temporary pools of southern France*. *Hydrobiologia*, 634: 115–124.
- Rivas-Martínez, S., Lousa, M., Díaz, T. E., Fernandez-Gonzalez, F. Costa, J. C. 1990. *La vegetación del sur de Portugal (Sado, Alentejo y Algarve)*. *Itinera Geobot.* 3: 5-126.
- Rivas-Martínez, S., Diaz, T. E., Fernández-González, F., Izco, J., Loidi, J., Lousã, M., Penas, A. 2002. *Vascular plant communities of Spain and Portugal*. *Itinera Geobotanica* 15 (1-2): 1-922.
- Rodriguez, J. L. 2009a. *Flora Y fauna de Huelva: *Isoetes setaceum**; Disponível em: <http://florayfaunadehuelva.blogspot.com/2009/07/isoetes-setaceum-lam-vu.html> (Acedido em: 29/01/2011).
- Rodriguez, J. L. 2009b. *Flora Y fauna de Huelva: *Isoetes velatum**; Disponível em: <http://florayfaunadehuelva.blogspot.com/2009/07/isoetes-velatum-braum-subsp-velatum-dd.html> (Acedido em: 29/01/2011).
- Romero, M. I. & Real, C. 2005. *A morphometric study of three closely related taxa in the European *Isoetes velata* complex*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 148: 459–464.
- Rosselló-Graell, A. 2003. *Caracterização fito-ecológica das lagoas temporárias do campo militar de Santa Margarida (Ribatejo. Portugal)*. *Portugaliae Acta Biol.* 21: 245-278.

- Rosselló-Graell, A., Draper, D., Tauleigne-Gomes, C. 2000. *Conservation status of Mediterranean temporary ponds in Campo Militar de Santa Margarida (Ribatejo, Portugal)*. *Portugaliae Acta Biol.* 19: 191-199.
- Sahib, N., Rhazi, L., Rhazi, M., Grillas, P. 2009. *Experimental study of the effect of hydrology and mechanical soil disturbance on plant communities in Mediterranean temporary pools in Western Morocco*. *Hydrobiologia*, 634: 77–86.
- Silva, M. 1988. *Hidrogeologia do Miocénico do Algarve*. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Hidrogeologia. Lisboa. 377 pp.
- Silva, V., Pinto-Cruz, C., Espírito-Santo, M. D. 2009. *Temporary ponds and hygrophilous grasslands plant communities in Monfurado site of community importance*. *Lazaroa* 30: 79-86.
- Silva, V. 2009. *Vegetação de Charcos e Cursos de Água Temporários - Estudo da ordem Isoetalia em Portugal*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Gestão e Conservação de Recursos Naturais. Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 66 pp.
- Stamati, F., Nikolaidis, N., Dimitriou, E., Koussouris, T. 2008. *Hydro-geochemical aspects of Mediterranean Temporary Ponds in Western Crete*. *Journal of Environmental Quality*, 37: 164–173.
- Touzard, B., Amiaud, B., Langlois, E., Lemauviel, S., Clément, B. 2002. *The relationships between soil seed bank, aboveground vegetation and disturbances in an eutrophic alluvial wetland of Western France*. *Flora*, 197: 175–185.
- Trombetti, G. 2010. *Flora italiana*; Altvista. Disponível em: <http://luirig.altvista.org/flora/isoetes.htm> (Acedido em 21/01/2011)
- Van der Valk, A.G. 1981. *Succession in wetlands: a Gleasonian approach*. *Ecology*, 62: 688–696.
- Warwick, N. & Brock, M. 2003. *Plant reproduction in temporary wetlands: the effects of seasonal timing, depth, and duration of flooding*. *Aquatic Botany*, 77: 153–167.
- Williams, D. 2006. *The Biology of Temporary Waters*. Oxford University Press Inc., New York. 337 pp.

- Williams, P., Biggs, J., Crowe, A., Murphy, J., Nicolet, P., Weatherby, A., Dunbar, M. 2010. *Countryside Survey: Ponds Report from 2007*. Technical Report Nº. 7/07 Pond Conservation and NERC/Centre for Ecology & Hydrology, 75 pp.

- Zacharias, I., Dimitriou, E., Dekker, A., Dorsman, E. 2007 .*Overview of temporary ponds in the Mediterranean region: Threats, management and conservation issues*. Journal of Environmental Biology, 28(1): 1-9.

