

*Vulnerabilidade Ambiental na Paisagem dos  
Aquíferos, Região do Algarve, Portugal  
Continental*

*Environmental Vulnerability in the Aquifer Landscape, Algarve  
Region, Continental Portugal*

*Vulnerabilidad Ambiental en el paisaje de los acuíferos, la  
Región del Algarve, Portugal Continental*

Alex Mota dos Santos  
Universidade Federal de Rondônia - Campus Ji-Paraná  
alex.geotecnologias@gmail.com

---

**Resumo**

O objetivo deste trabalho é analisar a relação de causa e efeito dos impactos e pressões ambientais sobre o ecossistema de modo a propor uma reestruturação do cenário ambiental em relação a Paisagem dos Aquíferos na região do Algarve, sul de Portugal Continental. A metodologia contemplou a modelagem matemática de imagens SRTM, LANDSAT e dados hidrogeológicos em Sistema de Informação Geográfica. Os resultados revelaram que 42,97% da área da Paisagem dos Aquíferos foram classificadas como tendo pressão estável, sendo que 39,53% ficaram como pressão intermediária ou intergrade, 16,02% para uma pressão moderadamente instável, e 1,49% para uma pressão totalmente instável. Em síntese, as áreas instáveis localizam-se integralmente sobre os sistemas aquíferos em zonas inconsolidadas e com ligação hidráulica onde ocorre a prática da agricultura, principal atividade econômica que ameaça a estabilidade dos ecossistemas na região.

**Palavras-chave:** Paisagem dos Aquíferos, Região do Algarve, Pressões Ambientais, Sistema de Informação Geográfica.

---

**Abstract**

The objective of this study is to analyze the cause and effect of environmental impacts and pressures on the ecosystem in order to propose a restructuring of the environmental scenario in relation to Landscape of the aquifers, in the Algarve, Portugal, continental part. The methodology included a mathematical modeling of SRTM images, Landsat and hydrogeological data in Geographic Information System, GIS. The results revealed that 42.97% of the landscape of the aquifers was classified as having stable pressure; and 39.53% with intermediate pressure or intergrade; 16.02% with a moderate unstable pressure, and 1.49% classified as total unstable pressure. In summary, the unstable areas are located entirely on the aquifer systems in unconsolidated areas with hydraulic

connection where is practiced agriculture, the main economic activity that threatens the stability of ecosystems in the region.

**Keywords:** Landscape of aquifers, the Alentejo Region, Environmental Pressures, Geographic Information System.

---

### **Resumen**

El objetivo del presente trabajo es analizar la relación causa-efecto entre los impactos de las presiones sobre el ecosistema para estructurar un escenario de alteración ambiental del Paisaje de los Acuíferos en la región de Alentejo, al Sur de Portugal Continental. La metodología contempló el modelamiento matemático de imágenes SRTM, LANDSAT y datos hidrogeológicos en Sistemas de Información Geográfica. Los resultados revelaron que 42,97% del área del Paisaje de los Acuíferos fueron clasificados como presión estable, 39,53% como presión intermediária, 16,02% moderadamente inestable y 1,49% totalmente inestable. En síntesis, las áreas inestables se localizan integralmente sobre los sistemas acuíferos en zonas inestables y con conexión hidráulica donde ocurre la práctica de la agricultura, principal actividad económica que amenaza la estabilidad de los ecosistemas en la región.

**Palabras clave:** Paisaje de los Acuíferos, Región de Alentejo, Presiones Ambientales, Sistema de Información Geográfica.

---

## **Introdução**

A ocupação das paisagens terrestres tem comprometido a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos, fato que compromete o equilíbrio dinâmico dos ecossistemas gerando alterações muito mais intensas do que aquelas observadas na natureza. Com efeito, evidencia-se a necessidade de análises, instrumentos legais e institucionais que coloquem em destaque a discussão do uso da água como recurso que garanta o bem-estar ecológico, social e econômico.

Neste sentido, na Europa, “a pressão” em prol do uso sustentável da água se efetiva através da Directiva Quadro da Água (DQA, 2000/60/CE), transposta para Portugal pela Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro), que estabeleceu 8 regiões hidrográficas (RH), que passam a constituir a principal unidade de planeamento dos recursos hídricos, sendo este concretizado através do instrumento principal, os Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH).

O PGRH promoverá a caracterização das pressões naturais e incidências relacionadas à atividade humana significativas e um programa de medidas que garanta o prosseguimento dos objetivos ambientais estabelecidos na DQA.

