

**DEFINIÇÃO DOS ECOSISTEMAS DEPENDENTES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
NOS PLANOS DE BACIA DO SUL DE PORTUGAL
Madrid, 28-30 novembro 2016**

António CHAMBEL*, José Paulo MONTEIRO**

(*) Instituto Ciências da Terra, Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal, achambel@uevora.pt

(**) Universidade do Algarve - Centro de Ciências e Tecnologias da Água. Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal, jpmonte@ualg.pt

RESUMO

Quando pela primeira vez, por volta de 2010/2011 se colocou a questão da definição das áreas onde os ecossistemas estariam dependentes de águas subterrâneas, e entendendo-se por “ecossistemas dependentes de águas subterrâneas” os ecossistemas que dependem, em todo ou em parte de águas subterrâneas e que seriam irrevogavelmente afetados em caso de afetação da quantidade ou qualidade das águas subterrâneas, tornou-se necessário criar mecanismos para rapidamente se conseguirem identificar esses sistemas ecológicos. Para esse fim, foram em primeiro lugar, com base em dados de níveis freáticos de águas subterrâneas, identificadas as áreas onde as águas subterrâneas se situariam próximo da superfície do solo. Depois foram usados modelos conceituais, onde estes existiam, para determinar as zonas onde havia hipóteses de haver ascensão de água subterrânea. Finalmente, foram identificadas áreas onde condições hidrogeológicas locais permitiriam a sustentação de ecossistemas com características específicas (lagoas temporárias, por exemplo). As áreas identificadas foram então comparadas com as zonas protegidas classificadas em Portugal (Rede Natura 2000, Parques e Reservas Nacionais, etc.). Curiosamente, verificou-se de imediato uma grande coincidência entre as áreas identificadas no estudo e as áreas protegidas já definidas, mostrando que as áreas ecologicamente importantes já o eram por razões também ligadas às águas subterrâneas. Depois avançou-se para uma análise mais ecológica, com base em dados pré-existentes, e recorrendo a

... das de água ou
... ngauos a ragos e sistemas terresues, de que resultou toda a categorização final dos ecossistemas dependentes de águas subterrâneas dos planos de bacia no sul de Portugal.

Palavras Chave: Águas subterrâneas, ecossistemas, dependência

INTRODUÇÃO

Quando se iniciaram os primeiros planos de bacia em Portugal (2010-2011) onde se tornou obrigatório identificar os ecossistemas dependentes de água subterrânea (EDAS), não existiam metodologias de aplicação generalizada para a identificação do grau de dependência dos EDAS relativamente às massas de água subterrânea a que estes estão associados. Por outro lado, a grande diversidade regional dos EDAS leva a que em cada zona ou país se tenha optado por abordagens que têm a ver com as especificidades regionais, com o estado do conhecimento da ecologia e da hidrogeologia da região, e também com as ferramentas técnico-científicas disponíveis dos intervenientes envolvidos em cada caso. Alguns exemplos são a caracterização e identificação de EDAS em trabalhos de HATTON & EVANS (1998), KLIJN & WITTE, J. (1999), RODRIGUEZ-ITURBE (2000), MUNCH & CONRAD (2006) ou BATELAAN & WITTE (2008).

Deste modo, as metodologias utilizadas para a execução dos planos de bacia passaram por uma investigação do que já havia sido feito noutros países e contou depois com todo o acervo de conhecimento e dados que existiam sobre as bacias hidrográficas (dados geológicos, hidrogeológicos, químicos, biológicos, ecológicos, etc.).

DEFINIÇÃO DE ECOSISTEMAS DEPENDENTES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUA CLASSIFICAÇÃO

Tem havido muitas definições para os Ecossistemas Dependentes de Águas Subterrâneas (EDAS, GDE em inglês), mas todos eles em redor do mesmo tema, ecossistemas que usam água subterrânea em alguma parte do seu ciclo ou por toda uma geração, e na qual a água é crítica para a existência dessa espécie. O facto de um ecossistema utilizar águas subterrâneas não significa necessariamente uma dependência das mesmas. Por dependência entende-se que o ecossistema seria significativamente alterado ou mesmo irreversivelmente degradado se a disponibilidade de água subterrânea for alterada para lá da sua gama normal de flutuação.

