

Rute Isabel Pinto de Brito

**Influência de descargas de água subterrânea na concentração de
nutrientes e comunidade planctónica do sapal de Castro Marim, Vila
Real de Santo António (SE, Portugal)**

**Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade do Algarve para a obtenção do grau de mestre em Biologia
Marinha**

Dissertação orientada por Professor Doutor Luís Chicharo

Universidade do Algarve

2011

Agradecimentos

Ao longo deste percurso, existem algumas pessoas, que foram muito importantes, de diferentes maneiras, para a realização deste trabalho. Quero aqui mencionar essas pessoas, com a esperança de não me esquecer de ninguém.

Ao professor Luís Chícharo por me ter apresentado este projecto e me ter incluído nele
À professora Alexandra Chícharo que muitas vezes me ajudou, quer em dúvidas existenciais e pela facultaçãõ de bibliografia.

A nível laboratorial, tendo de agradecer à Joana, ao David, Pedro Range e Ana Amaral, não só pela ajuda nas amostragens e no laboratório, mas também pelo ambiente bem disposto e divertido, que tornam certas tarefas menos pesadas e chatas.

À Rita Domingues por ter partilhado comigo o seu conhecimento sobre fitoplâncton. Sem a sua ajuda por esta altura ainda estaria a identificar fitoplâncton.

Ao Francisco Leitão que não só me ajudou em algo que para mim é um bicho de sete cabeças (programas computacionais), mas também me deu muitas dicas e me indicou muitas direcções. Muito obrigada mesmo.

Ao Miguel por existir na minha vida. Por ter me ajudado e apoiado, acreditando sempre que iria chegar ao fim desta never ending story. Por me ter dado carinho quando eu estava cansada e por ter paciência quando o mau humor se instalava.

À Rita, My Queen, nem sei o que diga em relação a ti amiga. Ajudaste-me em tantos níveis, que as palavras não conseguem alcançar e jamais fariam justiça, obrigada por aquelas noites em que me ajudaste, apesar das quase cabeçadas no computador. Obrigada pela força, pela amizade...obrigada por existires na minha vida.

À Patrícia que apesar da distância física está sempre comigo, sendo sempre aquela amiga especial que me acompanha em todos os momentos, bons, menos bons, menos maus e maus. Obrigada por aí estares, sem juízos, sem críticas, apenas com amizade.

À Mónica e ao Carlos, pelos momentos inesquecíveis que vivemos juntos, pela partilha, pela amizade...adoro-vos. Mónica, há coisas que carregamos para o resto da vida, e estou certa de que nunca vou esquecer a amizade que demonstraste ter por mim.

À Rita que apesar das minhas constantes ausências me ajudou com a sua amizade e com constantes conversas, que tanto me ajudaram a relaxar.

À Joana, Débora e Tiago por simplesmente serem meus amigos e estarem presentes na minha vida.

Acima de tudo tenho muito a agradecer aos meus pais. Sem eles não teria sido possível o simples facto de ter vindo estudar para o Algarve, quanto mais terminar este trabalho. Obrigada pelo esforço e força que me deram este tempo todo, acreditando e confiando sempre em mim.

“Porque reflectir sobre as causas e os efeitos é coisa assaz difícil, de que creio, o único juiz só pode ser Deus. A nós já nos custa muito supor uma relação entre um efeito tão evidente como uma árvore queimada e o raio que a incendiou, que remontar a cadeias longuíssimas de causas e efeitos parece-me tão louco como tentar construir uma torre que chegue ao céu”

Umberto Eco

O presente trabalho é da inteira responsabilidade da autora

(Rute Isabel Pinto de Brito)

Resumo

O sapal de Castro Marim é um ecossistema que se encontra dependente das trocas que efectua com o estuário do Guadiana. A construção da barragem do Alqueva em 2003 foi responsável por alterações hidrológicas ao provocar variações ao nível do caudal do rio, que por sua vez influenciou o balanço de nutrientes e a dinâmica planctónica. Neste contexto, a contribuição de fluxos de água subterrânea na manutenção do equilíbrio deste ecossistema deve ser considerada e avaliada.

Com o objetivo de caracterizar o fluxo de nutrientes associado à descarga do aquífero de Monte Gordo e posterior avaliação da influência na qualidade da água e na comunidade planctónica do sapal de Castro Marim, foram realizadas amostragens no inverno de 2008 e primavera de 2009. Recolheram-se oito amostras, ao longo do esteiro da Lezíria, para a análise de nutrientes dissolvidos e composição, abundância e biomassa planctónica.