A partir deste paradigma legal desenvolveram-se instrumentos legais posteriores: Decreto-Lei n. 208 de 29 de Maio de 2007, que formaliza a implementação de cinco Administrações de Região Hidrográfica (ARH); Decreto-Lei n. 226-A de 31 de Maio de 2007, que estabelece o regime de utilização dos recursos hídricos e o Decreto-Lei n. 97 de 11 de Junho de 2008, que estabelece o regime econômico financeiro dos recursos hídricos, tendo em conta o valor social, ambiental e econômico da água.

Na análise das regiões hidrográficas destacam-se as suas características, os impactos das atividades humanas nas águas de superfície e subterrânea, análise econômica das utilizações das águas e zonas de proteção.

Assim, a análise das paisagens terrestres é um importante contributo para o ordenamento do território e gestão da água. A inserção das geotecnologias, nomeadamente o Sensoriamento Remoto (SR) e Sistema de Informação Geográfica (SIG) têm se revelado metodologias recorrentes e que são aplicadas à análise das potencialidades, limitações, sensibilidade do território ou vulnerabilidade.

Neste sentido, a vulnerabilidade é identificada a partir da análise conjunta de indicadores de qualidade ambiental, que podem ser quantitativas e qualitativas. O que se observa ainda é que os indicadores são normalmente heterogêneos, incluem variáveis para as quais as respostas são numéricas quantitativas, qualitativas e em escalas diferentes e podem ser específicas ou generalistas, o que possibilita sua aplicação em qualquer ecossistema.

Paralta et al. (2005), ao avaliar o sistema aquífero dos Gabros de Beja em Portugal Continental, definiu vulnerabilidade como a maior ou menor capacidade de atenuação das camadas superiores do aquífero à passagem de poluentes, tratando-se, portanto, de uma propriedade intrínseca do sistema hidrogeológico. A *Organization for Economic Cooperation and Development* (OCDE) desenvolveu um sistema de indicadores ambientais denominados Pressão-Estado-Resposta (Wiens e Silva, 2008). Neste sistema os indicadores de alguma forma influenciam em quatro elementos fundamentais da natureza: ar, água, solo e cobertura vegetal.

Nele, os indicadores são divididos em três categorias: Indicadores de pressão: identificam as atividades humanas que podem provocar mudanças no estado do ambiente; Indicadores de estado: descrevem a atual qualidade do sistema ambiental; Indicadores de Resposta: mostram as ações da sociedade em busca da melhoria da qualidade ambiental (WINS e SILVA, 2008, p. 7).

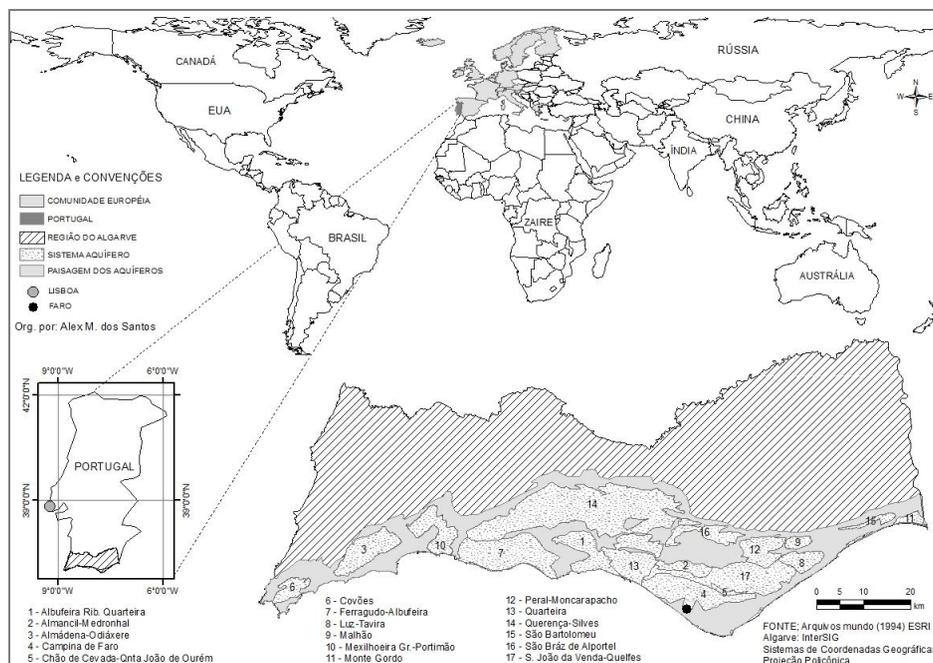
Segundo Maia e Cruz (2011) a vulnerabilidade intrínseca de um aquífero é decorrente das propriedades físico-químicas inerentes do meio aquífero que expressa à susceptibilidade hidrogeológica da água ser afetada por contaminantes.

