

Jornadas Luso-Espanholas sobre Águas Subterrâneas no Sul da Península Ibérica
Faro, 23 a 27 de Junho de 2003

**ANÁLISE COMPARATIVA DE DOIS ÍNDICES DE POLUIÇÃO
AGRÍCOLA NO SISTEMA AQUÍFERO DOS GABROS DE BEJA
(SECTOR DA MARGEM ESQUERDA DO RIO GUADIANA)**

Elisabete M. SERRA

Eng^a do Ambiente (IST). Departamento de Engenharia do Ambiente do Instituto Superior Técnico.
Av Rovisco Pais, 1096 Lisboa, tel. 351.21.8418016

Eduardo A. PARALTA

Geólogo. Mestre em Georrecursos. Departamento de Hidrogeologia do Instituto Geológico e Mineiro, Estrada da Portela,
Apartado 7586, 2720-866 Alfragide, tel. 351.21.4705400, Email: eduardo.paralta@igm.pt

João N. NASCIMENTO

Eng^o dos Recursos Hídricos (Univ. Évora). CVRM – Centro de Geosistemas, Instituto Superior Técnico.
Av Rovisco Pais, 1096 Lisboa, tel. 351.21.8417247, Email: jnascimento@alfa.ist.utl.pt

Luís F. RIBEIRO

Eng^o de Minas. Prof. Auxiliar. CVRM – Centro de Geosistemas, Instituto Superior Técnico.
Av Rovisco Pais, 1096 Lisboa, tel. 351.21.8417247, Email: nrrib@alfa.ist.utl.pt



RESUMO

A poluição das águas subterrâneas por nitratos de origem agrícola está relacionada com a vulnerabilidade dos sistemas aquíferos e com as práticas de gestão e fertilização com compostos azotados.

O presente estudo aborda o risco de poluição do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja, a partir de uma abordagem multidisciplinar do sector de Serpa-Brinches, com base na aplicação de índices empíricos e de mapas de isoprobabilidade da ocorrência de nitratos exceder 50 mg/l no período de 1997 a 2000.

Os resultados obtidos evidenciam uma boa correlação entre as áreas predominantemente agrícolas e as classes mais elevadas dos índices analisados, que são concordantes com as áreas de maior probabilidade de ocorrência de nitratos.

Este estudo aponta para a necessidade urgente de aplicação do Código de Boas Práticas Agrícolas no sentido de cumprir as orientações da Directiva 91/676/CE e da Directiva Quadro da Água.

Palavras-chave: Aquífero, vulnerabilidade, nitratos, poluição difusa, mapas de risco.



1. INTRODUÇÃO

A agricultura moderna ao exigir elevadas produções unitárias, requer uma grande quantidade de nutrientes. Entre as potenciais ameaças de poluição à água subterrânea estão o uso intensivo de fertilizantes e pesticidas em actividades agrícolas. As fontes difusas caracterizam-se por uma intensidade relativamente fraca por unidade de superfície, apesar de serem aplicados em zonas de grande extensão. Só é possível identificar e caracterizar de uma forma completa o risco de poluição difusa, com base numa monitorização com representatividade espaço-temporal, dos diversos descritores que intervêm em todo o processo (Ribeiro, 2002).

Dos nutrientes existentes no solo, uma parte é susceptível de se perder através das águas de escoamento superficial ou no processo de infiltração. Na forma de ião nitrato, o azoto não é retido pelo solo, devido à sua carga eléctrica negativa. A sua solubilidade na água provoca a sua rápida lixiviação até à zona saturada (Canter, 1997).

Em Portugal, o diagnóstico e a caracterização da qualidade das águas subterrâneas, realizados no âmbito da elaboração dos Planos de Bacia Hidrográfica mostrou claramente níveis elevados de concentração de nitratos de origem agrícola, em alguns sistemas aquíferos do país, ultrapassando em muitos casos o Valor Máximo Admissível (VMA) que é de 50mg/l. Paradigmático deste problema é precisamente o que ocorre no Sistema Aquífero dos Gabros de Beja.

Deste modo é cada vez mais urgente, a aplicação de medidas e estratégias de actuação tendentes a mitigar a poluição difusa de origem agrícola, de modo *"...a garantir a protecção e a utilização das águas subterrâneas, mediante uma planificação integrada e uma gestão sustentável, destinadas a evitar um agravamento da poluição, manter a qualidade da água subterrânea não poluída, e restabelecer se for caso disso, a qualidade das águas subterrâneas poluídas"* (JOCE, 1996).

