REDE
ISSN:1985-5528
Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
DOI: 10.22411/rede2017.1101.06

METODOLOGIAS INOVADORAS PARA A PREVISÃO DA QUALIDADE ECOLÓGICA EM RESERVATÓRIOS (ALQUEVA, SUL DE PORTUGAL)

Innovative methodologies for the forecasting of ecological quality in reservoirs (Alqueva, south of Portugal)

Manuela Morais[1]
Alexandra Penha[2]
Maria Helena Novais[3]
Miguel Potes[4]
Rui Salgado[5]

RESUMO:
No século XXI a escassez de água é uma realidade que constitui uma ameaça para a biosfera e para a humanidade. Esta situação representa um importante fator limitativo ao desenvolvimento socioeconómico, sendo frequente a observação de transgressões. A agravar este cenário as projeções futuras preveem que o Mediterrâneo se torne uma região sensível, com aumento de temperatura e diminuição de precipitação e de escoamento superficial.A atmosfera é uma componente central do Sistema Climático, desempenhando um papel crucial na variabilidade dos seus subsistemas. As condições ecológicas dos reservatórios ilustram claramente a elevada sensibilidade e vulnerabilidade destes sistemas dependentes da precipitação, temperatura do ar e parâmetros radiativos.A utilização de dados meteorológicos em conjunto com os modelos FLakepermite a previsão da evolução da temperatura da água e da sua qualidade em lagos e reservatórios.O Alqueva situa-se no rio Guadiana no sul de Portugal e é o maior reservatório de água na Europa. Durante o Verão de 2014 (Junho a Setembro) foram feitas campanhas mensais (nalguns casos quinzenais) em três plataformas situadas na zona lacustre. Obtiveram-se medições in situ (temperatura, oxigénio dissolvido, pH, condutividade e potencial de oxidação-redução) e foramrealizadas amostragens de água para análise laboratorial de parâmetros químicos (nitrogénio e fósforo) e biológicos (fitoplâncton). Os dados obtidos foram graficados e tratados estatisticamente, tendo também sido feitas comparações com as simulações do modelo FLake. Os resultados apontam para um sistema dinâmico com uma evolução ao longo do Verão, embora que dominado por cianobactérias. As simulações com o modelo FLake demonstraram um bom ajuste à realidade, o que evidencia a robustez desta metodologia na previsão da evolução da temperatura da água, importante para a definição de um sistema de alerta de apoio à decisão no âmbito da gestão integrada de sistemas aquáticos de usos múltiplos.

Palavras-chave: reservatórios de água; qualidade ecológica; previsão da temperatura da água.

ABSTRACT:
In the 21st century water scarcity is a reality that poses a threat to the biosphere and humanity. This situation represents an important limiting factor for socioeconomic development with frequent observation of transgressions. To exacerbate this scenario, future projections predict that the Mediterranean will become a sensitive region, with increased temperature and decreased precipitation and runoff.Atmosphere is a central component of the Climate System, playing a crucial role in the variability of its subsystems. The ecological conditions of the reservoirs clearly illustrate the high sensitivity and vulnerability of these systems, dependent on precipitation, air temperature and radiative parameters. The use of meteorological data combinedwith FLake models allows prediction of the evolution of water temperature and its quality in lakes and reservoirs.Alqueva is located on the Guadiana River in southern Portugal and is the largest reservoir in Europe. During the summer of 2014 (June to September) monthly campaigns (in same cases biweekly) were held on three platforms located in the lacustrinezone. In situ measurements (temperature, dissolved oxygen, pH, conductivity and oxidation-reduc-

[1]Universidade de Évora, Évora, Portugal. mmorais@uevora.pt
[2]Universidade de Évora, Évora, Portugal. mapenha@uevora.pt
[3]Universidade de Évora, Évora, Portugal. hnovais@uevora.pt
[4]Instituto de Ciências da Terra (ICT), Évora, Portugal. mpotes@uevora.pt
[5]Instituto de Ciências da Terra (ICT), Évora, Portugal. rsal@uevora.pt

ISSN: 1985-5528
DOI: 10.22411/rede2017.1101.06

tion potential) were obtained and water samples were collected for laboratory analysis of chemical (nitrogen and phosphorus) and biological parameters (phytoplankton). The obtained data were statistically tested, being also used to compare with the simulations of the Flake model.The results point to a dynamic system with an evolution over the summer, although dominated by cyanobacteria. The simulations with the FLake model demonstrated a good fit to real data, which shows the robustness of this methodology in the prediction of the evolution of the water temperature, important for the definition of a warning system to support the decision in the scope of the integrated management of multi-uses aquatic systems.

Keywords: water reservoirs; ecological quality; water temperature forecast.

1. INTRODUÇÃO

No século XXI a escassez de água é uma realidade que constitui uma ameaça para a biosfera e consequentemente para a humanidade (Tisdell, 1991). Esta situação representa um importante fator limitativo ao desenvolvimento socioeconómico, sendo frequente a observação de transgressões relacionados com a má utilização da água que conduzem à sua deterioração e à consequente perda de qualidade. A agravar este cenário todas as projeções futuras preveem que o Mediterrâneo se torne uma região sensível, com aumento de temperatura e diminuição de precipitação e de escoamento superficial. Prevê-se que até 2025, a disponibilidade de água per capita nas regiões mediterrânicas se reduza para níveis abaixo de 50% em relação ao nível atual (Ragab e Hamdy, 2004), estimando-se também uma expansão dos regimes áridos e semiáridos (Gao e Giorgi, 2008;. Kundzewiczet al., 2007). Como consequência, pode-se assistir a alterações nouso dosolo com repercussões significativas na produção agrícola e alimentar (Iglesias et al.,2007).

