

9º Seminário sobre Águas Subterrâneas

Campus de Caparica, 7 e 8 de Março de 2013
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Patrocinadores



SÍNTESE DO ESTUDO DA RECARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO CONCELHO DE ALMADA

Catarina G. CARIA¹, Manuel M. OLIVEIRA², Catarina R. SILVA³

¹ *cgameirocaria@gmail.com*

² *Núcleo de Águas Subterrâneas, LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Tel.: 218 443 436, moliveira@lnec.pt*

³ *Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, Centro de Geologia, Ed. C6, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, csilva@fc.ul.pt*

RESUMO

O estudo presente refere-se à estimativa da recarga natural de águas subterrâneas na área abrangida pelo concelho de Almada. A recarga foi estimada através do modelo BALSEQ_MOD de balanço hídrico sequencial diário ao nível do solo.

O balanço baseou-se no período de referência entre 1981-10-01 e 2011-09-30 com base nas séries de precipitação do Monte da Caparica e de evapotranspiração determinada com base nos registos da estação de Lisboa Geofísico. Os parâmetros necessários à corrida do modelo foram determinados com base nos mapas de solos e de ocupação do solo.

Os resultados obtidos permitiram estimar a recarga média no concelho de Almada em 77 mm/ano, o que corresponde a cerca de 11% da precipitação ocorrida na área do concelho.

Palavras-chave: recarga, águas subterrâneas, BALSEQ_MOD, balanço hídrico, Almada.

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

O enquadramento geológico é feito com base em PAIS *et al.* (2006).

O concelho de Almada pode ser dividido em duas zonas distintas, considerando a idade e características das formações presentes.

A zona norte é constituída por formações miocénicas, desde as Areolas de Estefânia às Areolas de Cabo Ruivo e Areolas de Braço de Prata indiferenciadas. Estas formações são na sua maioria compostas por níveis arenos-argilosos, com intercalações de bancadas calcárias ou calco-areníticas e ainda de níveis argilosos. São estas formações que materializam a arriba fósil da Costa da Caparica.

Toda a zona sul e oeste é ocupada por formações de idade pliocénica, plio-pleistocénica e quaternária, as quais se sobrepõem às formações miocénicas. A Formação de Santa Marta, constituída por conglomerados pouco espessos e areias fluviais, representa o Pliocénico. O Conglomerado de Belverde, de idade plio-pleistocénica, é constituído por clastos de quartzo, quartzito, sílex e rochas ígneas, entre outras, numa matriz arenosa. O Holocénico é representado por areias de duna, areias de praia, depósitos de vertente e aluviões e/ou aterros.

Hidrogeologicamente a área de interesse localiza-se na Bacia Terciária do Baixo Tejo, pertencendo ao sistema aquífero Margem Esquerda. De acordo com ALMEIDA *et al.* (2000) e PAIS *et al.* (2006), na Península de Setúbal o sistema aquífero da Margem Esquerda é constituído por um aquífero superior livre, instalado nas camadas do topo do Pliocénico e depósitos detríticos recentes, sobrejacente a um aquífero confinado, multicamada, suportado pelas camadas inferiores do Pliocénico e as camadas areníticas, calco-areníticas e margosas do Miocénico médio e superior. Inferiormente, separado por espessas formações margosas, ocorre outro aquífero confinado, multicamada, suportado por formações margo-calcárias da base do Miocénico.

PROCESSOS DO BALANÇO HÍDRICO

O cálculo da recarga aquífera natural no concelho de Almada foi realizado através do modelo numérico BALSEQ_MOD de balanço hídrico sequencial diário a nível do solo, desenvolvido no LNEC e apresentado em Oliveira (2004). Este modelo, que atualiza o modelo BALSEQ (Lobo Ferreira, 1981), consiste na aplicação de uma formulação de base, onde são considerados parâmetros físicos do solo e climáticos, de modo a executar um balanço ao nível do solo.