A preocupação com a concentração de nitratos na água subterrânea, advém fundamentalmente dos impactes que poderá ter na saúde pública através do consumo humano. Daqui decorre terem sido estabelecidos na legislação nacional, através do Decreto-lei n.º 236/98 de 1 de Agosto, os valores máximo admissível (VMA) e recomendado (VMR) para a concentração de nitratos e que são 50 e 25 mg/l, respectivamente.

Com o objectivo de proteger as águas contra a poluição difusa causada por nitratos de origem agrícola, Portugal, através do Decreto-Lei n.º 235/97 de 3 de Setembro, transpôs para o direito interno a Directiva 91/676/CE, na qual é definido o conceito de Zona Vulnerável. Através do estudo de um sector do aquífero dos Gabros de Beja, que se estende numa região delimitada pela margem esquerda do Rio Guadiana e pelo aquífero referido, pretende-se caracterizar a sua vulnerabilidade e risco de poluição tendo em atenção os aspectos que foram definidos na legislação mencionada.

Por outro lado é cada vez mais urgente desenvolver abordagens metodológicas de natureza pluridisciplinar que permitam auxiliar as tomadas de decisão ao nível do planeamento e gestão das águas subterrâneas com o objectivo de identificar as zonas mais sensíveis do aquífero aos nitratos de origem agrícola, contribuindo ao mesmo tempo para otimizar o plano de monitorização existente, no quadro de uma estratégia de protecção dos recursos hídricos.

É ainda de todo o interesse avaliar a viabilidade de implementação do Código de Boas Práticas Agrícolas (MADRP, 1997) que, embora seja de aplicação voluntária por parte dos agricultores, em situações normais, se torna obrigatória por imposição da Directiva 91/676/CE, no caso de zonas vulneráveis. O Código reconhece a necessidade de reduzir as perdas de nitratos do solo pelas águas de escorrência superficial e de infiltração, bem como a poluição das águas subterrâneas. Uma das medidas preconizadas é *"...um aumento da produção através de um melhor aproveitamento do Azoto por parte das culturas, que passa pela rentabilização económica na utilização de fertilizantes"*.

O estudo que se apresenta é parte de um trabalho mais vasto de aplicação de várias metodologias à análise da vulnerabilidade e risco de poluição agrícola no Sistema Aquífero das Gabros de Beja (Paralta & Francés, 2000, Paralta, 2001; Serra, 2002; Paralta & Ribeiro 2003).



2. ENQUADRAMENTO HIDROGEOLÓGICO DO CASO DE ESTUDO

O sector em estudo pertence ao Sistema Aquífero dos Gabros de Beja e localiza-se na margem esquerda do Rio Guadiana. Este sector, com cerca de 50 km² está sujeito a uma permanente actividade agrícola, já que os solos desta região, designados por “Barros de Beja”, são dos mais produtivos do Alentejo. A aplicação de fertilizantes azotados nesta região remonta, pelo menos, às décadas de 1930/40. Mais recentemente, um novo impulso foi dado pela Reforma Agrária de 1975 através do aumento da área cultivada.

Na Figura 1 encontram-se representadas as unidades hidrogeológicas do Alentejo. A região em estudo pertence ao Maciço Antigo, e está localizada no Sistema Aquífero dos Gabros de Beja.