Neste sentido, o uso de geotecnologias vem influenciado de maneira crescente na análise de vulnerabilidade ambiental, conforme constatado em alguns trabalhos a nível de doutorado, como os de Dixon (2005), que desenvolveu, em SIG, mapeamentos de vulnerabilidade de aquíferos no vale do rio Mississipi, região de Arkansas, Estados Unidos da América; Costa Filho (2007), que analisou riscos e vulnerabilidade em paisagens em extração de petróleo no Brasil; Sporl (2007), que desenvolveu metodologia de análise de fragilidade ambiental em Minas Gerais, Brasil; Hammouri e El-Naqa (2011), que implementaram o método de análise de vulnerabilidade de aquífero na Jordânia.

Como o SIG simula um sistema através de variáveis ambientais, característica anteriormente definida, o estabelecimento de modelos de vulnerabilidade ambiental encontra-se nesta ferramenta importante contributo metodológico. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar as variáveis ambientais da região do Algarve para analisar a relação de causa e efeito entre os impactos das pressões sobre o ecossistema para estruturar um cenário de alteração ambiental.

## Área em Estudo

A área em estudo possui ocupa 1.889 km<sup>2</sup>, localiza-se na Península Ibérica, região do Algarve, porção sul de Portugal Continental (Figura 1).



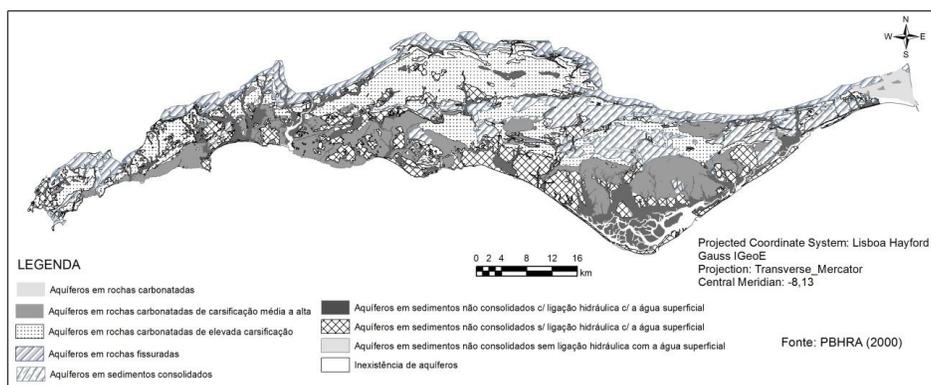
**Figura 1.** Localização da Paisagem dos Aquíferos, Portugal Continental.

A partir da revisão observou-se que Bonnet (1850) foi o pioneiro a sistematizar a visão do Algarve em paisagens, onde o elemento geologia e relevo determinaram três unidades: Serra, Barrocal e Litoral. Almeida *et al.* (2000) em análise sobre os principais sistemas aquíferos de Portugal apresentaram uma descrição detalhada das litologias que suportam 17 sistemas aquíferos nas regiões Barrocal e Litoral (Figura 2), e que corresponde às regiões Barrocal e Litoral, onde

se identificaram 17 sistemas aquíferos (Almeida et al., 2000), que integram as informações dos recursos hídricos no *Water Information System for Europe* (WISE), dedicado à gestão integrada de bacias hidrográficas nos países membros da União Européia. Assim, propõe-se o termo Paisagem dos Aquíferos como forma de delimitar esta região geográfica. Ainda sobre a análise geológica Ribeiro (2001) afirmou que a região é constituída por formações detríticas e carbonatadas, de um modo geral, muito produtivas, caracterizada pela sua grande homogeneidade litológica de características cársicas ou parcialmente cársicas.

Nesse sentido, a Paisagem dos Aquíferos compõe-se de rochas sedimentares, mais recentes (mesocenozóicas) e, na maior parte dos casos, muito mais permeáveis. Nesta área há por isso menor densidade de cursos de água e o escoamento subterrâneo é muito mais importante (MONTEIRO, 2004). A caracterização hidrogeológica nos sistemas aquíferos do Algarve é detalhada na Figura 2.

O relevo é predominantemente plano, correspondentes às formações mais recentes que cobrem a faixa costeira, e suavemente ondulada na porção mais a norte. Kopp *et al.* (2000) mapeou os solos no Algarve na escala 1/50.000 e o Atlas do Ambiente realizou a caracterização apresentou a caracterização da capacidade de uso do solo na escala 1/100.000. Em síntese identificou-se o predomínio solos do tipo Luvisolos Rodocrômicos e Luvisolos Rodocrômicos Cálcicos com solos do tipo Cambissolos Crômicos Calcários. No Litoral destacam-se os solos do tipo Cambissolos Êutricos em Rochas Sedimentares post-Paleozóicas e também solos do tipo Fluviossolos Calcários.