Este programa permite determinar a infiltração profunda ocorrida, assumindo-se que esta é um indicador da recarga natural, ou seja, considera-se que toda a água que percola através da base do solo corresponde à água de recarga. O modelo calcula sucessivamente os seguintes processos do balanço hídrico: infiltração superficial, evapotranspiração real, variação do armazenamento da água no solo e infiltração profunda (Figura 1). A recarga é dada pela seguinte equação (Oliveira, 2004):

$$R = I_p = P - E_{ps} - ETR - \Delta A_l = I_s - ETR - \Delta A_l$$

9º Seminário sobre Águas Subterrâneas

Campus de Caparica, 7 e 8 de Março de 2013 | Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

(R – Recarga; I_p – Infiltração Profunda; P – Precipitação; E_{ps} – Escoamento direto superficial; ETR – Evapotranspiração Real; ΔA_1 – Variação do armazenamento da água no solo; I_s – Infiltração superficial)

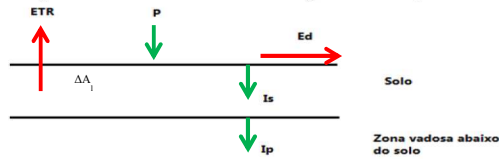


Figura 1 – Variáveis do balanço hídrico ao nível do solo (adaptado de Caria, 2012)

A infiltração superficial consiste na água que entra no solo, quer seja resultante de precipitação ou de escoamento superficial. Esta variável é dependente dos valores diários de precipitação, do material do solo, da capacidade de campo (cc), do ponto de emurchecimento permanente (wp) e do teor de humidade do solo.

A evapotranspiração real consiste no processo através do qual a água transita do estado líquido a gasoso, regressando diretamente, ou através das plantas, à atmosfera. A determinação desta variável tem por base a evapotranspiração de referência, a variação de armazenamento de água no solo e o tipo de ocupação do solo, de acordo com a seguinte expressão proposta por Allen *et al.* (1998):

$$ETR = (K_a \times K_{cb} + K_e) \times ETo$$

(K_a - Coeficiente de stress hídrico; K_e - Coeficiente de evaporação do solo; ETo – Evapotranspiração de referência)

A expressão anterior refere-se à aplicação do coeficiente cultural dual, ou seja, considera-se separadamente a transpiração das plantas e a evaporação a partir do solo.

A variação do armazenamento de água no solo consiste na diferença de água existente no solo no final e no início de um determinado período. O seu cálculo é feito com base na seguinte equação, cujas variáveis integrantes são os processos modelados pelo BALSEQ_MOD (Oliveira, 2004):

$$\Delta A_1 = I_s - (I_p + ETR)$$

A infiltração profunda corresponde ao processo pelo qual a água penetra na zona saturada, aumentando o volume acumulado anteriormente. Este processo ocorre quando é superada a capacidade de campo (cc) da zona vadosa abaixo do solo. Depende da porosidade (n) e da condutividade hidráulica saturada (K_s).

CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO BALANÇO HÍDRICO

Precipitação

A série de precipitação utilizada foi a da estação climatológica do Monte da Caparica, do Instituto da Água (INAG). Esta estação apresenta registos diários desde 1985-05-01 até à atualidade, com várias lacunas, correspondendo a de maior expressão a um período de 4 anos. O preenchimento das lacunas foi feito com base na correlação linear entre os dados desta estação e a do Instituto Geofísico Infante D. Luiz (IGIDL), escolhida por apresentar maior número de valores para períodos homólogos com valores em falta na estação do INAG e por ser a estação com maior proximidade e influência sobre a área em estudo. A reta de correlação (Figura 2) tem equação $P_{MC(mm/d)} = 0,8682 \cdot P_{IGDL(mm/d)} + 0,1989$, com valor correlativo de $r^2 = 0,8251$. No caso de $P_{IGDL} = 0$ mm considerou-se igualmente que $P_{MC} = 0$ mm.

Evapotranspiração de Referência

A evapotranspiração de referência (ETo) é um dado de entrada necessário à corrida do modelo BALSEQ_MOD, permitindo determinar os valores de evapotranspiração real. Consiste, segundo Allen *et al.* (1998), na evapotranspiração que ocorre numa superfície padrão, designadamente uma cultura de referência hipotética, com uma altura de 0,12 m, uma resistência superficial fixa de 70 s.m^{-1} e um albedo de 0,23.

O cálculo da ETo foi realizado através da equação de Penman-Monteith da FAO (Allen *et al.*, 1998).

Para o cálculo da equação de Penman-Monteith, recolheram-se os valores de temperatura mensal máxima média (°C), temperatura mensal mínima média (°C), temperatura mensal média diária às 9 horas (°C), velocidade do vento mensal média (m/s), humidade relativa mensal média medida às 9 horas (%) e insolação mensal média (horas/dia) relativos à estação Lisboa Geofísico, retirados do sítio da Internet do Instituto Superior de Agronomia http://agricultura.isa.utl.pt/agribase_temp/solos/. Os dados disponíveis apresentam uma lacuna no parâmetro de velocidade do vento entre Abril e Outubro de 1966 e apenas dizem respeito a um período compreendido entre Janeiro de 1958 e Dezembro de 1988, apresentando apenas sete anos em comum com a série de precipitação, sendo por isso necessário (1) colmatar as lacunas existentes e (2) determinar os valores para o restante período, ou seja, até Setembro de 2011.

Para a colmatação das lacunas foi realizada uma relação de regressão linear para cada mês, de Abril a Outubro, com dados de velocidade do vento da estação Lisboa Geofísico e da estação Cabo Ruivo (retirado do ISA). Para completar a série até Setembro 2011 calculou-se a ETo para os dados disponíveis (Janeiro de 1958 a Dezembro de 1988) e correlacionou-se com os dados de temperatura e vento disponíveis para o mesmo período. Verificou-se a existência de uma boa correlação com os dados de temperatura, representada na Figura 3, com equação $ETo_{(mm/d)} = 0,383 \cdot T_{\text{média}(^{\circ}\text{C})} - 2,798$, pelo que esta correlação foi utilizada para estimar a ETo a partir dos valores de temperatura disponibilizados em www.wunderground.com.

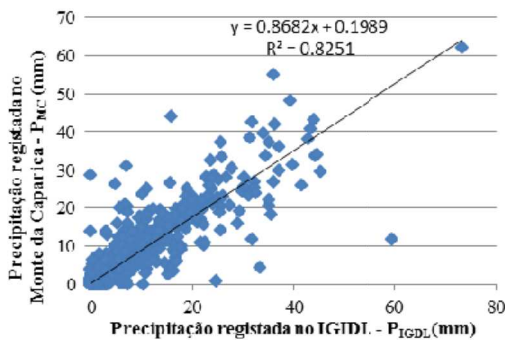


Figura 2 - Relação entre a precipitação registada nas estações consideradas (adaptado de Caria, 2012)

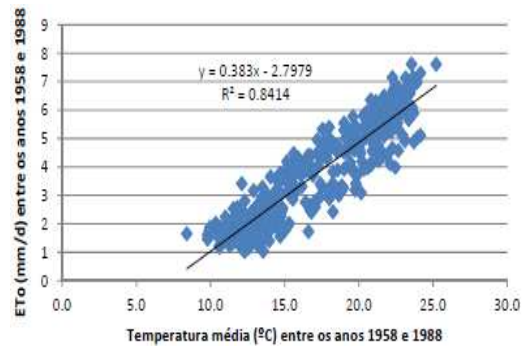


Figura 3 - Relação entre a evapotranspiração de referência mensal e a temperatura mensal (adaptado de Caria, 2012)

Parâmetros do balanço hídrico

Os parâmetros necessários à corrida do modelo foram caracterizados com base na Carta de Ocupação do Solo [COS'90], à escala 1:25000, da autoria do Centro Nacional de Informação Geográfica (CNIG) e da Carta de Solos de Portugal, à escala 1:25000, do Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente (IHERA), tendo esta informação sido fornecida pela Câmara Municipal de Almada.

A forma de fazer a atribuição dos parâmetros em função da cartografia pode ser consultada em Oliveira (2004), ou, de uma forma mais sintética, em Oliveira (2011). Os procedimentos e tabelas com os valores utilizados para a aplicação ao concelho de Almada são apresentados em Caria (2012). Ao todo caracterizaram-se 5 parâmetros dependentes do solo e 40 parâmetros dependentes da ocupação do solo.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

A corrida do modelo BALSEQ_MOD permitiu obter valores para os processos de evapotranspiração real (ETR), escoamento direto (ED) e de recarga (REC). Os resultados obtidos podem ser vistos com detalhe em Caria (2012). A Figura 4 mostra, por tipo de ocupação do solo, os valores máximos e médios encontrados para cada um dos processos referidos na área em estudo; a Figura 5 sintetiza a distribuição dos valores de recarga; e as Figuras 6 e 7 representam respetivamente a distribuição espacial dos valores de recarga anual média e a proporção da recarga face ao processo de precipitação.

A recarga natural média anual ocorrida no concelho de Almada foi estimada em 77 mm/ano, representando cerca de 5,4 hm³/ano de água de recarga natural gerada dentro dos limites do concelho. Este valor corresponde a cerca de 11 % da precipitação anual média que ocorre na bacia. Os resultados obtidos e a Figura 6 mostram que a recarga anual média varia localmente entre 0 e 318 mm/ano (representando um intervalo de 0 a 50 % da precipitação -Figura 7), demonstrando a Figura 5 que predominam os valores de recarga média até 50 mm/ano.

As zonas representadas a cinzento nas Figuras 6 e 7 são aquelas para as quais não foi possível calcular a recarga por se desconhecer os solos aí presentes, numa área que representa 23% da área total do concelho. Ao valor de recarga anual média anteriormente calculado haveria que acrescentar a recarga que pudesse ocorrer nestas áreas, embora parte da zona ocupada pelas praias e dunas adjacentes não pudesse contribuir para a disponibilidade hídrica subterrânea do concelho, uma vez que se situa junto ao mar, que constitui uma zona de descarga do sistema aquífero.

Em termos de exploração do recurso hídrico subterrâneo, o volume de águas subterrâneas disponível para extração prevê-se superior ao valor de recarga anual média uma vez que o limite E do concelho de Almada se insere próximo de uma das zonas de descarga do grande sistema aquífero da Margem Esquerda, recebendo portanto contribuições de escoamento subterrâneo proveniente de fora dos limites do concelho.

9º Seminário sobre Águas Subterrâneas

Campus de Caparica, 7 e 8 de Março de 2013 | Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

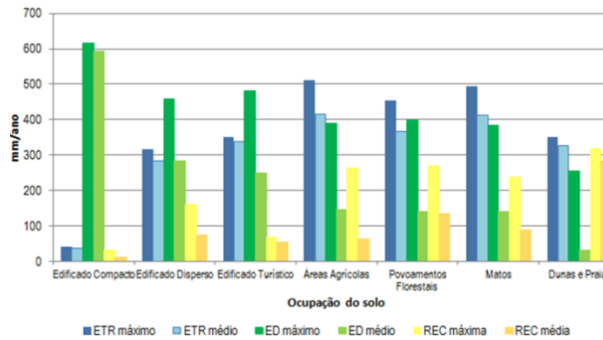


Figura 4—Distribuição por tipo de ocupação do solo dos valores máximos e médios de ETR, Ed e REC (adaptado de Caria, 2012)

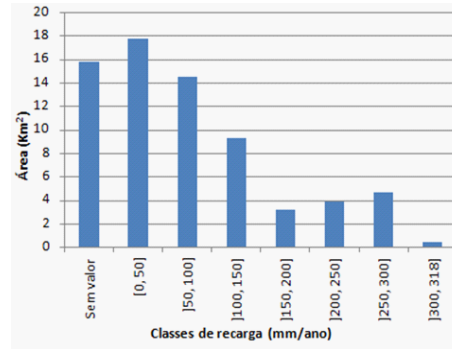


Figura 5—Distribuição da área do concelho em função da recarga estimada (adaptado de Caria, 2012)