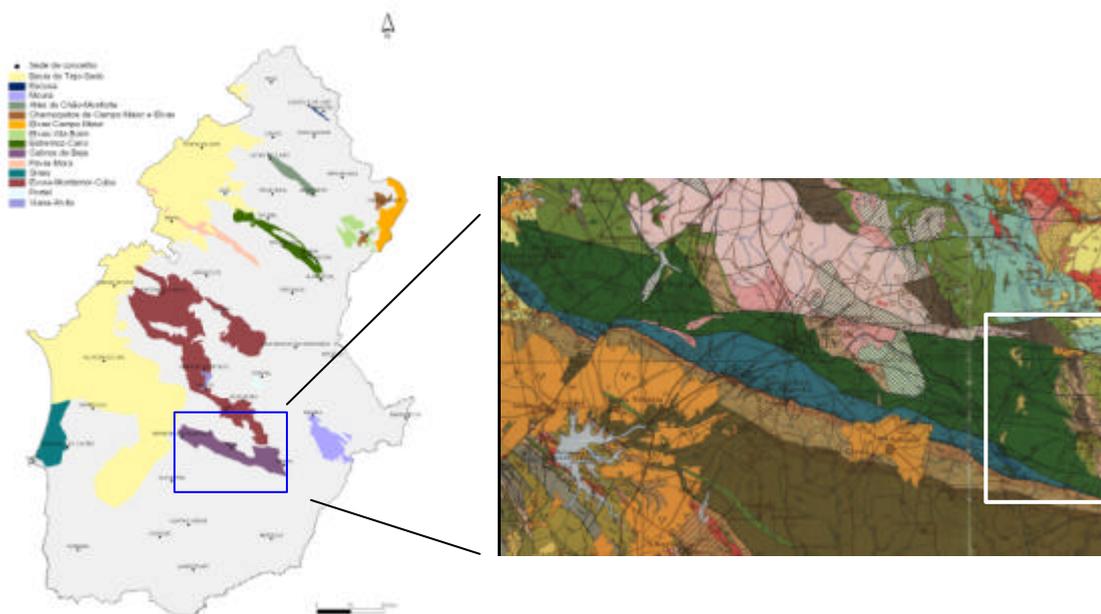


Figura 1 - Mapa de sistemas aquíferos do Alentejo, com indicação da localização do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja (ERHSA, 2003) e pormenor da área de estudo.

O Sistema Aquífero dos Gabros de Beja tem uma área de 350 km², está situado entre Ferreira do Alentejo (W), Beja e Serpa (E). Esta região é caracterizada por uma predominância de rochas básicas, que pertence ao Complexo Ofiolítico de Beja-Acebuches (terreno alóctone) e ao Complexo dos Gabros de Beja (Oliveira et al., 1992).

Em termos hidrológicos o sector Serpa-Brinches assinalado na figura 1 apresenta uma drenagem superficial com escoamento para oeste de padrão dendrítico organizado em função da Ribeira do Enxóe e do Rio Guadiana.

O sector em estudo apresenta, um comportamento de aquífero livre com circulação em meio poroso nas camadas de alteração e, em profundidade, características de sistema fissurado. As formações gabro-dioríticas alteradas e fracturadas que constituem o sector em estudo apresentam produtividades abaixo da média quando comparadas com outros sectores do mesmo sistema aquífero (Paralta & Ribeiro 2003).

Na área em estudo a produtividade média situa-se normalmente até aos 3 l/s e a taxa de insucessos das captações é da ordem dos 40%. O balanço hídrico, embora preliminar, indica que a recarga útil não deverá ser superior a 10% da precipitação média anual (≈500 mm), maioritariamente concentrada no trimestre de Janeiro a Março/Abril (Paralta & Francés, 2000).

A fácies hidroquímica predominante é bicarbonatada cálcia e bicarbonatada calco-magnésiana. O principal constrangimento em relação à produção de água para consumo humano a partir dos recursos hídricos subterrâneos relaciona-se com teores em nitratos que frequentemente ultrapassam os limites legalmente consignados.

A aptidão da água subterrânea para o uso agrícola corresponde maioritariamente às classes C_2S_1 e C_3S_1 ou seja o perigo de alcalinização dos solos é baixo, mas o risco de salinização é médio a elevado (Paralta & Francés, 2000).

Com a entrada em funcionamento da Barragem do Enxoé, em finais de 1999, a população de Serpa deixou de ser abastecida permanentemente por água subterrânea. Durante a época estival, a redução do volume de água armazenado na albufeira e fenómenos de eutrofização frequentes, relacionados com o deficiente funcionamento da ETAR de Vale de Vargo e cargas difusas agro-pecuárias na bacia hidrográfica do Enxoé, obrigam a recorrer às captações subterrâneas.

3. OCUPAÇÃO DO SOLO

Como já foi referido, os solos desta região possuem uma elevada capacidade para uso agrícola, correspondente a cerca de 60% da área de estudo. As principais culturas de sequeiro são o Trigo e o Girassol e, mais recentemente, o Olival de regadio. Existem ainda áreas de menor dimensão, nas quais se pode encontrar culturas de Beterraba, Melão e Vinha (levantamentos de campo inéditos obtidas no ano agrícola de 2001-2002).

Para além das áreas de uso agrícola existem ainda outros usos com uma representação significativa, designadamente o Olival (22%) tradicional em consociação com culturas anuais, as Áreas de Matagal e os territórios Agroflorestais (13%).