A dependência dos EDAS das águas subterrâneas é muito variável, oscilando entre parcial e com pouca frequência a contínua e a totalmente dependente. Estes ecossistemas, incluindo zonas húmidas, vegetação em geral, vegetação de nascentes, correntes de base dos rios, ecossistemas de grutas, descargas salinas de praias e lagos, nascentes, mangais, charcos em rios e pântanos suspensos, água estagnada, representam componentes complexas e importantes da diversidade biológica (SKM, 2001).

A eliminação das águas subterrâneas destes ecossistemas ou uma alteração na sua quantidade ou qualidade pode influir em todo o ecossistema dependente, nomeadamente através da alteração da capacidade reprodutiva das plantas e, por consequência, na da fauna associada.

Em relação à classificação dos EDAS, HATTON & EVANS (1998) identificaram quatro tipos de EDAS, baseados principalmente num contexto geográfico:

- Vegetação terrestre – Comunidades vegetais e fauna dependente que apresentam uma dependência estacional ou episódica das águas subterrâneas;
- Sistemas de fluxo de base em rios – Ecossistemas aquáticos e ribeirinhos que existem ou nos rios ou nas zonas próximas dos rios e que são alimentados pelo fluxo de base das águas subterrâneas;
- Ecossistemas de aquíferos e de grutas – Ecossistemas aquáticos que ocupam grutas ou aquíferos;
- Zonas húmidas – Comunidades aquáticas e vegetais de franja dependentes de lagos e zonas húmidas alimentados pelas águas subterrâneas.

Baseados na mesma abordagem de SKM (2001) identificam dos tipos adicionais de EDAS:

- Fauna terrestre – Animais nativos que utilizam diretamente a água subterrânea em lugar de utilizá-la como habitat;
- Ecossistemas estuarinos e marinhos próximos da costa – Comunidades de plantas e animais marinhos de estuários e de zonas costeiras cuja função ecológica apresenta algum tipo de dependência da descarga de águas subterrâneas.

EAMUS *et al.* (2006) agrupam os tipos de ecossistemas para o seu esquema de classificação de EDAS. Propuseram três classes simples primárias baseadas no tipo de dependência de águas subterrâneas:

1. Ecossistemas de aquíferos e de gruta, onde *stygofauna* (organismos que habitam as águas subterrâneas) se encontra dentro do recurso de água subterrânea;

2. Todos os ecossistemas dependentes da expressão à superfície das águas subterrâneas:

- Caudal fluvial de base
- Zonas húmidas, pântanos
- Pradarias marinhas nos estuários
- Planícies de inundação
- Vegetação de nascentes
- Vegetação de ribeira
- Descargas salinas nos lagos
- Bosques de baixa altitude

3. Todos os ecossistemas dependentes da presença de águas subterrâneas no subsolo, com frequência acedidas através da franja capilar (zona não saturada por cima do nível freático) quando as raízes penetram nesta zona:

- Bosques específicos
- Vegetação ribeirinha nos trópicos húmidos/secos

Também houve tentativas de classificar os EDAS com base nas litologias ocorrentes, nomeadamente na África do Sul.

Resumindo, pode-se adaptar esta classificação:

- Sistemas terrestres
- Sistemas ribeirinhos e lagunares interiores
- Sistemas costeiros (lagunas e estuários)
- Sistemas marinhos
- Sistemas aquíferos e de grutas

As consequências da sobre-exploração e da contaminação da água subterrânea poderão ser a afetação de todos ou parte destes ecossistemas, o que pode afetar uma cadeia complexa de interações no mundo natural.

No caso dos trabalhos desenvolvidos no sul de Portugal, tentou-se identificar os sistemas terrestres, ribeirinhos e lagunares interiores, costeiros, e iniciou-se uma discussão sobre os sistemas marinhos que veio depois a desenvolver-se na Universidade do Algarve.