Foi observada a existência de uma correlação positiva, através da Análise de Componentes Principais, entre o silicato e o nitrato e as estações junto ao ponto de descarga do aquífero. Foram ainda estabelecidas correlações positivas entre estes dois nutrientes e a concentração de clorofila *a* (chl *a*). A análise CLUSTER e MDS efectuadas revelaram a maior similaridade, em termos de composição, das estações mais afastadas do ponto de descarga, facto que realçou a influência da entrada de água salgada neste ecossistema.

As análises efectuadas evidenciaram a existência de um fluxo de nutrientes (sílica e azoto) associado à descarga do aquífero. Esta fonte de nutrientes parece influenciar a concentração de chl *a* junto ao ponto de descarga das águas subterrâneas. Contudo a existência de uma correlação entre estas descargas e a composição planctónica não foi tão evidente, devido à acção do ciclo de maré.

Palavras chave: aquífero, descargas de água doce, sapal, nutrientes dissolvidos, fitoplâncton, zooplâncton

Abstract

The Castro Marim salt marsh is an ecosystem dependent on the exchanges with the Guadiana estuary. The construction of the Alqueva dam in 2003 was responsible for hydrologic changes which caused variations in river flux, which in turn affected the balance of nutrients and plankton dynamics. In this context, the contribution of groundwater flow in maintaining the balance of this ecosystem should be considered and evaluated.

In order to quantify the importance of the discharge of Monte Gordo aquifer in the water quality and plankton community of the Castro Marim salt marsh, samples were taken in the winter of 2008 and spring of 2009. Eight samples were collected along the Lezíria creek for analysis of dissolved nutrients and plankton composition, abundance and biomass. The analysis of nutrient concentrations revealed a positive correlation, through the Principal Component Analysis, between the nitrate and silicate concentrations and the stations near the discharge of the aquifer. It was also established positive correlations between these two nutrients and concentration of chlorophyll *a* (chl *a*). The CLUSTER and MDS analysis showed the greatest similarity in terms of community composition between the stations furthest from discharge point a fact that emphasized the influence of salt water intrusion in the salt marsh.

The analysis carried out showed the existence of a nutrients flow (silica and nitrogen) associated with the discharge of the aquifer. This source of nutrients seems to influence the concentration of chl *a* in the stations near the underground fluxes. However the existence of a correlation between these discharges and plankton composition was not so evident, partly due to the action of the tidal cycle.

Key words: aquifer, fresh water discharges, salt marsh, dissolved nutrients, phytoplankton, zooplankton

Índice Geral

1. Introdução	1
1.1 As interações entre as águas subterrâneas e os sapais	3
1.2 Dinâmica fitoplanctónica	6
1.3 Dinâmica zooplanctónica	8
1.4 Objectivos	9
2. Material e Métodos	10
2.1 Caracterização da área de estudo	10
<i>2.1.1 Sapal de Castro Marim</i>	10
<i>2.1.2 Caracterização do Aquífero de Monte Gordo</i>	11
2.2 Metodologias de Campo	13
<i>2.2.1 Desenho experimental</i>	14
2.3 Macronutrientes inorgânicos dissolvidos	15
<i>2.3.1 Determinação da concentração de nutrientes dissolvidos</i>	15
<i>2.3.2 Identificação do nutriente potencialmente limitante para o fitoplâncton</i>	15

2.4 Fitoplâncton	16
<i>2.4.1 Concentração de clorofila a</i>	16
<i>2.4.2 Abundância e biomassa fitoplanctónica</i>	16
2.5 Metazooplâncton	18
<i>2.5.1 Abundância e biomassa de metazooplâncton</i>	18
2.6 Análise de dados	20
<i>2.6.1 Análise Univariada</i>	20
<i>2.6.2 Análise Multivariada</i>	21
3. Resultados	22
3.1 Características hidrológicas	22
3.2 Variáveis ambientais: Salinidade e Temperatura	23
3.3 Macronutrientes inorgânicos dissolvidos	24
<i>3.3.1 Variação espaço-temporal da concentração de nutrientes dissolvidos</i>	24
<i>3.3.2 Identificação do nutriente potencialmente limitante para o fitoplâncton</i>	29
3.4 Fitoplâncton	31
<i>3.4.1 Composição e abundância fitoplanctónica</i>	31