As alterações aos usos do solo observados em 2001 prendem-se fundamentalmente com a alteração de uso das áreas de Charnecas e Matos assinaladas na carta CORINE Land Cover de 1987 para áreas de Olival. Estas áreas localizam-se pontualmente junto à margem do Rio Guadiana, ou seja no limite Oeste do sector em estudo.

Relativamente ao Trigo, a adubação é feita de acordo com as necessidades da cultura, com um fertilizante, constituído por 18% de N e 46% de P. É feita uma adubação de fundo em Novembro/Dezembro por altura da sementeira, aplicando-se o fertilizante dentro do solo. Em Fevereiro e Março faz-se uma adubação de cobertura com a Ureia a 46% e Nitroamoniacal a 26%, em que o fertilizante é aplicado à superfície do solo. Por último e apenas no caso de fraco desenvolvimento vegetativo, é aplicada Ureia a 46% nos meses de Maio/Junho. Em conclusão, para os cereais de sequeiro (Trigo e afins) corresponde uma carga de Azoto normalmente superior a 100 Kg/ha/ano.

No caso do Olival de sequeiro é feita uma primeira aplicação de fertilizante nos meses de Novembro e Dezembro, e mais tarde nos meses de Fevereiro e Março é feita uma aplicação de cobertura com o Nitroamoniacal a 26%). No caso do Olival corresponderá portanto uma dotação média de Azoto na ordem dos 60 Kg/ha/ano. As plantações recentes de Olival regado, utilizam o sistema de rega gota a gota.

No caso das culturas regadas a fertilização de cobertura é feita através da incorporação na água de rega de adubos líquidos azotados (Fertirrigação), em que os sistemas de rega são os pivots ou aspersores. O volume de Azoto introduzido pelo sistema depende do tipo de culturas e da eficiência da tecnologia de gestão da rega e de fertilização. As cargas de Azoto podem variar entre cerca de 30 Kg/ha/ano para o Linho e mais de 200 Kg/ha/ano para o Milho (Cary, 1985; Duque, 1997; Epac; Paralta, 2001).

Constata-se que, o período de adubação de várias culturas, coincide com a principal época de recarga do aquífero (entre Janeiro e Março/Abril), provocando o aumento do potencial de lixiviação dos compostos azotados para o sistema freático, que se encontra normalmente a reduzida profundidade.



4. ÍNDICES DE POLUIÇÃO POR NITRATOS

A avaliação da vulnerabilidade à poluição por nitratos de origem agrícola do sector oriental do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja será feita com base em dois índices de poluição: o Índice de poluição Ramolino e o Índice de Susceptibilidade. O Índice Ramolino (1998) é um índice de avaliação da susceptibilidade do aquífero à poluição por nitratos de origem agrícola. Na sua concepção está informação retirada de casos de estudo e dos parâmetros que integram o índice DRASTIC (Aller *et al.*, 1987).

O índice de Susceptibilidade foi recentemente desenvolvido por Ribeiro (2000), também com o intuito de avaliar a vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação agrícola. Este índice tem sido aplicado com sucesso em vários casos de estudo portugueses (Francés *et al.*, 2001; Paralta *et al.*, 2001; Stigter *et al.*, 2002). O índice foi construído com o objectivo de munir os técnicos de um instrumento simples e de utilização fácil. Tendo como base alguns descritores do índice DRASTIC e os tipos de ocupação do solo, os ponderadores atribuídos aos parâmetros do índice de susceptibilidade foram calculados a partir de um painel *Delphi* de especialistas portugueses.

4.1 Índice Ramolino

O índice de poluição por nitratos Ramolino é calculado por um modelo aditivo (ver Eq. 1), a partir dos factores de ponderação apresentados no Quadro 1.

$$\text{Índice Ramolino} = F \cdot fi + R \cdot ri + S \cdot si + P \cdot pi \quad \text{Eq. 1}$$

em que f_i , r_i , s_i , p_i são os valores atribuídos às classes

Quadro 1 – Parâmetros do Índice Ramolino e respectivos factores de ponderação

Parâmetro	Factor de Ponderação	
F	Fertilização com azoto	5.0
R	Recarga	4.5
S	Textura do solo	4.0
P	Profundidade ao nível freático	3.5

Quadro 2 – Classes dos parâmetros do Índice Ramolino e respectivos índices

F	fi	R (mm/ano)	ri
Excesso de fertilização	10	0-58	1
Fertilização adequada à cultura	6	58-116	3
Não existe fertilização	1	116-204	6
		204-291	8
		>291	10