Neste contexto atual, surgem novos desafios científicos devido à influência das alterações climáticas sobre os ecossistemas de água doce que já são afetados por uma diversidade de impactes humanos. A atmosfera é uma componente central do Sistema Climático, desempenhando um papel crucial na variabilidade dos seus subsistemas (hidrosfera, biosfera, criosfera e litosfera) e forçando muitos mecanismos naturais na Terra. As condições nos reservatórios ilustram claramente a elevada sensibilidade e vulnerabilidade de componentes ecológicos dependentes dos processos atmosféricos.

A utilização de dados meteorológicos em conjunto com os modelos FLake (Mironov, 2008) e FLake-Eco (Golosov et al., 2012) permitem a previsão da evolução da temperatura e da qualidade da água em lagos e albufeiras. O modelo FLake, descrito em Mironov (2008), foi desenvolvido para parametrizar a interação lago-atmosfera nos modelos de previsão numérica de tempo, de clima e para aplicações ambientais. Este modelo baseia-se numa representação do perfil de temperatura da água em duas camadas, sendo a sua evolução calculada através da resolução das equações de balanço da energia. A estrutura da termoclina do lago, a camada estratificada situada entre a camada de mistura superior e o fundo do lago, é descrita com base no conceito de auto-similaridade do perfil vertical da temperatura. Este conceito, baseado em evidências empíricas e suporte teórico, assume que o perfil da temperaturana termoclina pode ser simulado através de uma função que depende da profundidade, da temperatura da camada superficial de mistura, da temperatura no fundo do lago, da espessura da camada de mistura e da profundidade total do lago. A fim de resolver as equações de balanço de energia para as duas camadas, o fluxo radiativo de pequeno comprimento de onda é calculado recorrendo à lei do declínio exponencial da radiação em profundidade. O coeficiente espectral de atenuação da luz na água, tal como outras características óticas da água, depende de cada lago e varia no tempo, pelo que deve ser estimado e adaptado a cada caso concreto. O coeficiente espectral de atenuação da luz na água tem sido medido em lagos e reservatórios portugueses desde 2011 (Potes et al., 2013), nomeadamente na albufeira de Alqueva.

Estes modelos são de grande utilidade para o desenvolvimento de sistemas de alerta em ecossistemas sujeitos a eutrofização, uma vez que uma das consequênciasdeste fenómenoé o desenvolvimento de

ISSN: 1985-5528
DOI: 10.22411/rede2017.1101.06

cianobactérias. Estes organismos apresentam características comuns às bactérias e às algaseucariotas, o que as tornam únicas na sua fisiologia, conferindo-lhes tolerância a condiçõesextremas e uma enorme flexibilidade de adaptação. Condições como sejam, elevadastemperaturas e intensidade de luz, cargas de nutrientes e estratificaçãotérmica da coluna de água (Soranno, 1997), bem como correntes fracas ou ausentes(Apeldoorn et al., 2007) favorecem o desenvolvimento de florescências.

Associada a estas florescências surge uma redução da qualidade da águacom alterações no odor, no desenvolvimento de espuma na superfície e,ainda mais problemática, na produção de toxinas (cianotoxinas) (Mankiewiczet al., 2003; Vasconcelos, 2006). Devido a esta última consequência, a OCDE classificouesses organismos como patogénicos emergentes, ainda que não possuam capacidadede colonizar ou invadir o hospedeiro (OCDE, 2005).

Neste trabalho apresentam-se os resultados de variáveis físico-química e biológicas amostradas e analisadas no reservatório de Alqueva, o maior da Europa, durante o período de Verão de 2014 em que se observa estratificação térmica. Apresentam-se igualmente os primeiros resultados das simulações da evolução da temperatura do epilímnio, obtidas pelo modelo FLake. Por último alerta-se para a importância de adotar medidas de gestão e proteção destes sistemas particularmente sensíveis às praticas de ocupação da bacia (sistema terrestre) e às características climáticas (sistema atmosférico).

2. CARACTERIZAÇÃO DA ALBUFEIRA DE ALQUEVA

A barragem do Alqueva fica situada no curso principal do rio Guadiana no sul de Portugal (Alentejo) e constitui o maior reservatório de água doce na Europa (Figura 1). Em conjunto com vários outros reservatórios forma o Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, gerido pela Empresa de Desenvolvimento de Infraestruturas de Alqueva (EDIA) ecriado com o objetivo geral de desenvolver uma reserva estratégica de água na bacia do rio Guadiana para diferentes usos: (i) agricultura; (ii) consumo urbano e industrial; (iii) produção de energia elétrica; (iv) regularização dos caudais do rio Guadiana.