**Figura 2.** Zona hidrogeológica do Algarve com destaque para os aquíferos em rochas sedimentares com ligação hidráulica com água subterrânea.

O uso da paisagem revelou predomínio de áreas de vegetação arbustiva sobre o relevo suavemente ondulado e áreas de transformação em zonas de relevos planos e está descrito em detalhe nos resultados.

O clima é caracterizado por duas estações climáticas bem definidas, uma quente e seca, verão e outra fria e úmida, inverno. A precipitação média anual calculada por Loureiro e Nunes (1980) para o período 1941/42-1973/74 é de 653 mm. Para o mesmo período, as temperaturas médias anuais situavam-se entre 15° C e 17° C.

Os dados de escoamento superficial foram obtidos junto aos arquivos do Atlas do Ambiente.

### **Procedimentos Metodológicos**

A metodologia foi estruturada em três etapas: 1) aquisição de dados e informações cartográficas por meio de levantamento bibliográfico. Neste sentido, destaca-se os dados obtidos junto ao sítio do InterSIG, que constitui a base do modelo de dados português que passará a integrar a informação resultante dos PGBH no WISE; Atlas do Ambiente e dados sobre relação, água superficial e subterrânea (ribeiras influentes/efluentes); 2) Tratamento digital das imagens e 3) Análise espacial em SIG.

A seguir, a modelagem em SIG, que simplificou a realidade combinando camadas geográficas (elementos da paisagem) para responder questões colocadas pelo analista. A metodologia para análise espacial aqui apresentada sintetizou alguns resultados já apresentados e elementos pré-existentes para criar um cenário da Paisagem dos Aquíferos para o período de realização da pesquisa.

Dessa forma, ao se aplicar a metodologia de análise de vulnerabilidade, a questão que deve ser respondida é: quais as características físicas da paisagem, ações antrópicas e naturais e os possíveis efeitos negativos de suas ações sobre os aquíferos? Neste sentido, foi possível distinguir 4 classes de dados: informação geográfica de base, informação de uso do solo, informação de recursos hídricos e informações derivadas, também denominados variáveis de análise.

Para a metodologia, os indicadores de pressão, alvo de análise, foram divididos em Grupo 1 e Grupo 2. Isso porque os indicadores podem ser afetados pelas componentes ambientais ou atividades humanas, desse modo, tem-se: a) Grupo I – componentes naturais: Geologia, relevo, solo, precipitação, escoamento superficial e b) Grupo II – componentes artificiais: uso do solo.

Assim, os dados de base caracterizam-se pelos arquivos vetoriais da região do Alentejo, das drenagens, sistema aquífero, entre outros. As informações derivadas são caracterizadas como resultados parciais das análises.

O modelo de análise espacial resultou em produção de cenários envolvendo variáveis ambientais e socioeconômicas para determinação de possíveis riscos e, portanto, a vulnerabilidade da paisagem dos Aquíferos.

Para os critérios de análise da vulnerabilidade utilizou-se de uma escala ordinal de quatro classes para as medições, possibilitando a análise qualitativa e que neste caso são: Estável, Intergrades, Moderadamente Instável e Instável (Tabela 1).

**Tabela 1.** Fatiamento das classes temáticas de vulnerabilidade.

<b>Grau de Vulnerabilidade (Classes)</b>	<b>Intervalo de Classes</b>
Estável	0 - 1
Intergrades	1, 000000001 - 2
Moderadamente instável	2, 000000001 - 2,5
Instável	2, 500000001 - 3

Para gerar o mapa de vulnerabilidade foi realizada a análise espacial em SIG a partir de ferramentas de cruzamento de dados *raster*/matricial. Assim, os diferentes fatores que influenciam a vulnerabilidade ambiental da Paisagem dos Aquíferos são comparados com critério de importância e atribuídos ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala de pesos pré-definida. Para tanto aplicou-se uma equação matemática em que os fatores comparados tem a mesma importância, ou seja, são iguais (Equação 1).

$$(1) V = (V_{geo} + V_{rel} + V_{sol} + V_{uso} + V_{cli} + V_{es}) / 6$$

Em que: V = Vulnerabilidade,  $V_{geo}$  = Variável geologia,  $V_{rel}$  = Variável relevo,  $V_{sol}$  = Variável solo,  $V_{uso}$  = Variável uso do solo,  $V_{cli}$  = Variável clima e  $V_{es}$  = Variável escoamento superficial.

A vulnerabilidade geológica (Tabela 2) foi classificada conforme o grau de coesão das rochas e no caso da Pedologia seu grau de vulnerabilidade foi classificado conforme a maturidade dos solos e processos erosivos conforme (Ferreira et al. 2011). No entanto, a aplicação dos pesos para a região em estudo seguiu adaptação para as características físicas da Paisagem dos Aquíferos, segundo Ribeiro (2001). Para o relevo observou a declividade. Para o solo observou a maturidade, constituição e processos erosivos. Para o clima observou a precipitação. E para o escoamento superficial determinou-se o próprio fenômeno de deslocamento da água em superfície.