S	si	P (m)	pi
Solo suficientemente drenado	10	0-1.5	10
Solo moderado a suficientemente drenados	6	1.5-4.6	9
Solos insuficientemente drenados	2	4.6-9.1	7
		9.1-15.2	5
		15.2-22.9	4
		22.9-30.5	3
		>30.5	2



Os valores do índice Ramolino podem variar entre 24 e 170. Quanto mais elevado é o índice, maior é a grau de poluição previsto. Este índice é um instrumento de planeamento a utilizar numa primeira fase de caracterização qualitativa dos recursos hídricos subterrâneos, cuja aplicabilidade pode ser importante para delimitar zonas vulneráveis.

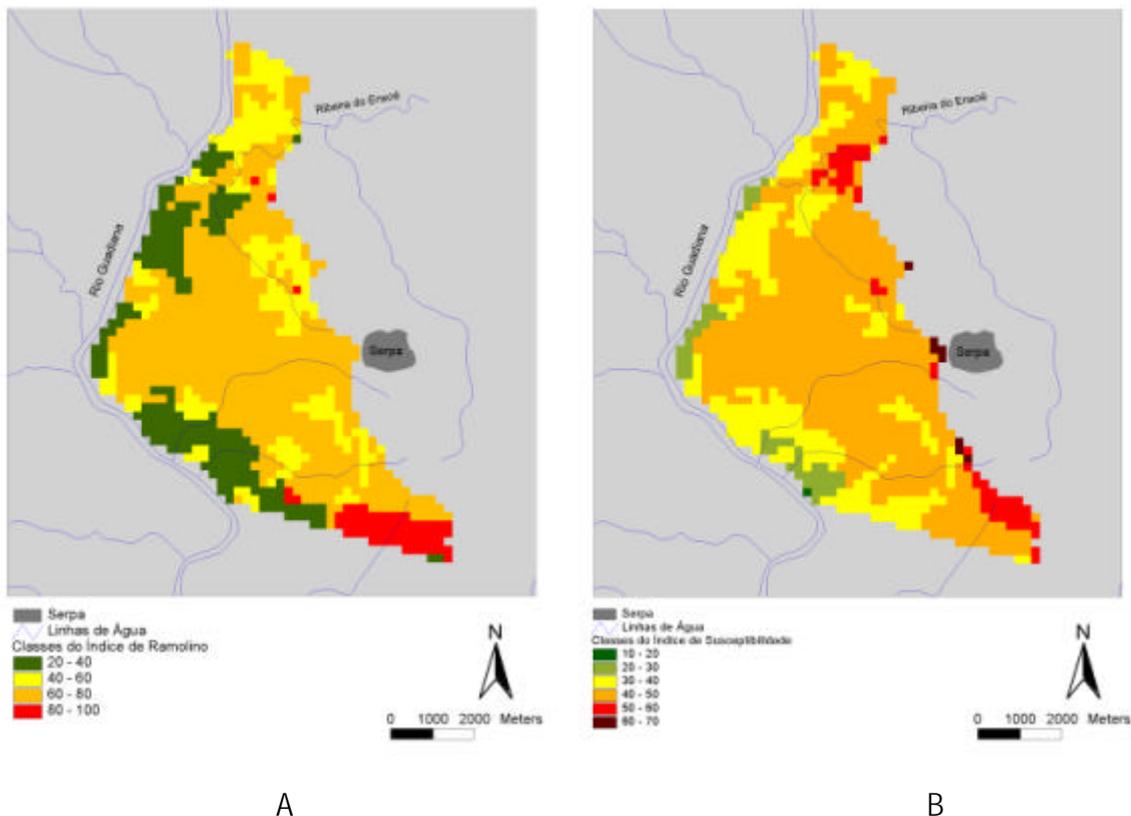


Figura 2 – Classes de valores do índice Ramolino (A) e do Índice de Susceptibilidade (B) calculados para o sector de Serpa-Brinches do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja.

A análise do mapa da figura 2A mostra que a classe de valores [60-80] é em grande parte coincidente com a região onde existe actividade agrícola. A classe de valores mais elevados situa-se na região Sul do sector.