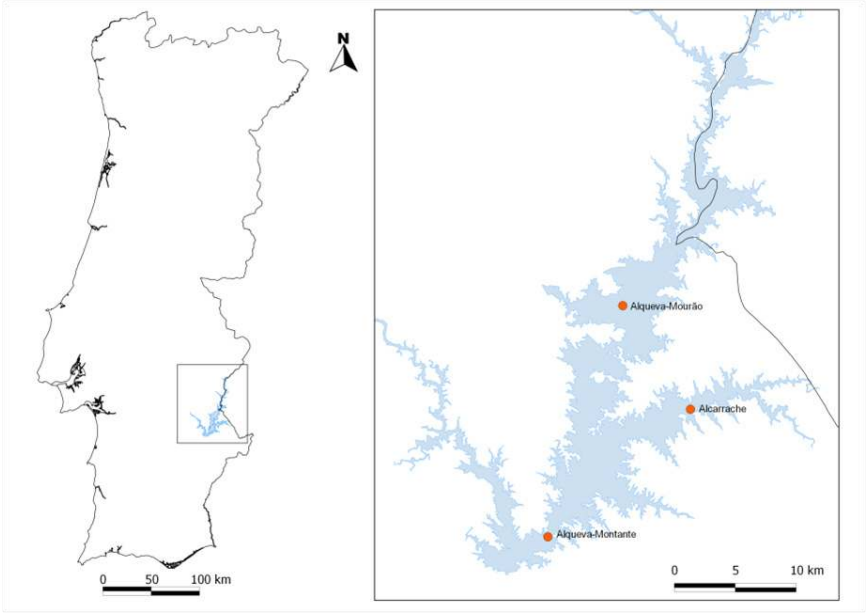


Figura 1: Localização do reservatório de Alqueva em Portugal Continental e indicação das três plataformas de amostragem no reservatório. **Fonte**: Elaboração dos autores.

A albufeira criada, com o nível do pleno de armazenamento à cota 152, estende-se por 83km com margens dentiformes a ultrapassarem os 1100km de extensão e uma área de drenagem aproximada de 55000km2.

ISSN: 1985-5528
DOI: 10.22411/rede2017.1101.06

Climaticamente, a bacia do Guadiana apresenta características mediterrâneas. Os Verões são quentes com altos níveis de radiação solar e elevada evapotranspiração, enquanto os Invernos são relativamente rigorosos. A temperatura média anual é próxima de 16ºC. Nos meses mais quentes (Julho/Agosto) a temperatura média varia entre 24ºC e 28ºC, nos meses mais frios a temperatura média varia entre 8,5°C e 11ºC. A precipitação média anual ponderada sobre a bacia é de 550mm, variando entre 450 mme 1000mm, com uma elevada variabilidade anual que determina uma quase ausência de precipitação durante os três meses de Verão. Em média, mais de 80% do total anual da precipitação ocorre entre Outubro-Abril (período húmido) (WWFN, 1995).

A poluição que afeta o reservatório de Alqeva tem origem em fatores de origem natural e antropogénica (Morales, 1993). As principais fontes de poluição tópica têm origem nos aglomerados urbanos, nas suiniculturas e nos lagares de azeite (IA, 2005). As explorações de suinicultura encontram-se espalhadas por toda a bacia. A maioria das suiniculturas e bovinículturas referenciadas descarregam os seus efluentes para linhas de água ou para o solo, sem tratamento prévio (PROCESL, 2003). Os efluentes dos lagares de azeite são caracterizados por um pH muito reduzido, com elevados teores de matéria orgânica, óleos e fenóis.No que respeita à poluição difusa a principal atividade responsável por esta é a agricultura, resultante de práticas fitossanitárias e de adubação de culturas. Por outro lado, os regimes torrenciais da precipitação que caracterizam a região Mediterrânica são responsáveis por uma elevada entrada externa de matérias orgânica e nutrientes para o sistema.

3. METODOLOGIA

3.1 Amostragem de campo

Durante o Verão de 2014, de Junho a Setembro, foram feitas campanhas mensais (nalguns casos quinzenais) em três plataformas fixas, situadas na zona lacustre doreservatório de Alqueva (Figura 1). Em cada plataforma e em cada uma das campanhas, foram efetuados perfis verticais para medição in situde temperatura (ºC), oxigénio dissolvido (% de saturação), pH, condutividade elétrica (µS/cm) e potencial de oxidação-redução (Volts),através da utilização de uma sonda multiparamétrica TROLL 9500 PROFILER XP. Simultaneamente foram colhidas: (i) amostras de água à superfície e em profundidade, com recurso a uma garrafa de Van Dorn (3L capacidade) para análise laboratorial de parâmetros químicos (nitrogénio total e fósforo total); (ii) amostras compostas, representativas da zona eufótica, para identificação e quantificação do fitoplâncton e determinação da clorofila a. As amostras compostas foram obtidas por colheita de iguais volumes de água da superfície até ao final da zona eufótica (determinada pela utilização de um disco de Secchi).

3.2 Procedimentos laboratoriais e tratamento de dados

Em laboratórios os parâmetros químicos foram determinados com base em métodos descritos em APHA (2012); a clorofila a foi determinada por espectrofotometria de absorção molecular com posterior utilização da equação de Lorenzen (1967); a identificação/quantificação do fitoplâncton foi feita pelo método de Utermöhl com identificação microscópica.

Os resultados foram graficados, tendo-se aplicado testes para verificar a existência de diferenças significativas entre plataformas (teste de Kruskal-wallis). As comunidades fitoplanctónicas foram analisadas através de escalonamento multidimensional não métrico nMDS e análise de similaridade ANOSIM (PRIMER, vr. 5.2.0), tendo-se ainda aplicado correlações não paramétricas de Spearman para verificar a existência de relação entre a riqueza taxonómica do fitoplâncton e as variáveis físico-químicas.