<i>3.4.2 Concentração de clorofila a, abundância e biomassa específica fitoplanctónica</i>	32
<i>3.4.3 Índices ecológicos</i>	35
<i>3.4.4 Análise Cluster e MDS da comunidade fitoplanctónica</i>	36
3.5 Metazooplâncton	39
<i>3.5.1 Composição e abundância relativa de metazooplâncton</i>	39
<i>3.5.2 Abundância e biomassa de metazooplâncton</i>	41
<i>3.5.3 Índices ecológicos</i>	42
<i>3.5.4 Análise CLUSTER e MDS da comunidade met zooplanctónica</i>	43
3.6 Correlação entre variáveis bióticas e abióticas	46
4. Discussão	47
5. Conclusões e considerações finais	58
6. Referências Bibliográficas	62
7. Anexos	82

Índice de Figuras

Fígura 1 Representação da constituição de um aquífero- zona satura e insaturada e classificação de aquíferos existentes: aquífero confinado e livre (Adaptado de Instituto Geológico e Mineiro, 2001)	3
Fígura 2 Localização do Sapal de Castro Marim (B), em Portugal continental (A), situado na costa Este do Algarve, com indicação do esteiro da Lezíria (C) (Fonte: Google Earth)	11
Fígura 3 Enquadramento geográfico e litoestratigráfico do sistema aquífero Monte Gordo, situado na costa Este do Algarve, SE Portugal (Fonte: Almeida <i>et al.</i> , 2000)	12
Fígura 4 Distribuição das variáveis ambientais - A) Temperatura (°C), B) Salinidade- ao longo do transecto de Inverno (13 de Novembro 2008) e Primavera (29 Abril de 2009), efectuado no esteiro da Lezíria (sapal de Castro Marim)	24
Fígura 5 Distribuição da concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos ao longo do transecto de Inverno (13 de Novembro 2008) e Primavera (29 Abril de 2009), efectuado no esteiro da Lezíria (sapal de Castro Marim), - A) Silicato (μM), B) Fosfato (μM) C) Nitrato (μM), D) Nitrito (μM) e E) Amónia (μM)	26
Fígura 6 Análise de Componentes Principais das concentrações de nutrientes dissolvidos (SiO_4^{4-} , PO_4^{3-} , NO_3^- e NO_2^-), salinidade e as estações amostradas no, A) Inverno (13 de Novembro 2008) e B) Primavera (29 Abril de 2009), no esteiro da Lezíria (sapal de Castro Marim)	27
Fígura 7 Representação do ratio molar Si:N:P, no esteiro da Lezíria, Sapal de Castro Marim, no A) Inverno (13 de Novembro de 2008), B) Primavera (29 de Abril de 2009) e C) os coeficientes molares entre as concentrações de nutrientes potencialmente limitantes pelas rectas Si:N=1, N:P=16 e Si:P=16. Estas definem 6 áreas diferentes na Fígura, cada uma delas caracterizada, pelo seu potencial no que diz respeito ao nutriente limitante, por ordem de prioridade (Rocha <i>et al.</i> , 2002)	30
Fígura 8 Concentração de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$) (A), abundância total (Célula/L) (B) e biomassa específica total ($\mu\text{g C/L}$) (C) de fitoplâncton, nas estações no Inverno (13 de Novembro 2008) e Primavera (29 Abril de 2009), no esteiro da Lezíria (sapal de Castro Marim)	34

Figura 9 Análise de similaridade da estrutura da comunidade fitoplanctónica, no inverno e primavera, no esteiro da Lezíria (sapal de Castro Marim): A) análise CLUSTER das estações amostradas no inverno, B) análise MDS das estações amostradas no inverno; C) análise CLUSTER das estações amostradas na primavera; D) análise MDS das estações amostradas na primavera; E) análise CLUSTER dos dois períodos amostrados, inverno e primavera e F) análise MDS dos dois períodos amostrados, inverno (13 de Novembro 2008) e primavera (29 Abril de 2009) 38

Figura 10 Abundância total (indivíduos/m³) (A) e biomassa total (µg C/m³) (B) de zooplâncton identificados nos dois períodos amostrados, Inverno (13 de Novembro 2008) e Primavera (29 Abril de 2009), no esteiro da Lezíria (Sapal de Castro Marim) 41