4.2 Índice de Susceptibilidade

Este índice, tal como o DRASTIC, pretende avaliar de forma expedita a vulnerabilidade de uma área através do cálculo da soma ponderada de vários parâmetros (Eq. 2). Os factores de ponderação e respectivos índices são apresentados nos quadros 3 a 5. Com a integração do parâmetro da ocupação do solo pretende-se que o índice não dependa apenas das condições naturais mas também dos impactes associados ao uso do solo e dos contaminantes associados às práticas agrícolas (Francés *et al.*, 2001; Paralta *et al.*, 2002).

Os primeiros quatro parâmetros são idênticos ao índice DRASTIC, com o mesmo tipo de classes.

$$\text{Índice de Susceptibilidade} = D di + R ri + A ai + T ti + OS osi$$

Eq. 2

Quadro 3 – Parâmetros do Índice de Susceptibilidade e respectivos factores de ponderação

Parâmetro		Factor de Ponderação
D	<i>Profundidade ao nível freático</i>	0.186
R	<i>Recarga anual dos aquíferos</i>	0.212
A	<i>Geologia do aquífero</i>	0.259
T	<i>Declives do terreno</i>	0.121
OS	<i>Ocupação do Solo</i>	0.222

Quadro 4 – Classes dos parâmetros do Índice de Susceptibilidade e respectivos índices

D (m)	di
<1.5	100
1.5-4.6	90
4.6-9.1	70
9.1-15.2	50
15.2-22.9	30
22.9-30.5	20
>30.5	10

R (mm/ano)	ri
<51	10
51-102	30
102-178	60
178-254	80
>254	90

A	ai
<i>Xisto argiloso, argilito</i>	10-30 (20)
<i>Rocha metamórfica/ígnea</i>	20-50 (30)
<i>Rocha metamórfica/ígnea alterada</i>	30-50(40)
<i>"Till" glaciár</i>	40-60(50)
<i>Arenito, calcário e argilito estratificados</i>	50-90(60)
<i>Arenito maciço</i>	40-90(60)
<i>Calcário maciço</i>	40-90(80)
<i>Areia e balastro</i>	40-90(80)
<i>Basalto</i>	20-100(90)
<i>Calcário carsificado</i>	90-100(100)

T (%)	ti
<2	100
2-6	90
6-12	50
12-18	30
>18	10

Quadro 5 - Índices do parâmetro Ocupação do Solo do Índice de Susceptibilidade

OS	osi
<i>Perímetros regados</i>	90
<i>Culturas permanentes (olivais, vinhas, pomares)</i>	70
<i>Territórios agro-florestais</i>	50
<i>Florestas e meios semi-naturais</i>	0



O mapa do Índice de Susceptibilidade (Figura 2B) calculado no sector em estudo, mostra que não existem classes de valores extremos (nem muito baixas e nem extremamente elevadas). As áreas que apresentam maior susceptibilidade [60-70] são aquelas em que existe actividade agrícola, e onde se cultiva, predominantemente, o Trigo. A classe predominante é a [40-50] ou seja uma classe de susceptibilidade média, para a qual contribuem a ocupação agrícola do solo e a reduzida profundidade do nível freático.

5. MAPAS DE RISCO

Foram elaborados mapas de isoprobabilidade da ocorrência de nitrato exceder o VMA para consumo humano (50 mg/l) para a estação húmida e para a estação seca, utilizando uma codificação binária de 0 ou 1, respectivamente, para valores inferiores (ou iguais) e superiores ao limite de corte (Serra, 2001).

Utilizando dados de 53 amostras colhidas entre 1997 e 2000, aplicou-se um interpolador clássico designado *Inverse Distance Weighted*, que assume que cada ponto amostrado exerce uma influência local, a qual diminui com a distância.

Os mapas obtidos estão representados na figura 3, em que se observa a maior probabilidade de ocorrência de nitratos no área oeste da zona de estudo.