A previsão da evolução da temperatura na camada de mistura da água foi feita através do modelo-

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1985-5528
DOI: 10.22411/rede2017.1101.06

FLake. Foram feitas simulações para diferentes condições iniciais dos seguintes parâmetros: (i) espessura da camada de mistura (hML); ii) fator de forma da curva da termoclina (CT); iii) coeficiente de extinção da luz (EXCOEF). Complementarmente foram definidas, a temperatura dos sedimentos de fundo e a espessura da camada de sedimentos, a temperatura da superfície e do fundo do reservatório. Posteriormente estas simulações foram comparadas com os perfis medidos in situ e verificado o melhor ajuste à realidade medida. Neste artigo apresentam-se as primeiras simulações do modelo FLake, realizadas com base nas medições em contínuo da temperatura da água, na plataforma Montante, no mês de Junho de 2014.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados Medidos e Analisados

Os perfis verticaismedidos nas três plataformas entreJunho e Setembro de 2014 para os parâmetros temperatura da água, pH, oxigénio dissolvido (% de saturação), condutividade e potencial de oxidação-redução, indicam que o sistema de encontra estratificado. Esta estratificação é evidente para a temperatura, pH e oxigénio dissolvido; contrariamente, a condutividade apresenta valores bastante homogéneos ao longo da coluna de água e o potencial de oxidação redução revela estratificação no mês de Setembro nas plataformas Montante e Mourão e uma variação em profundidade no mês de Agosto na plataforma Alcarrache (Grafico 1). A termoclina situa-se entre os 7,5m (plataforma de Alqueva Montante) e os 10m (plataformas de Mourão e Alcarrache). Esta estratificação vai-se tornado mais evidente ao longo do Verão, apresentando-se claramente definida nos meses de Agosto e Setembro, onde a partir dos 20m se observam valores muito baixos de oxigénio dissolvido (anoxia).

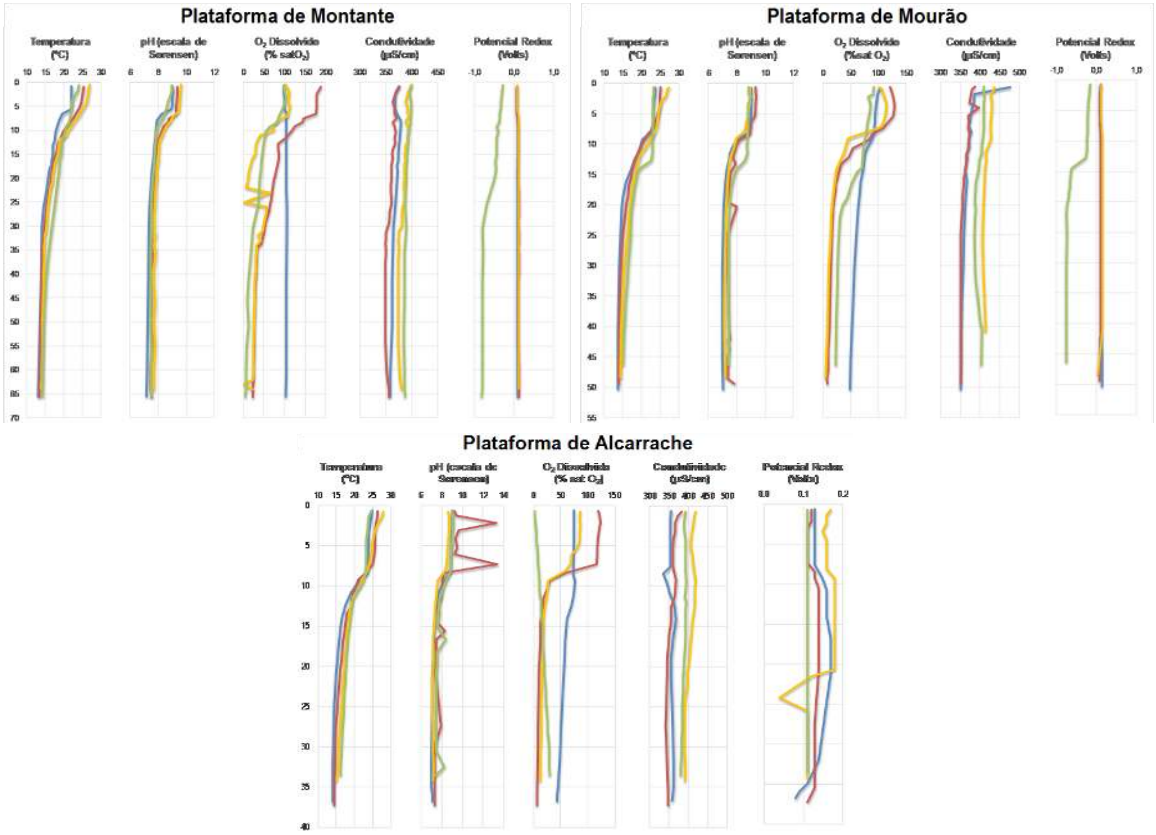


Gráfico 1: Perfis verticais para os parâmetros temperatura da água, pH, oxigénio dissolvido (% de saturação de O2), condutividade e potencial de oxidação-redução, ao longo do Verão de 2014 nas três plataformas. **Fonte:** Acervo dos autores.

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1985-5528
DOI: 10.22411/rede2017.1101.06

No Gráfico 2 apresentam-se a evolução do nitrogénio total e do fósforo totalao longo do Verão (Junho a Setembro) nas três plataformas. Como seria de esperar, para ambos os parâmetros, os valores são superiores no fundo comparativamente com os da superfície, facto que resulta da deposição destes nutrientes ao longo da coluna de água, mas também da libertação de nutrientes dos sedimentos de fundo em situação de anoxia. Evidencia-se ainda que no Verão são os fatores internos que regulam o sistema, não sendo evidente a entrada externa de nutrientes na água.

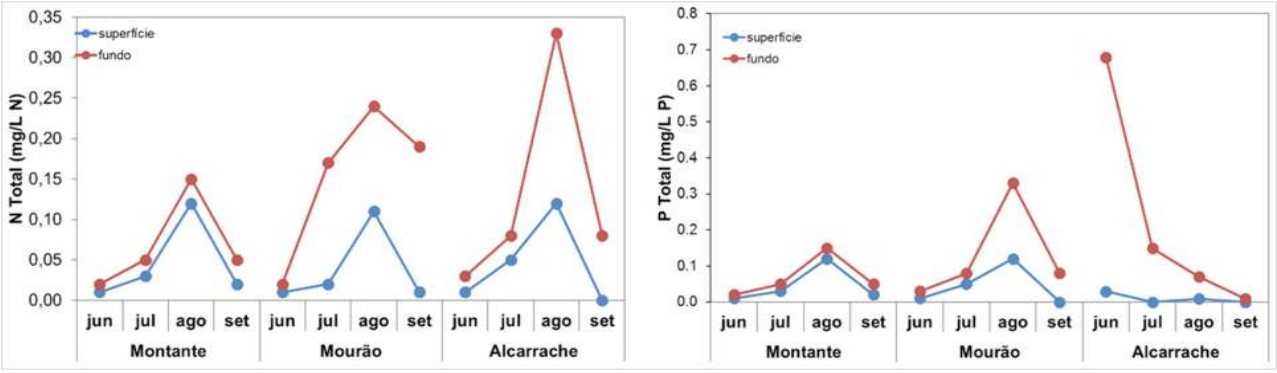


Gráfico 2: – Evolução da concentração de nitrogénio total e de fósforo total à superfície e no fundo ao longo do Verão de 2014 nas três plataformas. **Fonte:** Acervo dos autores.

Em termos espaciais as concentrações obtidas para ambos os parâmetros são semelhantes, não se tendo encontrando diferenças significativas entre plataformas (teste de Kruskal-wallis, nitrogénio total P=0.085 e azoto total P=0.914). Realça-se ainda o facto de se terem registadas concentrações relativamente elevadas de fósforo total no fundo, sobretudo nas plataformas de Mourão e Alcarrche, tendo-se ainda verificado algumas situações onde superficialmente as concentrações do fósforo total ultrapassaram o limite que classifica o sistema como eutrófico (0,035 mg/L), concretamente na plataforma de Montante em Agosto (0,12 mg/L) e na plataforma de Alcarrache em Julho e Agosto (0,05 mg/L e 0,12 mg/L, respetivamente).

As concentrações de clorofila apresentaram uma evolução ao longo do Verão, com valores nitidamente mais elevados nos meses de Agosto e Setembro, acima do limite (8µg/L; OCDE, 2005) que classifica o sistema como eutrófico (Gráfico 3). Realce-se o facto que a plataforma Mourão, situada mais a montante no reservatório (Figura 1) é a que apresenta valores mais elevados de clorofila a.

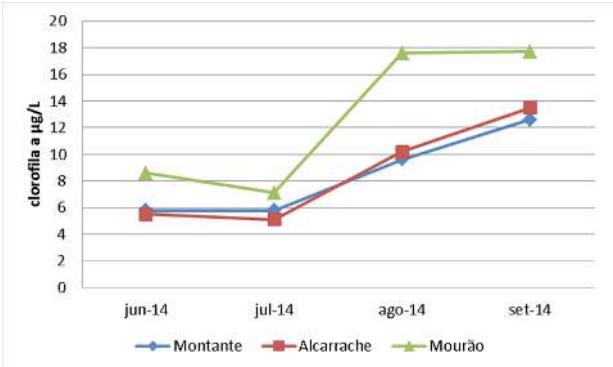


Gráfico 3: Concentração de clorofila adeterminada ao longo do Verão de 2014 nas três plataformas. **Fonte:** Acervo dos autores.

Em termos de composição fitoplanctónicados grandes grupos, verifica-seque nas três plataformas a comunidade apresenta-se dominada por cianobactérias (Gráfico 4), sendo as clorófitas o segundo grupo com maior representatividade e com maior riqueza taxonómica (28 taxa), respetivamente emJunho nos três locais, em Julho em Montante e em Setembro em Mourão.

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1985-5528
DOI: 10.22411/rede2017.1101.06

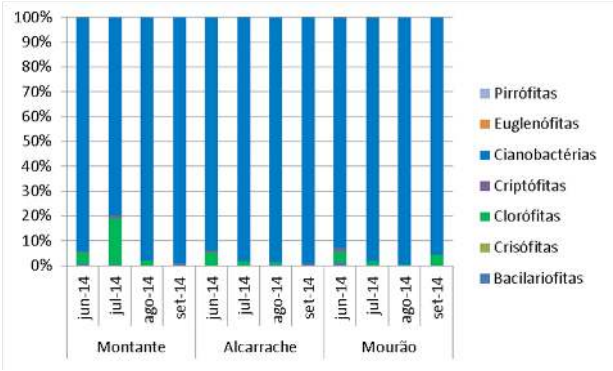


Gráfico 4: Abundância relativa dos grupos de algas fitoplanctónicas ao longo do Verão de 2014 nas três plataformas .
Fonte: Acervo dos autores.

