

# PROTECÇÃO DAS ORIGENS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA CONSUMO HUMANO: DEFINIÇÃO DE ÁREAS DE PROTECÇÃO NO SISTEMA AQUÍFERO LEIROSA - MONTE REAL

**Tiago André MARTINS**

*Licenciatura em Geologia Aplicada e Ambiente, Bolseiro do LNEC  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal  
Tel: 21 844 3609, Fax: 21 844 3016, Email: [tmartins@lnec.pt](mailto:tmartins@lnec.pt)*

**Maria José HENRIQUES**

*Licenciatura em Geologia Aplicada e Ambiente, Técnica Superior do LNEC  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal  
Tel: 21 844 3609, Fax: 21 844 3016, Email: [mhenriques@lnec.pt](mailto:mhenriques@lnec.pt)*

**João Paulo LOBO FERREIRA**

*Investigador-Coordenador com Habilitação, Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas do DHA/LNEC  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal  
Tel: 21 844 3609, Fax: 21 844 3016, Email: [lferreira@lnec.pt](mailto:lferreira@lnec.pt)*

## RESUMO

No âmbito da Lei da Água, o Decreto-Lei n.º 226-A/2007, relativo ao regime de utilização dos recursos hídricos, determina no Artigo 43.º que a delimitação dos perímetros de protecção deverá observar o estabelecido na Portaria n.º 702/2009 de 6 de Julho e o título de utilização do domínio hídrico destinado à captação para consumo humano pressupõe a prévia delimitação dos respectivos perímetros de protecção.

Em Portugal, a obrigatoriedade da definição de perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento de água para consumo humano existe desde 1999, com a publicação do Decreto-Lei n.º 382/99 de 22 de Setembro. O Decreto-Lei é aplicado a captações de águas subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano (nos termos dos Artigos 13.º a 19.º do Decreto Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto) que sirvam, pelo menos, 500 habitantes ou cujo caudal de exploração seja superior a 100 m<sup>3</sup>/dia (Artigo 1.º). Qualquer que seja a situação, estão sempre obrigadas a ter a zona de protecção Imediata.

A delimitação dos perímetros de protecção é estabelecida em função das características do aquífero, dos parâmetros hidráulicos das formações atravessadas, das condições da captação e dos caudais de exploração, mediante a realização de estudos hidrogeológicos efectuados por técnicos especializados em águas subterrâneas. O Artigo 6.º determina, para as diferentes zonas de protecção, as actividades e instalações interditas ou condicionadas com o objectivo de estabelecer medidas de protecção das origens das águas subterrâneas para consumo humano com a finalidade de preservar a sua qualidade.

Este trabalho insere-se num estudo desenvolvido pelo LNEC para a ARH do Centro intitulado "Modelação de dados geográficos e modelação matemática dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos para o planeamento e gestão dos recursos hídricos sob jurisdição da ARH do Centro, I.P." e teve como finalidade cumprir o determinado na Tarefa 4.4 da componente 4: "Modelação de perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas".

Considerando que, a vulnerabilidade e o risco da origem da água subterrânea para consumo humano, condicionam o traçado dos perímetros de protecção e as limitações aos usos associados, o estudo das características da qualidade da água na origem deve, pois, decorrer durante um intervalo de tempo que permita determinar as variações da qualidade da água durante o ano hidrológico e em situações extremas, como secas e inundações. Uma vez garantida a fiabilidade dum estudo desta natureza poder-se-á, proceder à selecção da origem de modo a que:

- Não existam substâncias contaminantes e organismos perigosos à saúde humana.
- Não seja vulnerável à poluição.

O recurso a ferramentas SIG permitiu efectuar uma abordagem integrada dos diversos factores ambientais, geológicos e hidrológicos que podem ser representados espacialmente (mapas de solo, uso e ocupação do solo, geologia, etc.) face às características intrínsecas dos aquíferos (vulnerabilidade à poluição, risco dos meios hídricos subterrâneos à poluição devidos a pressões antropogénicas) de forma a obter áreas de protecção das origens de água destinadas ao consumo humano.

**Palavras-chave:** SIG, vulnerabilidade à poluição, risco, áreas de protecção, ARH do Centro.

## 1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade actual dos sistemas de informação geográfica permite uma melhor visibilidade quando se pretende ponderar os impactes do uso e transformação do território (pressões antropogénicas) face às características intrínsecas dos aquíferos (vulnerabilidade e risco dos aquíferos à poluição).

Para caracterizar o risco do meio hídrico subterrâneo à poluição, utiliza-se o método do Índice de poluição da zona não saturada (zona vadosa) desenvolvido pelos Serviços Geológicos dos Estados Unidos (USGS) e aplicado em Lobo-Ferreira *et al.* (2006). A avaliação da vulnerabilidade à poluição do sistema aquífero Leirosa - Monte Real é efectuada através do método DRASTIC (Aller *et al.*, 1987). Estas metodologias são as indicadas no Guia Técnico n.º 11 do ERSAR (Lobo-Ferreira *et al.*, 2009), que estabelece as normas e os critérios para a “Protecção das origens Superficiais e Subterrâneas dos Sistemas de Abastecimento de Água”.

O índice de vulnerabilidade à poluição DRASTIC em conjunto com a metodologia do índice de poluição da zona vadosa constituem ferramentas úteis ao permitirem efectuar o mapeamento da susceptibilidade de contaminação de captações face às características intrínsecas dos aquíferos e aos usos e ocupação do solo.

Em termos técnicos, estas ferramentas servem de suporte, tanto para a decisão da dimensão de perímetros de protecção como na determinação de áreas do território com actividades condicionadas e restritas visando a protecção das origens da água para consumo humano.

## 2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E LITOESTRATIGRÁFICO DO SISTEMA AQÍFERO LEIROSA MONTE - REAL

O sistema aquífero Leirosa-Monte Real encontra-se sob a jurisdição da ARH do Centro (Figura 1) ocupa uma área de cerca de 218 km<sup>2</sup>, estendendo-se ao longo do litoral, desde a foz do rio Mondego, a norte, e o rio Lis, a sul, contactando a Este com o sistema aquífero do Lourçal e a sul com Vieira de Leiria – Marinha Grande. É composto essencialmente por sedimentos do Plio-pleistocénico recobertos por uma grande extensão de areias de duna. