



UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Sumário pormenorizado de Seminário Os lagos, o estado do tempo e o clima



Rui Paulo Vasco Salgado

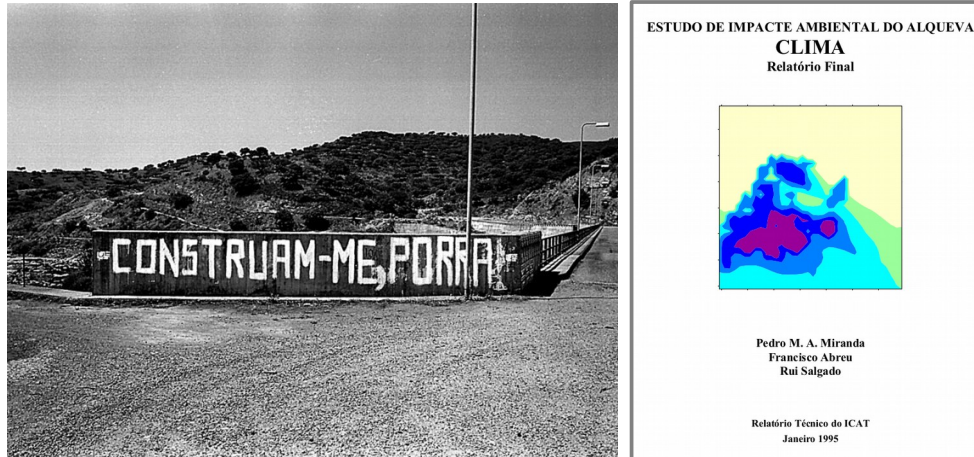
Sumário apresentado à Universidade de Évora no âmbito das provas para a obtenção do título de Agregado em Ciências da Terra e do Espaço, especialidade Física da Atmosfera e do Clima

Apresentado nos termos dispostos no Decreto-Lei nº293/2007, de 19 de Junho, Artigo 5º, alínea c)

Évora, Agosto de 2019

Os lagos, o estado do tempo e o clima

1. Introdução



Poderia ter sido por a construção de Alqueva ser uma já antiga aspiração do povo alentejano, pela qual lutaram gerações de homens que habitam este território e com os quais me identifico. Poderia continuar a ser por Alqueva, sendo já uma realidade, continuar a ser um projecto inacabado, longe de corresponder às esperanças que nele depositámos. Poderiam ser estas as razões pelas quais tenho dedicado uma parte significativa da minha actividade científica ao estudo das interacções lago-atmosfera e utilizado o grande lago de Alqueva como laboratório. E talvez até, lá no fundo, tenha algo a ver com isto, mas na verdade, a motivação inicial foi a conjugação de eu ter vindo viver para o Alentejo, em 1993, como assistente estagiário na Universidade de Évora, estar a frequentar o mestrado na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, necessitar de um tema para a dissertação, e o meu orientador na altura, o Pedro Miranda, ter aceite o desafio de participar no estudo de impacto ambiental de Alqueva, então ainda só projecto, sendo responsável pela componente de Clima. Foi assim que comecei a trabalhar no impacto climático de Alqueva, tendo sido co-autor do respectivo relatório (Miranda, Abreu e Salgado, 1994) e utilizado esse trabalho como base para a dissertação de mestrado (Salgado, 1996). Posteriormente, desenvolvi o tema, de forma mais alargada, com novas ferramentas e metodologias na minha tese de doutoramento (Salgado, 2006) que realizei sob a orientação também do Pedro Miranda e a co-orientação do Joël Noilhan, investigador do Centre National de Research Météorologique, em Toulouse, França. A participação no estudo do impacto climático de Alqueva foi assim a motivação inicial para a actividade científica que tenho desenvolvido neste domínio e que é portanto também a primeira motivação para esta lição/seminário