METODOLOGIAS UTILIZADAS NA IDENTIFICAÇÃO DOS EDAS NO SUL DE PORTUGAL

A abordagem no sul de Portugal envolveu estudos sobre a interdependência entre águas subterrâneas e superficiais, através do estabelecimento de um critério cartográfico automático que permitiu verificar quais os troços dos cursos de água onde haveria mais possibilidade de

haver conexão hidráulica com as massas de água subterrânea subjacentes. Neste caso os dados utilizados basearam-se em recolhas de dados de trabalhos anteriores (ERHSA, 2001, no Alentejo, por exemplo). Sempre que os níveis freáticos se situassem mais próximos da superfície do solo, haveria mais probabilidade de se ter um ecossistema dependente de águas subterrâneas.

Foram também utilizados, onde havia dados para tal, modelos conceptuais de escoamento dos sistemas aquíferos, a fim de tentar identificar as áreas de percolação ascendente de águas subterrâneas associadas a ecossistemas aquáticos (lagoas e cursos de água) ou ecossistemas terrestres dependentes (áreas ripícolas e zonas de descarga difusa de água subterrânea).

Finalmente, foram identificadas as áreas cuja existência se deve a condições hidrogeológicas locais e que se sabe serem sustentação de ecossistemas com características específicas (MONTEIRO *et al.*, 2011). Esta última temática será desenvolvida noutro documento neste mesmo evento (SALVADOR & MONTEIRO, 2016)

Tratou-se portanto, de uma abordagem multidisciplinar, onde depois os resultados obtidos e as áreas identificadas foram cruzadas com informação sobre as áreas protegidas em Portugal, resultando assim numa verificação biunívoca dos resultados do trabalho efetuado.

Esta metodologia permitiu que, num curto espaço de tempo, se tivessem indicações concretas das zonas mais prováveis para a existência de algum grau de dependência dos ecossistemas em relação às águas subterrâneas, mas é óbvio que a validação dos resultados obtidos para cada uma das metodologias apenas poderá ser conseguida através da realização de trabalhos experimentais, envolvendo monitorização especificamente implementada com este fim (MONTEIRO *et al.*, 2011).

RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DAS METODOLOGIAS UTILIZADAS NA IDENTIFICAÇÃO DOS EDAS

As metodologias utilizadas permitiram fazer mapas do território como o da Figura 1, onde se identificaram as zonas potenciais de afloramento das águas subterrâneas, zonas onde as águas subterrâneas estarão próximas da superfície do solo (a menos de 1 m, por exemplo) ou estarão mesmo aflorantes, caso da descarga em rios.

A partir destes mapas, foram compilados estudos por especialistas em biologia e ecologia, a fim de comprovar, ou não, as situações detetadas, complementando a informação com estudos pré-existentis sobre a qualidade da água e o estado dos ecossistemas.

Como exemplo dessa fase, observe-se a Figura 2, onde se pode identificar o mapa final dos ecossistemas dependentes de águas subterrâneas do Algarve, principalmente os troços finais das ribeiras do Algarve, na proximidade do oceano. Trata-se de situações em que, caso se altere a situação das águas subterrâneas, por sobre-exploração, por exemplo, se afetará irremediavelmente os ecossistemas na dependência das mesmas nessas zonas. O mesmo se passará no caso de haver alterações físico-químicas ou bacteriológicas na água desses aquíferos, seja por contaminação química ou orgânica.

Identificados os EDAS, passam a incluir-se na categoria de zonas protegidas identificadas no Anexo 4 da Diretiva 2000/60/CE (Diretiva Quadro da Água), ou seja, “zonas designadas para a proteção de habitats ou de espécies em que a manutenção ou melhoramento do estado da água é um dos fatores importantes para a proteção, incluindo os sítios relevantes da Rede Natura 2000, designados ao abrigo da Diretiva 92/43/CEE (relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens) e ainda da Diretiva 79/409/CEE (dedicada a garantir a proteção das populações selvagens das várias espécies de aves) (MONTEIRO *et al.*, 2011).