Em seguida gerou-se um Modelo Numérico de Terreno (MNT), conforme os valores de vulnerabilidade atribuídos as classes de cada categoria temática (geologia, relevo, solo, uso do solo, clima e escoamento superficial), conforme as unidades fisiográficas da área.

A determinação das classes supracitadas ocorreu mediante entendimento de que as mesmas, quando analisadas de forma integrada, fornecem elementos para compreensão da vulnerabilidade ambiental conforme indicação dos autores analisados na referência bibliográfica. Os pesos, que indicam a importância relativa de cada fator de para cada classe foram definidos a partir dos autores também apresentados na revisão bibliográfica.

**Tabela 2.** Tabela de quantificação da vulnerabilidade por temas.

Zonas hidrogeológicas (Aquíferos)	V	Relevo (Unid.)	V	Solo (Unidade)	V	Uso do Solo (Unidade)	V	Clima (Unidade)	V	Escoamento (Unidade)	V
Rochas fissuradas	1	Plano*	1	Cambissolos	2	Transformação	1	< 400 mm	1	< 25 mm	1
Sedimentos consolidados	1	Suave ondulado*	2	Fluvissoisolos	1	Pastagem cultivada	1	400-600 mm	2	25-50 mm	1
Inexistência de aquíferos	1	Ondulado*	2,5	Litossolos	3	Agricultura anual	2	> 600 mm	3	50-100 mm	2
Sedimentos não consolidados s/ ligação hidráulica c/ a água superficial	2	-	-	Luvissolos	2	Urbanizado	2	-	-	100-150 mm	2
Rochas carbonatadas de carsificação média a alta	2,5	-	-	Regossolos	2,5	Urbano	2	-	-	150-200 mm	2,5
Rochas carbonatadas	2,5	-	-	Solonchaks	3	Extração mineral	2	-	-	250-300 mm	3
Rochas carbonatadas de elevada carsificação	3	-	-	Vertissolos	3	Golfe	3	-	-	-	-
Sedimentos não consolidados c/ ligação hidráulica c/ a água superficial	3	-	-	-	-	Agricultura perene	3	-	-	-	-
Zonas hidrogeológicas (Aquíferos)	V	Relevo (Unid.)	V	Solo (Unidade)	V	Uso do Solo (Unidade)	V	Clima (Unidade)	V	Escoamento (Unidade)	V
Rochas fissuradas	1	Plano*	1	Cambissolos	2	Transformação	1	< 400 mm	1	< 25 mm	1
Sedimentos consolidados	1	Suave ondulado*	2	Fluvissoisolos	1	Pastagem cultivada	1	400-600 mm	2	25-50 mm	1
Inexistência de aquíferos	1	Ondulado*	2,5	Litossolos	3	Agricultura anual	2	> 600 mm	3	50-100 mm	2
Sedimentos não consolidados s/ ligação hidráulica c/ a água superficial	2	-	-	Luvissolos	2	Urbanizado	2	-	-	100-150 mm	2
Rochas carbonatadas de carsificação média a alta	2,5	-	-	Regossolos	2,5	Urbano	2	-	-	150-200 mm	2,5
Rochas carbonatadas	2,5	-	-	Solonchaks	3	Extração mineral	2	-	-	250-300 mm	3
Rochas carbonatadas de elevada carsificação	3	-	-	Vertissolos	3	Golfe	3	-	-	-	-
Sedimentos não consolidados c/ ligação hidráulica c/ a água superficial	3	-	-	-	-	Agricultura perene	3	-	-	-	-

V = valor

A partir da geração do MNT com os valores de vulnerabilidade da Paisagem dos Aquíferos, realizou-se o procedimento de fatiamento desse modelo, com valor variável conforme as classes temáticas de vulnerabilidade que corresponde aos intervalos das cotas (Tabela 1).

### Resultados e Considerações Finais

A análise espacial para determinação da vulnerabilidade ambiental a partir da caracterização física e pressões identificadas apresentou os resultados quantitativos dispostos na Tabela 3.