Por forma a analisar a existência de padrões temporais e espaciais a um nível com maior resolução taxonómica, efetuou-se uma ordenação nMDS, utilizando as espécies de fitoplâncton como fatores descritivos dos locais (plataformas). Na figura 6 apresenta-se a ordenação dos locais amostrados nos quatro meses de Verão (Junho-Setembro). No Gráfico5a os locais estão identificados de acordo com a sua localização (análise espacial); no Gráfico 5b os locais estão indicados de acordo com o momento da amostragem (análise temporal).

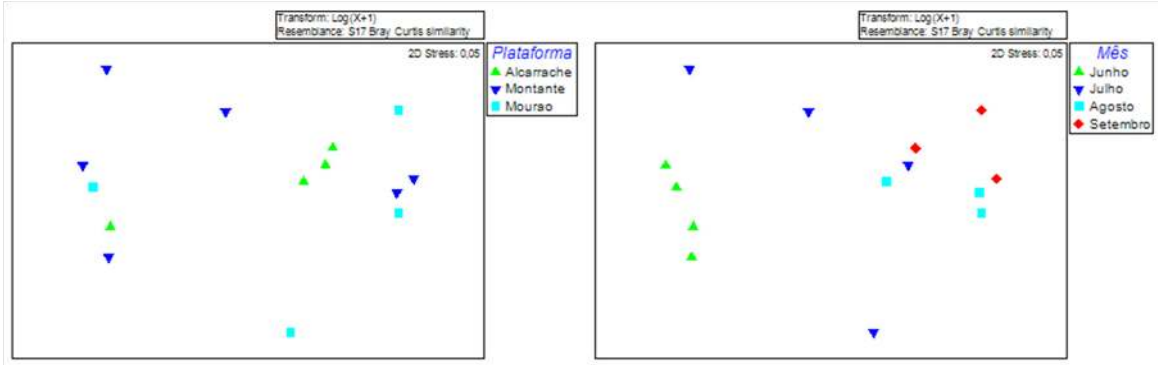


Gráfico 5: Ordenação nMDS para as espécies de fitoplanctónicas. Gráfico 5a – diferenciam-se por cores os locais amostrados (plataformas); Gráfico 5b – para a mesma ordenação diferenciam-se por cores os meses de amostragem.
Fonte: Acervo dos autores.

Analisando o Gráfico 5a, verifica-se que não existe um padrão que diferencie os locais uns dos outros, ou seja, os locais surgem ordenados de uma forma que não identifica a existência de um padrão espacial. Este resultado foi confirmado pela análise de similaridade (ANOSIM), R-Global=-0.073, n.s. Pelo contrário, no Gráfico 5b observa-se um gradiente temporal, com os locais amostrados em Junho situados do lado esquerdo, em oposição aos locais amostrados em Setembro ordenados do lado direito do gráfico, situando-se entre ambos as amostragens efetuadas em Julho e Agosto (meses de transição). Daqui resulta que a ordenação nMDS para as espécies fitoplanctónicas identifica um gradiente de variação essencialmente temporal, confirmado pela análise ANOSIM, R-Global=0.586, $p<0.001$.

De fato, em termos de composição taxonómica, em Junho a comunidade fitoplânctónica apresentava dominância de Aphanocapsa sp., Aphanizomenon flos-aquae e Coelastrum reticulatum; em Julho a comunidade apresentava dominância de Cylindrospermopsis sp., Coelastrum reticulatum, Aphanizomenon flos-aquae e Oscillatoria sp.; em Agosto a dominância era atribuída a Cylindrospermopsis sp. eOscillatoria sp.; e em Setembro a comunidade apresentava dominância de Cylindrospermopsis sp.

Complementarmente verificou-se que a riqueza taxonómica (S) apresentava um coeficiente de correlação de Spearman significativo ($p<0.05$) com o pH($r=0.48$), com a temperatura ($r=0.65$), com o oxigénio

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1985-5528
DOI: 10.22411/rede2017.1101.06

dissolvido (r=0.48) e com o potencial de oxidação-redução (r=0.47).

4.2. Resultados das simulações obtidas pelomodelo FLake

Os resultados da aplicação do modelo FLake para a plataforma de Montante no mês de Junho de 2014mostram a importância da definição das condições iniciais calculadas em função dacurva de temperatura medidas in situ. No Gráfico 6 apresentam-seos resultados medidos e os obtidos com o modelo FLakena camada superficial de mistura para três simulações.Observa-seque a evolução da temperatura simulada pelo modelo depende dos valores iniciaisda espessura da camada de mistura (hML), do fator de forma da curva da termoclina (CT) e do definido para o coeficiente de extinção da luz (EXCOEF).