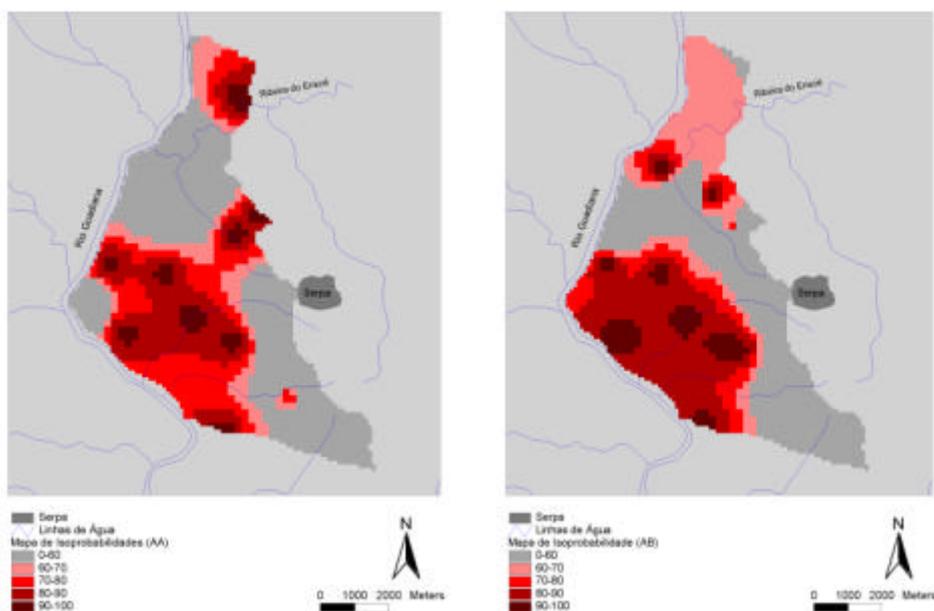


Figura 3 – Mapas de Risco. Classes de probabilidades do não nitrato exceder 50 mg/l em período de águas altas (A) e em período de águas baixas (B).

6. CONCLUSÕES

Uma análise comparativa entre o Índice de Susceptibilidade e o Índice Ramolino indica uma relação linear forte, com um valor do coeficiente de correlação de Spearman igual a 0,815.

A análise dos histogramas dos dois índices revela que as classes com maior frequência de ocorrência são [60-70] para índice Ramolino e [40-50] para o índice de Susceptibilidade.

Comparando os mapas de risco e os mapas dos índices verifica-se que as zonas onde existem elevadas probabilidade (> 60%) da concentração de nitrato ultrapassar os 50 mg/l são, regra geral, as áreas onde ocorrem valores superiores a 40 para o Índice de Susceptibilidade e superiores a 60 para o Índice Ramolino. Essas zonas são uma percentagem significativa da área total do sector, respectivamente 75% e 64%.

Os índices da vulnerabilidade utilizados neste trabalho, ao integrarem na sua elaboração o uso do solo, permitiram de uma forma mais realista, avaliar o grau de susceptibilidade do aquífero às práticas agrícolas.

Os resultados obtidos mostram que este sector do aquífero é constituído na sua grande parte por áreas classificadas com graus de vulnerabilidade médio a alto. Essas áreas coincidem igualmente com áreas onde foram detectados valores elevados de concentração de nitratos.

Tendo em conta os resultados obtidos é de considerar este sector como vulnerável à poluição por nitratos, segundo o estipulado no número 2 do artigo 3º da Directiva 91/676/CE de 12 de Dezembro de 1991.

Dado o estado de poluição persistente e generalizado da água subterrânea nesta área deveriam ser aplicadas as medidas estabelecidas no Código de Boas Práticas Agrícolas (MADRP, 1997), nomeadamente a escolha racional do tipo, da quantidade e da época de adubação, bem como da técnica de aplicação do fertilizante e o esquema de rotação de culturas, de forma que haja um melhor aproveitamento do Azoto remanescente no solo.

BIBLIOGRAFIA

ALLER L., BENNET, J., LEHR, R., Petty & G.Hackett. *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. NWWA/EPA Series, U.S. Environmental Protection Agency, Ada, Okla, 1987.*

CANTER, L. W., "Nitrates in Groundwater". *CRC Press, Inc., Lewis Publishers, 260 pp., 1997.*

CARY, F. C. – "Enquadramento e Perfis do Investimento Agrícola no Continente Português". *Banco de Fomento Nacional / Estudos, n.º 23, Vol. 2, Lisboa, 1985.*

Corine Land Cover. Centro Nacional de Informação Geográfica, 1987, www.snig.cnig.pt.

Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto de 1998 (Normas de Qualidade da Água).