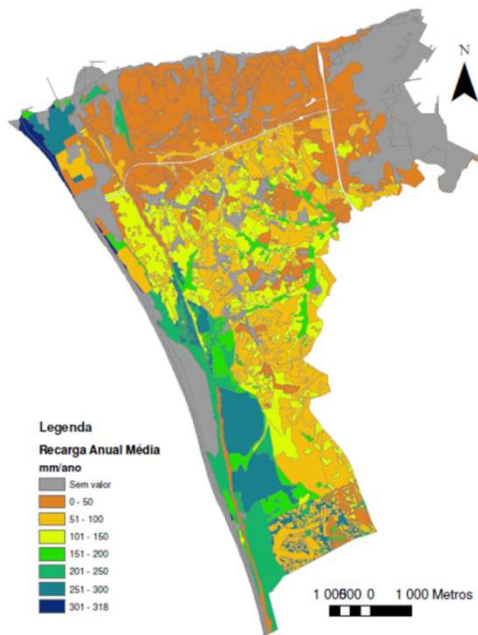


Figura 6 - Recarga anual média estimada no concelho de Almada entre 1981-10-01 e 2011-09-30 (adaptado de Caria, 2012)

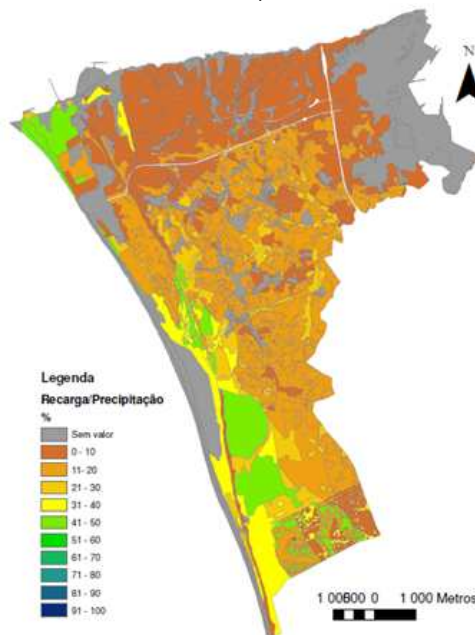


Figura 7 - Relação entre recarga anual média estimada no concelho de Almada e a precipitação anual média entre 1981-10-01 e 2011-09-30. (adaptado de Caria, 2012)

BIBLIOGRAFIA

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. (1998) – “Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements”, FAO, Irrigation and Drainage Paper, nr. 56.
- Almeida, C.; Mendonça, J.J.L.; Jesus, M.R.; Gomes, A.J. (2000) – “Sistemas Aquíferos de Portugal Continental”, Centro de Geologia e Instituto da Água.
- Caria, C.G. (2012) – “Estudo da Recarga de Águas Subterrâneas do Concelho de Almada”. Dissertação apresentada ao Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Aplicada.
- Lobo Ferreira, J.P. (1981) – “Mathematical Model for the Evaluation of the Recharge of Aquifers in Semiarid Regions with Scarce (Lack) Hydrogeological Data”. Proceedings of Euromech 143/2-4 Setp.1981, Rotterdam, A.A. Balkema (Ed. A. Verruijt e F.B.J. Barends). Também: 1982, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Memória Nº 582.
- Oliveira, M.M. (2004) – “Recarga de águas subterrâneas: Métodos de avaliação”. Doutoramento em Geologia (Hidrogeologia), Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, 440 pp., 2004. Também: Teses e Programas de Investigação - TPI 42, ISBN 972-49-2093-3, Editora LNEC, 2006.
- Oliveira, M.M. (2011) – “Conceptualização do processo de recarga e do balanço hídrico de sistemas aquíferos no planeamento de recursos hídricos por sub-bacias hidrográficas”. 8º Seminário Sobre Águas Subterrâneas, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, Lisboa.
- Pais, J.; Moniz, C.; Cabral, J.; Cardoso, J.L.; Legoinha, P.; Machado, S.; Morais, M.A.; Lourenço, C.; Ribeiro, M.L.; Henriques, P.; Falé, P. (2006) – “Carta Geológica de Portugal na Escala 1:50000. Notícia Explicativa da Folha 34-D”(Lisboa). Serviços Geológicos Portugal, Lisboa