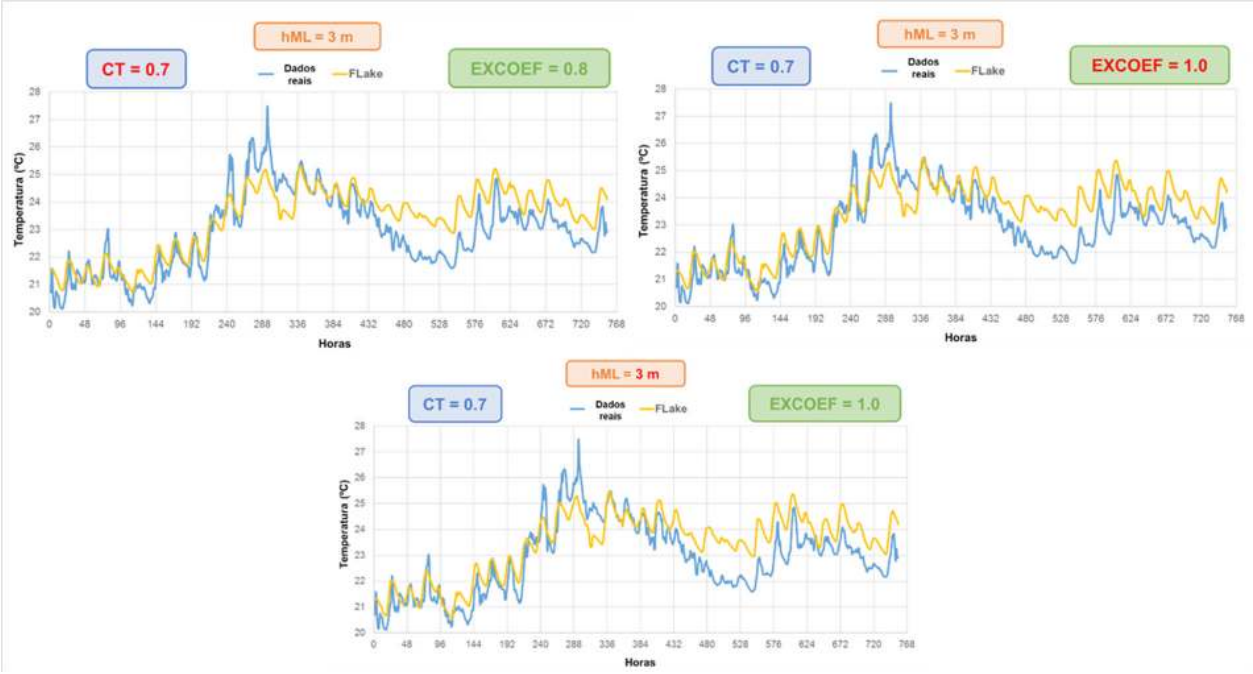


Gráfico 6: Resultados de três simulações do modelo FLake para previsão da temperatura da camada de mistura da água na Plataforma de Montante, obtidas no mês de Junho de 2014. (A azul a temperatura para os dados medidos; a amarelo a temperatura simulada pelo modelo FLake para diferentes conduções inicias; CT – fator deforma da curva da termoclina; hML –espessura da camada de mistura; EXCOEF - coeficiente de extinção da luz. **Fonte:** Acervo dos autores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reservatório de Alqueva revela ser um sistema muito dinâmico que se encontra estratificado ao longo de todo o Verão. Todavia, o nível de estratificação vai evoluindo ao logo do tempo, aparentemente dependente das condições climáticas que apresentam.

De fato, as correlações significativas obtidas entre a riqueza taxonómica de fitoplâncton e a temperatura, o pH, o oxigénio dissolvido e o potencial de oxidação-redução da água, revelam que em termos ecológicos, a sucessão parece ser essencialmente ditada por estes parâmetros, por sua vez dependentes das condições climáticas externas (ausência de precipitação, temperatura do ar e radiação).

No Verão obtiveram-se valores relativamente elevados de fósforo, o que claramente demonstra que este não é um fator limitativo ao desenvolvimento fitoplanctónico; por sua vez o nitrogénio nunca seria fator limitativo, uma vez que a comunidade se apresenta dominada por cianobactérias que possuem a capacidade de fixar o nitrogénio atmosférico. Daqui resulta que a sucessão algal no Verão não parece ser determinada pelos nutrientesmas sim por fatores climáticos. Como seria de esperar o nitrogénio total e o fósforo total, foram mais elevados no fundo, comparativamente com a superfície, o que demonstra que o sistema se regula a ele próprio, não estando dependente das entradas externas. Estas são, obviamente, diminutas no Verão uma

vez que durante este período a ausência de precipitação e de escoamento superficial proveniente das linhas de água afluentes (rios intermitentes), controlam a entrada externa de matéria orgânica e nutrientes.

Espacialmente não se encontraram diferenças significativas entre plataformas (ANOVA e Kruskal--wallis) e a ordenação nMDS para o fitoplâncton, revelou que comunidade é semelhante em todo o reservatório. Conclui-se que durante o Verão, o sistema apresenta um funcionamento homogéneo, sem diferenças significativas entre zonas. A ausência de escoamento superficial, proveniente das linhas de água, durante o Verão, contribui para esta homogeneização.

Em termos de grandes grupos de fitoplâncton a comunidade apresentou-se dominada por Cianobactérias. Apenas quando se aumenta o nível de resolução taxonómica, se deteta uma comunidade que evolui, se sucede e adapta às condições ambientais. De facto, no final do Verão (Agosto e Setembro) as concentrações de clorofila a (indicador de biomassa) são muito elevadas, superiores ao limite que classifica o sistema como eutrófico e os taxa identificados são potencialmente produtores de toxinas (Cylindrospermopsis sp. eOscillatoria sp.). Constatação que nos alerta para a importância de implementar uma gestão efetiva da bacia de drenagem que minimize a entrada de nutrientes e matéria orgânica durante o período das chuvas, como forma de controlo do funcionamento do reservatório no período de Verão, extremamente dependente das condições climáticas que potenciam o desenvolvimento de espécies indesejáveis de fitoplâncton.

A aplicação do modelo FLake para simular a evolução da temperatura na camada de mistura revelou um bom ajuste às observações. Todavia, realça-se o facto do sucesso desta aplicação estar depende da definição das condições iniciais. Conclui-se portanto que antes de qualquer aplicação, é necessário conhecer o sistema ao qual se pretende aplicar esta metodologia, nomeadamente no que se relaciona com a estratificação de parâmetros físico-químicos e com as comunidades presentes.