**Tabela 3.** Fatiamento das classes temáticas de vulnerabilidade e sua respectiva representação areal.

Grau de Vulnerabilidade (Classes)	Intervalo de Classes	Qnt. Pixel	Área (km <sup>2</sup> )	% da Área
Estável	0 – 1	37815	812,56	42,97
Intergrade	1,000000001 - 2	34791	747,58	39,53
Moderadamente Instável	2,000000001 - 2,5	14096	302,89	16,02
Instável	2,500000001 - 3	1308	28,11	1,49

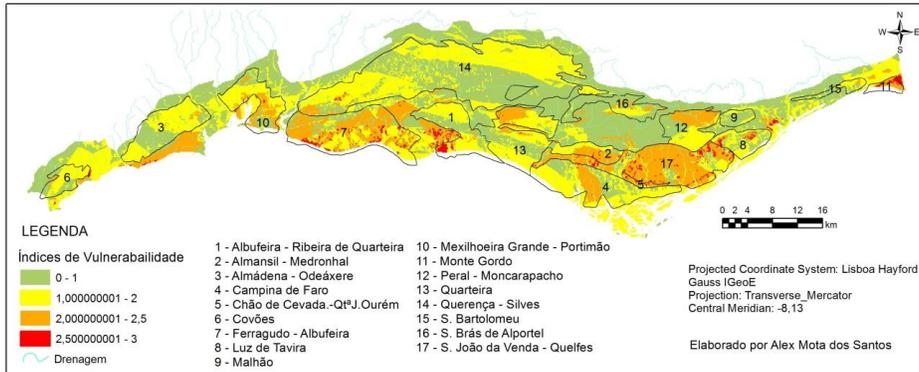
Assim, conforme o dado quantitativo identificou que 42,97% da paisagem foi incluída na classe Estável, 39,53% na classe Intergrade, 16,02% na classe Moderadamente Instável e 1,49% na classe Instável.

A análise qualitativa, apresentada na Figura 3, mostra estes valores para toda a Paisagem dos Aquíferos. Em síntese, observou-se que as áreas estáveis estão associadas a grandes extensões de áreas vegetadas. As zonas classificadas como Intergrade estão associadas a zonas de relevo que variam de ondulado a suavemente ondulado, às restrições de uso dos solos e agricultura perene, especialmente na porção oeste do Sistema Querença-Silves.

As zonas classificadas como Moderadamente Instável sofreu influência das restrições dos solos em zonas de aquíferos em sedimentos não consolidados sem ligação hidráulica com a água superficial e rochas carbonatadas de carsificação média a alta.

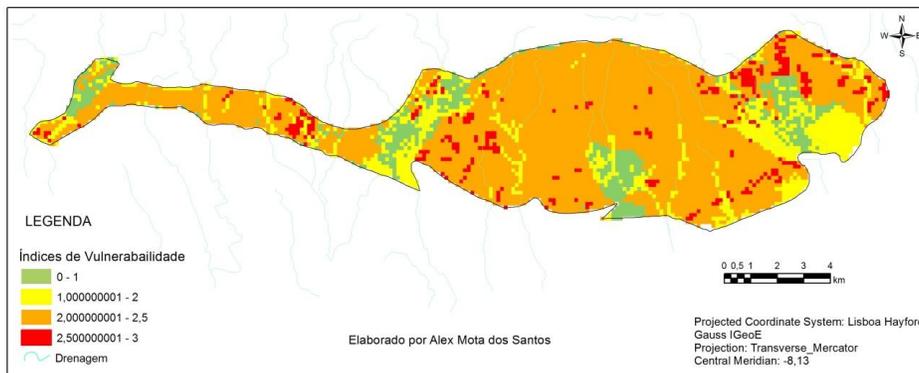
Por fim, as áreas instáveis localizam-se integralmente sobre os sistemas aquíferos no Litoral da região do Algarve, isso se deve a existência de aquíferos em zonas inconsolidadas e com ligação hidráulica, predomínio de agricultura perene e urbanização.

Nesta metodologia o sistema aquíferos mais vulnerável é o São João da Venda-Quelfes com grandes áreas associadas a classe Moderadamente Instável e Instável (Figura 4).



**Figura 3.** Vulnerabilidade Ambiental na Paisagem dos Aquíferos.

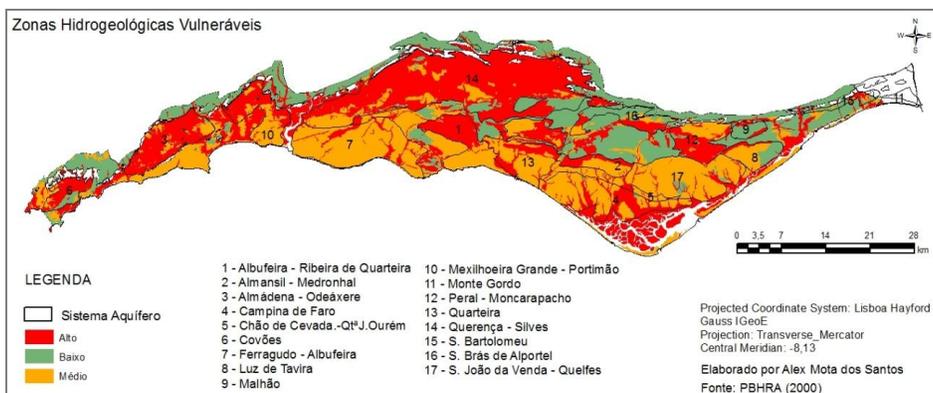
O resultado foi fortemente afetado pelas variáveis de análise aquíferos em rochas carbonatadas de elevada carsificação, uso, tipos dos solos e zonas de relevo suavemente ondulado. A área Instável neste sistema aquíferos ocupa área de 7,43 km<sup>2</sup> (26,44% de toda a área classificada como Instável), seguido do sistema Luz-Tavira que apresentou 1,57 km<sup>2</sup> de área classificada como Instável.