Há uma segunda motivação para esta lição/seminário: a melhoria da representação dos lagos nos modelos de previsão do tempo, uma necessidade com que me confrontei durante o doutoramento e que em simultâneo foi tornada geral pelo aumento da resolução dos modelos operacionais de previsão do tempo e de clima. As novas resoluções, agora possíveis graças ao aumento da capacidade cálculo, tornaram relevante a introdução de uma representação interactiva da interacção águas interiores-atmosfera (ver por exemplo Samuelson et al., 2010, ou Balsamo et al., 2013). O processo de desenvolvimento e teste de modelos de lago e o seu acoplamento em modelos de previsão do tempo e do clima tem sido impulsionado por uma pequena comunidade científica na qual participo e que se organiza em torno dos workshops em “Parameterization of Lakes in

Numerical Weather Prediction and Climate Modelling” cuja 6ª edição ocorre em Toulouse em Outubro de 2019 ([LAKE2019](#)), continuando uma série iniciada em Zelenogorsk (Rússia, 2008) e continuada em Norrköping (Suécia, 2010), Helsínquia (Finlândia, 2012), Évora (Portugal, 2015), e Berlim (Alemanha, 2017). O acoplamento de modelos interactivos de lago nos modelos de previsão de tempo e de clima, tendo por primeiro objectivo a melhoria da previsão do tempo e das projecções climáticas, abre novas perspectivas de previsão do estado físico-químico e de qualidade da água de lagos e albufeiras.

Nesta lição/seminário irei assim procurar apresentar o estado da arte sobre o conhecimento da relação entre lagos (e albufeiras), o estado do tempo e o clima, com enfoque na modelação das interacções águas interiores-atmosfera e nos contributos que em conjunto com outros colegas tenho dado neste domínio.

Tendo hesitado entre chamar lição ou seminário, tenho mantido a expressão dúbia lição/seminário. Pode ser uma lição, não exactamente para a unidade curricular de Clima e Alterações Climáticas cujo relatório apresento a estas provas de agregação, mas para disciplinas do mestrado em Ciências da Terra e da Atmosfera ou do doutoramento em Ciências da Terra e do espaço que oferecemos na Universidade de Évora, tendo já utilizado parte do material nas unidades curriculares de “*Meteorologia sinóptica e Previsão do Tempo*”, de “*Clima, Modelação do Clima e Alterações Climáticas*” e de *Modelação Atmosférica* (Doutoramento). Também está bem como seminário e o que me proponho a apresentar corresponde a um desenvolvimento, actualização e apuramento de seminários que tenho dado sobre este tema, dos quais o primeiro aconteceu em Junho de 2010 nas Jornadas de Física por ocasião da jubilação do Professor Rui Namorado Rosa, designado por “Os lagos, a previsão do tempo e o clima” ([Salgado, 2010](#)) e as últimas em Fevereiro de 2019 na Universidade de Granada, Espanha, designado por “Climate effects of reservoirs and lakes: the Alqueva case study” ([Salgado et al., 2019a](#)) e Março de 2019 na Météo France, em Toulouse, França, no simpósio “*A Tribute to Joël Noilhan*” com o título “Surface-Atmosphere interactions and the impact of lakes on climate” ([Salgado et al., 2019b](#)).

Como disse, apresento neste seminário resultados que obtive ao longo dos últimos 25 anos neste domínio científico. Resultam de trabalho individual, claro, mas de muitos trabalhos em conjunto com Pedro Miranda, Joël Noilhan, Patrick Le Moigne, Pierre Lacarrère, Miguel Potes, Maria João Costa, Gianpaolo Balsamo, Maksim Iakunin, Pedro Soares, Rita Cardoso, Emanuel Dutra, Carlos Polcarpo, Carlos Miranda Rodrigues, Ana Maria Silva, Daniele Bortoli, Paulo Canhoto, Samuel Bárias, Sérgio Aranha, Victor Stepanenko, Valery Mason, Maria José Monteiro, Sónia Assunção, Manuela Morais, Alexandra Penha, Helena Novais, Gonçalo Rodrigues, Patrícia Palma, Victor Prior, Maria Parrondo, Ana Ilhéu, Martinho Murteira, Valter Rico, André Albino, Hugo Silva, Keri Nicoll, Marta Melgão e Francisco Lopes.