DUQUE, J. M. – "Caracterização hidrogeológica e modelação matemática do aquífero dos Gabros de Beja". *Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Hidrogeologia. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa, 1997, 210 pp.*

EPAC, S.A. (sem data) - *Informações técnicas sobre cultura do milho.*

ERHSA 2003 – Atlas do Projecto ERHSA – Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo, *CCR Alentejo, 61 pp.*

FRANCÉS, A., PARALTA, E., FERNANDES, J. & RIBEIRO, L. – "Development and application in the Alentejo region of a method to assess the vulnerability of groundwater to diffuse agricultural pollution: the susceptibility index". *in Ribeiro L. (editor), Proc. of 3rd International Conference on Future Groundwater Resources at Risk (FRG'01), pp. 35-44, CVRM/IST, Lisbon, Portugal, 2001.*



INAG - Plano Nacional da Água – Introdução, Caracterização e Diagnóstico da Situação Actual dos Recursos Hídricos, Instituto da Água, vol.1 e 2, 2001.

JOCE: Proposta de Decisão do Parlamento Europeu e do Conselho relativa a um Programa de Acção para a Protecção e a Gestão Integrada das Águas Subterrâneas, 96/C355/01, Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º 355, 19p, 1996.

MADRP – “Código de Boas Práticas Agrícolas para a Protecção da Água contra a Poluição com Nitratos de Origem Agrícola”, Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, Lisboa, 1997.

OLIVEIRA, J. T. (Coord.) - Carta Geológica de Portugal, escala 1:200.000, Folha 8 e respectiva Notícia Explicativa, Serv. Geol. Port., 1992, Lisboa, 91 pp.

PARALTA, E.– “Hidrogeologia e Modelação Estocástica da Contaminação por Nitratos do Aquífero Gabro-diorítico da Região de Beja”. *Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Georrecursos. IST/Centro de Geo-Sistemas, Lisboa, 2001, 157 pp.*

PARALTA, E. & FRANCÉS, A. – “Caracterização hidrogeológica e avaliação da vulnerabilidade à poluição do complexo gabro-diorítico de Serpa-Brinches”. *GeoNovas, Revista da Associação Portuguesa de Geólogos, nº14, Porto, 2000.*

PARALTA E., OLIVEIRA M., BATISTA S., FRANCÉS A. RIBEIRO L. & CEREJEIRA M. J. – “Aplicação de SIG na avaliação da vulnerabilidade aquífera e cartografia da contaminação agrícola por pesticidas e nitratos na região do Ribatejo”, in *Seminário A Hidroinformática em Portugal, LNEC, 12p Lisboa, 2001.*

PARALTA E., FRANCÉS A. & SARMENTO P. A. – “Caracterização Hidrogeológica e Avaliação da Vulnerabilidade à Poluição Agrícola do Aquífero Mio-Pliocénico da Região de Canhestros (Alentejo)”, in *6º Congresso da Água, Porto, 2002.*

PARALTA E., & RIBEIRO L. – “Monitorização e Modelação Estocástica da Contaminação por Nitratos do Aquífero Gabro-diorítico de Beja – Resultados, Conclusões e Recomendações” *Seminário sobre Águas Subterrâneas. LNEC, 27 e 28 de Fevereiro, Lisboa, 2003, 30 pp.*

QUESADA, C., FONSECA, P. E., MUNHÁ, J., OLIVEIRA, J. T. & RIBEIRO, A. – The Beja-Acebuches Ophiolite (Southern Iberia Variscan fold belt): Geological characterization and geodynamic significance. *Boletín Geológico y Minero, vol. 05-1, pp. 3-49, 1994.*

RAMOLINO, L. - “Development of a Nitrate Pollution Index for Groundwater”, *Master of Environment Science Thesis, 1988, University of Oklahoma, Norman, Oklahoma, pp138-262.*

RIBEIRO, L. – “Development of a susceptibility index to be used in agricultural diffuse pollution”, *internal report, 9p., ERSHA-CVRM, 2000.*

RIBEIRO, L. – “A agricultura e a qualidade da água subterrânea em Portugal Continental”, *6º Congresso Nacional da Água, Porto, 2002.*

RIBEIRO, L., PARALTA, E., SITGTER, T. & CARVALHO Dill, A., – “Avaliação por métodos estocásticos da poluição das águas subterrâneas por nitratos de origem agrícola”, in *A&A Ciência nº6, Revista Água & Ambiente, Março de 2002.*

STIGTER T., VIEIRA J. & NUNES L., - “Avaliação da Susceptibilidade à Contaminação das águas Subterrâneas no Apoio à Tomada de Decisão, Caso de Estudo: Implantação de Campos de Golfe no Concelho de Albufeira (Algarve)”, *6º Congresso Nacional da Água, Porto, 2002.*