Os resultados obtidos revelam que é urgente adotar medidas de gestão e proteção destes sistemas particulares por forma a: (i) melhorar a qualidade da água, principalmente em períodos de escassez; (ii) transmitir conhecimentos para a gestão dos reservatórios, do solo, da energia e da biodiversidade, na perspetiva da participação comunitária e do desenvolvimento sustentável em equilíbrio com o ambiente; (iii) adaptar os usos da água às projeções futuras que preveem que o Mediterrâneo se torne uma região muito sensível.Neste contexto, a utilização de modelos que permitam prever a evolução da temperatura da água pode ser essencial para a definiçãoas medidas de gestão que se relacionam com a prevenção de eventos extremos, tais como, por exemplo, a ocorrência de florescências de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas.

AGRADECIMENTOS

O trabalho teve o apoioda União Europeia através do Fundo Europeu para o desenvolvimento regional, incluído no COMPETE 2020 (Programa Operacional para a Competitividade e Internacionalização): projeto do ICT (UID/GEO/04683/2013) com referência POCI-01-0145-FEDER-007690 e projetos ALEX 2014 (EXPL/GEO-MET/1422/2013) FCOMP-01-0124-FEDER-041840 e ALOP ALT20-03-0145-FEDER-000004.

Os autores do trabalho agradecem o indispensável apoio técnico a Ana Iheu, Martinho Morteira e Valter Rico da EDIA (Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas do Alqueva, S.A.).

ISSN: 1985-5528
DOI: 10.22411/rede2017.1101.06

REFERÊNCIAS

Apeldoorn, M. E.;Egmond, H. P.;Speijers, G. J. A.; Bakker, G. J. I. Toxins of cyanobacteria. **Molecular Nutrition & Food Research**.v.51, n°1, p. 7-60, 2007.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** Ed. 19. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation, Washington, D.C., 2012.

Gao, X.; Giorgi, F. Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution regional climate projections. **Global and Planetary Change**.v.62, n°3-4, p. 195-209, 2008.

Golosov, S.;Terzhevik, A.; Zverev, I.; Kirillin, G.; Engelhardt, C. Climate change impact on thermal and oxygen regime of shallow lakes. **Tellus A**, v.64. 17264, 2012.

IA - Instituto do Ambiente. **Relatório síntese sobre a caracterização das regiões hidrográficas previstas na Directiva Quadro da Água**. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa, 2005.

Iglesias, A.; Garrote, L.; Flores, F.; Moneo, M. Challenges to Manage the Risk of WaterScarcity and Climate Change in the Mediterranean. **Water Resources Management.** v.21, n°5, p. 775-788, 2007.

Kundzewicz, Z.W.; Mata, L.J.; Aaenell, N.W.; Doll, P.; Kabat, P.; Jiménez, B.; Miller, K.A.; Oki, T.; Sen, Z.; Shiklomanov, I.A. **Freshwater resources and their management. climate change 2007**: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.

Lorenzen, C. J. **Determination of chlorophyll and pheopigments**: spectrophotometric equations. Limnology and Oceanography.v.12, p. 343-346, 1967.

Mankiewicz, J.;Tarczynska, M.; Walter, Z.;Zalewski, M. Natural toxins from cyanobacteria. **Acta Biologica Cracoviensia**. v.45, n°2, p. 9-20, 2003.

Mironov, D.V. Parameterization of lakes in numerical weather prediction. Description of a lake model. COSMO Technical Report 11, **DeutscherWetterdienst, Offenbach am Main**, Germany, 41 pp, 2008.

Morales, J.A.**Sedimentologia del Estuário del Guadiana** (SW Espana- Portugal). Tese de doutoramento, Universidade de Sevilha, Espanha, 1993.

OCDE. **Emerging risks to water supplies**: Best practice for improved management and preparedness to protect public health. Disponível emwww.oecd.org/sti/biotechnology, 2005.

Potes, M.; Costa, M. J.; Salgado, R.; Bortoli, D.; Serafim, A.; Le Moigne, P. Spectral measurements of underwater downwelling radiance of inland water bodies. **Tellus A**, v.65, 20774, 2013.

ISSN: 1985-5528
DOI: 10.22411/rede2017.1101.06

PROCESL. **Estudo da situação das Fontes de poluição urbana, na bacia hidrográfica da barragem de Pedrógão**: Relatório final. EDIA, 2003.

Ragab R.; Hamdy, A. Water Management Strategies to Combat Drought in the Semi aridRegions. In: Hamdy, A.; Trisori-Liuzzi, G. **Water Management for Drought Mitigation in the Mediterranean**. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes.Tecnomack – Bari, Itália, 2004.

Soranno, P. Factors affecting the timing of surface scums and epilimnetic blooms of bluegreen algae in a eutrophic lake. **Canadian journal of fisheries and aquatic sciences**. v.54, p. 1965-1975, 1997.

Tisdell, C. A. **Economics of Environmental Conservation**. Elsevier Science Publishers, Amsterdam , 1991.

Vasconcelos, V. M. **Eutrophication, toxic cyanobacteria and cyanotoxins**: when ecosystems cry for help. Limnetica.v.25, n° 1-2, p.425-432, 2006.

WWFN (World Wide Fund for Nature). **Case-study on the proposed dams scheme of Alqueva, Portugal**. Update of 1992 Report, 1995.