Fotografia de grupo no 5º workshops em “Parameterization of Lakes in Numerical Weather Prediction and Climate Modelling”, Berlim, 2017

2. Resumo

Neste lição tenta sintetizar-se o estado da arte do conhecimento actual sobre a interacção entre os lagos (naturais ou artificiais) e o Clima. Para o efeito começa-se por introduzir alguns conceitos da física da interacção água-ar e das transferências de massa, energia e momento linear na superfície de interface. De seguida discutimos como se medem ou estimam e se modelam esses fluxos e como tornar útil esses modelos para melhorar a previsão do tempo e da qualidade da água, as projecções do clima futuro e o efeito das albufeiras no clima local.

A lição tem como fio condutor Alqueva, as campanhas de observação que temos realizado neste grande laboratório e os contributos científicos, universais, que daí extraímos.

3. Tópicos da apresentação

- Início: Motivação
 - (1) caso de estudo: o impacto climático de Alqueva
Introduz-se o projecto e a história do empreendimento de fins múltiplos de Alqueva
 - (2) A representação dos lagos e albufeiras nos modelos de previsão do tempo
Introduz-se a história da representação dos lagos em modelos numéricos de Previsão do tempo e do sistema Terra
- Os efeitos dos lagos no clima: breve estado da arte.
 - Exactamente o que diz o título, síntese do conhecimento sobre os efeitos conhecidos
- Introdução à física da interacção lagos - atmosfera
 - Os fluxos de energia, momento e massa entre a superfície e o ar
 - Diferenças relativamente às superfícies de terra
 - As camadas limites (lagos e atmosfera)
Referências: Brutsart (1998) , Arya (2001)
- Como se determinam os fluxos superficiais
 - Método do perfil
 - Método baseado em *eddy-covariance*
 - Medição da irradiância solar e atmosférica
Referências: Aubinet et al. (2011) e Burba (2013)
- Estimativa dos fluxos sobre a albufeira de Alqueva
 - Aparato experimental;
 - Mostram-se resultados destas experiências
Baseado nas publicações: Salgado e Le Moigne (2010); Potes et al., (2012. 2013 e 2017) Salgado et al. (2015a) e Rodrigues (2009)
- Como se podem determinar os efeitos dos lagos no clima
 - Observação da atmosfera
 - Modelação atmosférica
- Caso de estudo de Alqueva: O que mostram as observações.

- Campanhas de observação em Alqueva; Campanhas realizadas em Alqueva, nomeadamente ALEX (2014) e ALOP (2017-2019)
 - Geração de brisa de lago.
 - Impacto na temperatura e humidade do ar
 - Impacto no nevoeiros
 - Outros impactos

Baseado nas publicações: Salgado et al. (2015), Lopes et al. (2016), Policarpo et al. (2017), Potes et al., (2017), Iakunin et al. (2018)
- Como se modelam os efeitos dos reservatórios de água no estado do tempo e no clima?
 - Modelos de lago

Breve descrição de alguns modelos de lago, nomeadamente FLake (Mironov, 2008) e LAKE (Stepanenko et al., 2016 e Iakunin et al., subimted)
- A representação explícita e interactiva dos lagos em modelos de previsão do tempo e de clima
 - Estado da arte
 - Evolução recente e contribuição própria
 - Parâmetros e condições iniciais
 - Impactos na qualidade da previsão do tempo
 - Novos produtos de previsão
 - Os lagos e o aquecimento global

Mostram-se resultados de Salgado e Le Moigne (2010) Balsamo et al. (2012), Potes et al. (2012), Masson et al. (2013) Le Moigne et al. (2013), Iakunin et al. (2018), Novais et al. (2019) e Iakunin et al. (submitted)
- Necessidade de Determinar o coeficiente de atenuação da luz solar na água
 - Exemplo de aparato experimental
 - Resultados
 - Utilização de detecção remota por satélite para a sua determinação