**Figura 4.** Vulnerabilidade Ambiental no Sistema Aquífero São João da Venda-Quelfes.

Nesta análise o sistema aquífero com menor índice de vulnerabilidade foi o Malhão, pois apresentou apenas áreas classificadas como Estável e Intergrade.

O resultado deste tipo de análise é difícil validação, especialmente por que não se identificou para a área em estudo análise à escala regional semelhante para que se pudesse realizar a comparação dos resultados, ou ainda, que não se dispõe de instrumental para validação da vulnerabilidade de cada variável em análise. No entanto, o PBHRA apresentou análise das zonas hidrogeológicas vulneráveis e a ARH-Algarve apresentou a área crítica para extração de água subterrâneas. O mapeamento das zonas hidrogeológicas vulneráveis (Figura 5) se baseou na caracterização dos aquíferos em rochas sedimentares com ligação hidráulica com água subterrânea. Neste mapeamento os sistemas aquíferos Querença-Silves e Almádena-Odiáxere apresentam maiores áreas hidrogeológicas classificadas em alto grau de vulnerabilidade e as áreas onde não se identificou os aquíferos indiferenciados foram classificadas como de baixa vulnerabilidade. É de referir ainda que esta análise não resultou dos estudos das pressões identificadas apenas da caracterização das unidades hidrogeológicas.



**Figura 5.** Zonas hidrogeológicas vulneráveis na Paisagem dos Aquíferos.

O mapeamento das áreas críticas para extração de águas subterrâneas foi instituída pela ARH-Algarve, no entanto, não se identificou os critérios de seleção destas áreas, que está mais relacionada ao conhecimento empírico de quem a determinou. No entanto, como esta área é utilizada como critério de outorga de licença de captação de água subterrânea na região do Algarve mereceu aqui destaque. Nesta área observaram-se restrições nos sistemas aquíferos Mexilhoeira Grande-Portimão, Campina de Faro e parte dos sistemas Quarteira, Albufeira-Ribeira de Quarteira, São Bartolomeu e Monte Gordo. Em alguns pontos esta área está associada a pontos de intrusão salina no sistema aquífero Albufeira-Ribeira de Quarteira.



**Figura 6.** Áreas críticas para extração de águas subterrâneas.

Nestas condições acredita-se que o mapeamento aqui apresentado, a partir da metodologia de modelagem geográfica contribui com a discussão sobre os usos e pressões sobre a paisagem dos Aquíferos. Além dos trabalhos referidos, Stigter (2005) estabeleceu análise hidroquímica dos sistemas aquíferos Luz-Tavira e Campina de Faro. Segundo o autor o uso excessivo de fertilizantes encontrou-se associado a concentrações elevadas de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) na água desde os anos 70 o que expôs as águas deste sistema a alteração de suas propriedades químicas.

Na versão provisória para consulta pública dos Planos de Gestão das Bacias Hidrográficas do Algarve encontram-se inúmeros cenários de comprometimento da qualidade ambiental dos recursos hídricos na região do Algarve, a partir das pressões significativas.

A caracterização aprofundada incluiu outras variáveis de análise, das quais se destaca a caracterização das unidades geológicas, hidrogeológicas, dos solos, estimativas das direções e caldais de transferência (subterrânea e superficial) e composição química. Neste sentido, os sistemas São João da Venda-Quelfes, Luz-Tavira e Campina de Faro foram classificados em estado medíocre.

Portanto, o cenário aqui apresentado de fato confirma os resultados das pesquisas supracitadas.

## Referências bibliográficas

- ALMEIDA, C.; MENDONÇA, J.L.; JESUS, M.R.; GOMES, A.J. **Sistemas Aquíferos de Portugal Continental**. Instituto da Água, Lisboa, 2000.
- AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. Ambiente Biofísico. **Solos**. Disponível em: <http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/>. Acesso em 17/12/2011.