Figura 11 Análise de similaridade da estrutura da comunidade zooplanctónica, nas estações amostradas no transecto de inverno e primavera, no esteiro da Lezíria (sapal de Castro Marim): A) análise CLUSTER das estações amostradas no inverno, B) análise MDS das estações amostradas no inverno; C) análise CLUSTER das estações amostradas na primavera; D) análise MDS das estações amostradas na primavera; E) análise CLUSTER dos dois períodos amostrados, inverno e primavera e F) análise MDS dos dois períodos amostrados, Inverno (13 de Novembro 2008) e Primavera (29 Abril de 2009) 45

Índice de Tabelas

Tabela 1 Ratios molares dos nutrientes dissolvidos e constantes de meia-saturação (Ks) utilizados na determinação do nutriente potencialmente limitante	16
Tabela 2 Estratégia utilizada na estimativa da espessura da terceira dimensão para diatomáceas pinuladas e cêntricas, e dinoflagelados com teca e sem teca	18
Tabela 3 Valores de log a e b atribuídos para Diatomáceas e Dinoflagelados com teca, no cálculo do conteúdo em carbono	18
Tabela 4 Pluviosidade média (mm) e caudal médio (m ³ /s) na semana que antecedeu as duas amostragens, baseada na pluviosidade e caudal médio diário do mesmo período, na estação Pulo do Lobo e Alcária, respectivamente	23
Tabela 5 Valores mínimos (Min), máximo (Máx), média±desvio padrão (Méd±dp), análise estatística espacial entre estações e entre a estação 1 e as restantes e análise estatística sazonal, obtidos, no Inverno (13 de Novembro 2008) e Primavera (29 Abril de 2009) no esteiro da Lezíria, para as variáveis físicas e químicas: temperatura (T °C), salinidade, Concentração (µM) de nutrientes dissolvidos (SiO ₄ ⁴⁻ , PO ₄ ³⁻ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ e NH ₄ ⁺). Na análise estatística espacial aplicada entre a estação 1 e os restantes pontos de amostragem apenas foram mencionados os pares comparativos que apresentaram diferenças significativas	28
Tabela 6 <i>Taxa</i> de fitoplâncton observados e respectivas abundâncias (células. 10 ⁵ /L), no período de Inverno (13 de Novembro 2008) e Primavera (29 Abril de 2009), no esteiro da Lezíria (sapal de Castro Marim)	32
Tabela 7 Índices ecológicos – Número de <i>taxa</i> fitoplanctónicas (S), Riqueza Específica (d), Índice de equitabilidade (J') Índice de diversidade de Shannon- Wiever (H'), no transecto de inverno (13 de Novembro 2008) e primavera (29 Abril de 2009), no esteiro da Lezíria (Sapal de Castro Marim)	36
Tabela 8 <i>Taxa</i> de fitoplâncton responsáveis pela dissimilaridade entre as estações de Inverno (13 de Novembro 2008) e Primavera (29 Abril de 2009) efectuado no esteiro da Lezíria (sapal de Castro Marim) e respectiva contribuição (%), dada pela análise SIMPER	39
Tabela 9 <i>Taxa</i> de zooplâncton identificados e respectivas abundâncias relativas (%), no período de Inverno (13 de Novembro 2008) e Primavera (29 Abril de 2009), no esteiro das Lezírias (Sapal de Castro Marim)	40
Tabela 10 Índices ecológicos – Número de espécies ou <i>taxas</i> de zooplâncton (S), Riqueza Específica (d), Índice de equitabilidade (J') Índice de diversidade de Shannon- Wiever (H'), no transecto de Inverno (13 de Novembro 2008) e Primavera (29 Abril de 2009), no	43

esteiro da Lezíria (Sapal de Castro Marim)

Tabela 11 *Taxa* zooplanctónicas responsáveis pela dissimilaridade entre as estações de Inverno (13 de Novembro 2008) e Primavera (29 Abril de 2009) efectuado no esteiro da Lezíria (sapal de Castro Marim) e respectiva contribuição (%), dada pela análise SIMPER 46

Tabela 12 Coeficientes de correlação de Spearman (r) entre os variáveis abióticos - Temperatura (T), Salinidade (S) e concentrações de nutrientes dissolvidos (SiO_4^{4-} , PO_4^{3-} , NO_3^- e NO_2^-) – e as variáveis bióticas- concentração de clorofila (Chl a), a (abundância de fitoplâncton (Ab fito) e zooplâncton (Ab zoo), no Inverno (13 de Novembro 2008) e Primavera (29 Abril de 2009), no esteiro da Lezíria (Sapal de Castro Marim) 47