Baseado em Potes et al. (2012 e 2013 e 2018) e Rodrigues et al. (To be subimted)
- Inicialização dos modelos

Baseado em Balsamo et al. (2013)
- Modelos do sistema Terra com representação interactiva de lagos.
 - Os lagos e as albufeiras num clima em mudança
- De novo o caso de estudo de Alqueva: Resultados da modelação
 - A evolução da temperatura da superfície da água
 - A estrutura tridimensional das circulações térmicas
 - Impacto nos campos da temperatura, humidade e vento junto à superfície
 - Efeitos na camada limite atmosférica
 - Efeitos na formação e evolução do campo do nevoeiro
 - Efeitos na precipitação

Baseado em Salgado (2016), Salgado et al. (2015b), Policarpo et al. (2017) e Iakunin et al. (2018)

3. Referências

- Arya, S. P., 2001: *Introduction to Micrometeorology*. 2nd ed. International Geophysics Series, Vol. 79, Academic Press, 420 pp.
- Aubinet M, T. Vesala, D. Papale (Eds.), 2011: *Eddy Covariance: A Practical Guide to Measurement and Data Analysis*, Springer Atmospheric Sciences.
- Balsamo, G., R. Salgado, E. Dutra, S. Boussetta, T. Stockdale, M. Potes, 2012: On the contribution of lakes in predicting near-surface temperature in a global weather forecasting model, *Tellus-A*, 64, 15829, DOI: 10.3402/tellusa.v64i0.15829, also available as ECMWF Tech. Memo 648
- Brutsaert, W. (1982): *Evaporation into the atmosphere: Theory, history, and applications*, D. Dordrecht, Netherlands: Reidel Publishing Company.
- Burba, G., 2013: *Eddy Covariance Method for Scientific, Industrial, Agricultural and Regulatory Applications*. LI-COR Biosciences, Lincoln, USA (2013)
- Iakunin, M., Salgado, R., and Potes, M., 2018: Breeze effects at a large artificial lake: summer case study. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, 5191-5210, <https://doi.org/10.5194/hess-22-5191-2018>.
- Le Moigne, P., D. Legain, F. Lagarde, M. Potes, D. Tzanos, E. Moulin, J. Barrié, R. Salgado, G. Messiaen, A. Fiandrino, S. Donier, O. Traullé, and M. J. Costa, 2013: Evaluation of the lake model FLake over a coastal lagoon during the THAUMEX field campaign, *Tellus A*, 65, 20951. doi: 10.3402/tellusa.v65i0.20951.
- Lopes, F., Silva, H., Salgado, R., Potes, M., Nicoll, K., & Harrison, R. (2016). Atmospheric electrical field measurements near a fresh water reservoir and the formation of the lake breeze. *Tellus A*, 68. doi:<http://dx.doi.org/10.3402/tellusa.v68.31592>
- Masson, V., Le Moigne, P., Martin, E., Faroux, S., Alias, A., Alkama, R., Belamari, S., Barbu, A., Boone, A., Bouysse, F., Brousseau, P., Brun, E., Calvet, J.-C., Carrer, D., Decharme, B., Delire, C., Donier, S., Essaouini, K., Gibelin, A.-L., Giordani, H., Habets, F., Jidane, M., Kerdraon, G., Kourzeneva, E., Lafaysse, M., Lafont, S., Lebeaupin Brossier, C., Lemonsu, A., Mahfouf, J.-F., Marguinaud, P., Mokhtari, M., Morin, S., Pigeon, G., Salgado, R., Seity, Y., Taillefer, F., Tanguy, G., Tulet, P., Vincendon, B., Vionnet, V., and Voldoire, A (2013).: The SURFEXv7.2 land and ocean surface platform for coupled or offline simulation of earth surface variables and fluxes, *Geosci. Model Dev.*, 6, 929-960, doi: 10.5194/gmd-6-929-2013.
- Novais, M. H., Penha, A., Morales, E., Potes, M., Salgado, R., Morais, M., 2019: Vertical distribution of benthic diatoms in a large reservoir (Alqueva, Southern Portugal) during thermal stratification. *Stoten*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.251>
- Miranda, P.M.A., F. Abreu e R. Salgado, 1995; *Estudo de Impacte Ambiental do Alqueva - Clima; Relatório Final. Relatório Técnico do ICAT*, 186pp.
- Mironov, D., 2008: Parameterization of lakes in numerical weather prediction, Description of a lake model, COSMO Technical Report, Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, 41 pp., 2008.