BONNET, C. **Algarve**. Description Géographique et Géologique de cette Province. Typographia da Academia Real das Sciencias, Lisboa, 1850.

COSTA FILHO, A. **Riscos e Vulnerabilidades – Campo Petrolífero Canto do Amaro, Mossoró-RN**. Doutorado em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2007.

DIXON, B. Groundwater vulnerability mapping: A GIS and fuzzy rule based integrated tool. **Applied Geography** 25 (2005) 327–347 Disponível em: <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/Disciplinas/GeotecnologiaAplicada/paper02.pdf>

FERREIRA, C.C.; MIRANDOLA, P.H.; SAKAMOTO, A.Y.; GONÇALVES, F. Uso de SIG para análise da vulnerabilidade ambiental da Bacia do Alto Sucuriú – MS/BR. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1169**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1402.pdf>. Acesso em 12/10/2013.

FIGUEIRÊDO, A.F.R.; CALASANS, N.A. Risco de salinização dos solos da bacia hidrográfica do rio colônia - sudeste da Bahia/Brasil. **ENGEVISTA**, v. 10, n. 1, p. 15-26, 2008. Disponível em: [http://www.uff.br/engevista/1\\_10Engevista2.pdf](http://www.uff.br/engevista/1_10Engevista2.pdf). Acesso em 13/08/2013.

HAMMOURI, N.; EL-NAQA, A. **GIS based Hydrogeological Vulnerability Mapping of Groundwater Resources in Jerash Area – Jordan**. *Geofísica Internacional* 47 (2), 85-97, 2008. <http://scielo.unam.mx/pdf/geoint/v47n2/v47n2a1.pdf>.

INAG, Instituto Nacional da Água. **Relatório do Estado do Ambiente-Solos**. Lisboa, 1997.

KOPP, E.; SOBRAL, M.M; SOARES, T.; WOERNER, M. **Os Solos do Algarve e suas características**. Direcção Regional de Agricultura do Algarve, Faro, 2000.

LI, X.; MIN, M.; TAN, C. The functional assessment of agricultural ecosystems in Hubei Province, China. **Ecological Modelling**, v.187, p.352-360, 2005.

LOUREIRO, J.M.; NUNES, M. F. **Monografia Hidrológica do Algarve**. Direcção de Gerencialmente e Aproveitamento Hidráulicos, Lisboa, 1980.

MAIA, P.H.P.; CRUZ, M.J.M. Um novo método para avaliar a vulnerabilidade de aquíferos. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 2011, 15(2):29-40, 2011.

MONTEIRO, J.P. Impacto do Desenvolvimento da Actividade do Golfe nos Recursos Hídricos do Algarve. **Estudo Sobre o Golfe no Algarve**. Martins, V., (Coord). Universidade do Algarve. 43p, 2004.

PARALTA, E.; FRANCES, A.; RIBEIRO, L. Avaliação da vulnerabilidade do sistema Aquífero dos Gabros de Beja e análise crítica das redes de monitorização no contexto da Directiva Quadro da Água. **Publicações do 7º Simpósio de Hidráulica e recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa (SISLUBA)**. Évora, 30 de Maio a 2 de Junho de 2005.

**PLANOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS RIBEIRAS DO ALGARVE** (PBHRA). AHR-Algarve (Arquivo digital).

RIBEIRO, L. **Vulnerabilidade de aquíferos e medidas de protecção das águas subterrâneas em Portugal continental**. Seminário de Geotecnia Ambiental, 29 pp., Porto, 2001.

STIGTER, T.; Van OOIJEN, S.; POST, V.; APPELO, A.; DILL, A. A Hydrogeological and Hydrochemical Explanation of the Groundwater Composition Under Irrigated Land in a Mediterranean Environment, Algarve, Portugal. **Journal of Hydrology**: 262 – 279, 1998.

SPORL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. Doutorado em Geografia. Universidade de São Paulo, 2007.

WIENS, S.; SILVA, C.L. **Indicadores de Qualidade Ambiental: uma análise comparativa**. UniFAE. Disponível em: [http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/sustentabilidade/simone\\_indicadores.pdf](http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/sustentabilidade/simone_indicadores.pdf). Acesso em 12/08/2010.

---

Alex Mota dos Santos

Tecnólogo em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Federal de Goiás, Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Goiás e Doutorando em Geografia pela Universidade Federal do Paraná.

Professor Assistente do Dep. de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Rondônia - UNIR- Campus Ji-Paraná.

Rua Rio Amazonas, 351 Ji-Paraná - Rondônia CEP. 76900-000 Bairro Jardim dos Migrantes.

E-mails: alex.geotecnologias@gmail.com / alex@unir.br

---

Recebido para publicação em junho de 2014  
Aprovado para publicação em setembro de 2014