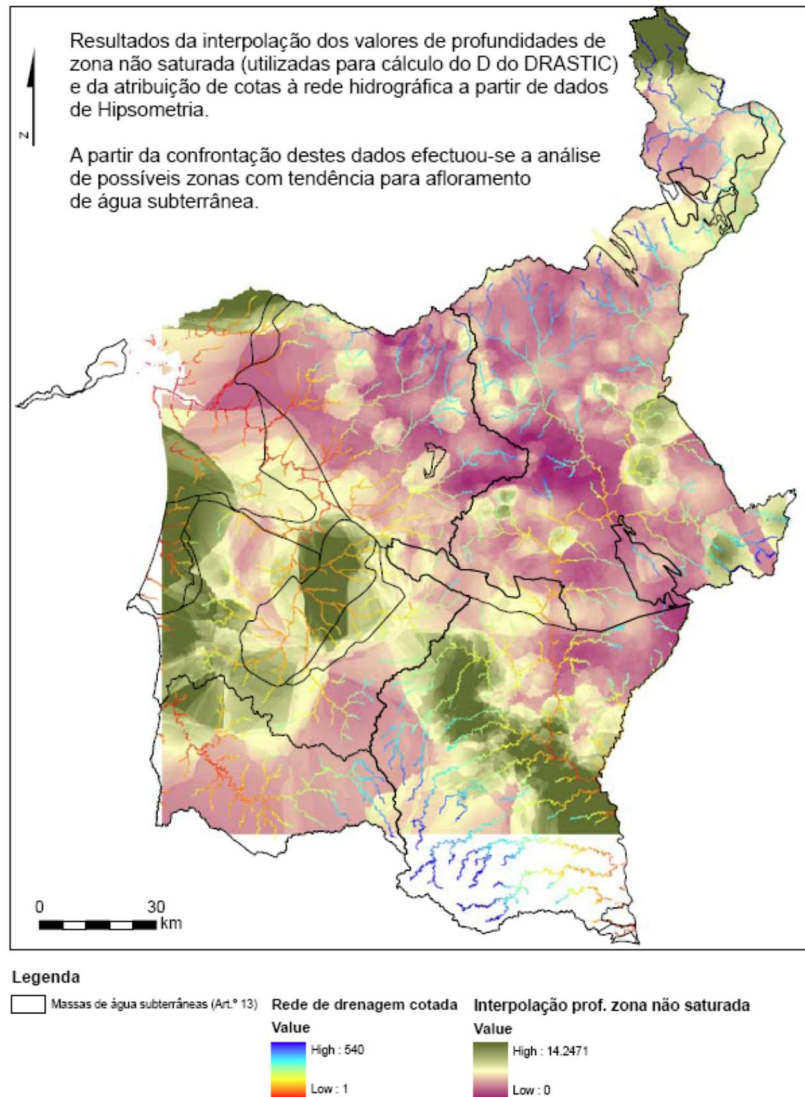


Figura 1. Representação das classes de valor da profundidade da zona não saturada (Monteiro *et al.*, 2011).

Uma vez que o estado do conhecimento a que se chegou com estes estudos resultou de projetos sectoriais, o grau de validação dos EDAS identificados foi variável em cada caso, tornando-se necessários futuros desenvolvimentos do trabalho efetuado, a fim de consolidar a imagem proposta para a sua distribuição regional.

Uma das situações que teve mais desenvolvimentos depois deste estudo inicial (CHAÍNHO *et al.*, 2014) foi um estudo intensivo sobre as Lagoas de Melides e Santo André, na costa ocidental do Alentejo. Aí, um grupo de especialistas muito variado conseguiu obter alguns resultados interessantes que comprovaram a importância do contributo das águas subterrâneas para os ecossistemas existentes em duas lagoas costeiras com influências de águas de precipitação, de escoamento superficial, de escoamento subterrâneo e de águas marinhas, numa interação complexa que justifica a importância destes ambientes para a flora e fauna da costa do Alentejo. Um exemplo é dado na Figura 3, onde se observa, após estudos que envolveram, do ponto de vista hidráulico, piezometria das águas subterrâneas e controlo de volumes de descarga das linhas de águas superficiais, as zonas de recarga e descarga de águas subterrâneas para os sistemas ribeirinhos que desaguam na Lagoa de Santo André.

Outra questão muito importante neste estudo é que se verificou uma grande identidade de resultados entre as zonas determinadas por este processo e as zonas que já eram protegidas em Portugal (Rede Natura 2000, Reservas Naturais, Parques Naturais, Áreas de Paisagem Protegida, etc.) com base em razões ecológicas ou paisagísticas, mostrando que critérios ecológicos podem também ser usados para iniciar estudos de dependência de águas subterrâneas, pois muitas zonas ecologicamente importantes têm o contributo das águas subterrâneas.