- Policarpo, C., Salgado, R. and Costa, M. J. (2017): Numerical Simulations of Fog Events in Southern Portugal. *Advances in Meteorology*, vol. 2017, Article ID 1276784, 16 pages, 2017. doi:10.1155/2017/1276784
- Potes, M., Costa, M. J., and Salgado, R., 2012: Satellite remote sensing of water turbidity in Alqueva reservoir and implications on lake modelling, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 1623-1633, doi:10.5194/hess-16-1623-2012, 2012
- Potes, M., Costa, M. J., Salgado, R., Bortoli, D., Serafim, A. Le Moigne, P., 2013: Spectral measurements of underwater downwelling radiance of inland water bodies. *Tellus A*. 65, DOI: 10.3402/tellusa.v65i0.20774.
- Potes, M., Salgado, R., Costa M.J., Morais, M., Bortoli, D., Kostadinov, I. and Mammarella, I., 2017: Lake–atmosphere interactions at alqueva reservoir: a case study in the summer of 2014. *Tellus A* 2016, 00, 1272787, <http://dx.doi.org/10.1080/16000870.2016.1272787>
- Potes, M., Rodrigues, G., Penha, A. M., Novais, M. H., Costa, M. J., Salgado, R. and Morais, M. 2018. Use of Sentinel 2 – MSI for water quality monitoring at Alqueva reservoir, Portugal, *Proc. IAHS*, 380, 73–79 , <https://doi.org/10.5194/piahs-380-73-2018>
- Rodrigues, C.M.M, 2009. Cálculo da evaporação de albufeiras de grande regularização do sul de Portugal. Ph.D. Thesis, Universidade de Évora, Évora, Portugal, October 2009. [\[Link\]](#)
- Salgado, R., 2006: Interacção solo - atmosfera em clima semi-árido. Dissertação apresentada à Universidade de Évora para a obtenção do grau de Doutor em Física.
- Salgado, R. 2010: “Os lagos, a previsão do tempo e o clima”. Jornadas de Física por ocasião da Jubilação do Professor Rui Namorado Rosa, Évora, 15 e 16 de Junho de 2010. [\[link\]](#)
- Salgado, R., Miranda, P.M.A., Lacarrère, P. and Noilhan, J., 2015. Boundary layer development and summer circulation in Southern Portugal. *Tethys*, 12, doi: 10.3369/tethys.2015.12.03.
- Salgado et al., 2019a: “Climate effects of reservoirs and lakes: the Alqueva case study”, Conferência proferida na Universidade de Granada, IISTA-CEAMA a14 de março de 2019. [\[link\]](#)
- Salgado et al., 2019b: “Surface-Atmosphere interactions and the impact of lakes on climate”, Comunicação convidada no simpósio “*A Tribute to Joël Noilhan*”, Météo France, Toulouse, França, em 22 de Março de 2019 ([\[link\]](#))
- Samuelsson P, Kourzeneva E and Mironov D, 2010: The impact of lakes on the European climate as simulated by a regional climate model *Boreal Environ. Res.* 15 113–29.
- Stepanenko, V., Mammarella, I., Ojala, A., Miettinen, H., Lykosov, V., and Vesala, T., 2016: LAKE 2.0: a model for temperature, methane, carbon dioxide and oxygen dynamics in lakes, *Geoscientific Model Development*, 9, 1977–2006, <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1977-2016>.