Estes estudos constituíram então uma primeira tentativa de caracterização dos EDAS à escala regional na área em estudo, e foram o ponto de partida para a futura abordagem desta temática, não constituindo uma visão definitiva sobre esta complexa rede de interações.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATELLAN, O. & WITTE, J.P.M. (2008). "Ecohydrology and groundwater dependent terrestrial ecosystems", Proceedings of the 28th Annual Conference of the International Association of Hydrogeologists (Irish Group), Tullamore, Ireland, 22-23 April, p. 01-08.
- CHAINHO, P.; FÉLIX, P.M.; CORREIA, M.J.; FERNANDES, C.M.; COSTA, J.L.; CHAVES, M.L.; STIGTER, T., HUGMAN, R., SALVADOR, N., COSTA, L., DOMINGOS, I., CASTRO, J., CRUZ, T., COSTA, A., MONTEIRO, J. P., CHAMBEL, A., NUNES, L., SILVA, A., PINTO, J. R., VIDAL, A. M., PINHEIRO, I., COSTA, M. J., CABRAL, H. N., RIBEIRO, L. T. & FONSECA, L. C. (2014). Projecto GROUNDSCENE: Biodiversidade de Lagoas Costeiras e Respectivas Bacias Hidrográficas como Ecossistemas Dependentes de Águas Subterrâneas. In: Formação e ocupação de litorais nas margens do Atlântico – Brasil / Portugal, Chapter: XI, Publisher: FAPERJ – Corbã Editora e Artes Gráficas Lda, Editors: Silvia Dias Pereira, Joana Gaspar Freitas, Sérgio Bergamaschi, Maria Antonieta C. Rodrigues, 187-213.
- EAMUS, D.; FROEND, R.; LOOMES, R.; HOSE, G. & MURRAY, B. (2006). A functional methodology for determining the groundwater regime needed to maintain the health of groundwater-dependent vegetation. *Australian Journal of Botany* **54**, 97–114.
- ERHSA (2001). *Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo*. Comissão de Coordenação da Região Alentejo, Évora.
- HATTON, T. & EVANS, R. (1998). Dependence of ecosystems on groundwater and its significance to Australia. Occasional Paper No. 12/98. Land and Water Resources Research and Development Corporation, CSIRO, Australia.
- KLIJN, F. & WITTE, J. (1999). "Eco-hydrology: Groundwater flow and site factors in plant ecology", *Hydrogeology Journal*. Springer-Verlag. *Hydrogeology Journal* (1999) 7: 65–77.
- MONTEIRO, J.P.; ALCOBIA, S.; MARTINS, R.; CHAMBEL, A.; DUQUE, J.; AGRA, R., BETTENCOURT, B. & SARMENTO, P. (2011). Contributo para a identificação de ecossistemas dependentes de águas subterrâneas nas bacias hidrográficas do Sado e Mira e do Guadiana em Portugal. VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua (VII CIGPA) "Ríos Ibéricos +10. Mirando al futuro tras 10 años de DMA". FNCA, 16/19 de febrero de 2011, Talavera de la Reina. Doc. Electr. CD-Rom, 10 p.
- MÜNCH, Z. & CONRAD, J. (2006). "Remote sensing and GIS based determination of groundwater dependent ecosystems in the Western Cape, South Africa", *Hydrogeology Journal* (2007) 15: 19-28.
- RODRIGUEZ-ITURBE, I. (2000). "Ecohydrology: A hydrologic perspective of climate-soil-vegetation dynamics", *Water Resources Research*, 36(1): 3-9.
- PGBHA (2011). Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas que integram a Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8).
- SALVADOR & MONTEIRO (2016, em publicação). Caracterização de lagoas temporárias mediterrânicas como ecossistemas dependentes de águas subterrâneas na costa oeste do Alentejo. Congreso Hispano-Luso sobre las aguas subterráneas en el segundo ciclo de planificación hidrológica, Madrid, España.
- SKM (2001). Environmental Water Requirements of Groundwater Dependent Ecosystems. Sinclair Knight Merz, Environmental Flows Initiative Technical Report Number 2, Commonwealth of Australia, Canberra.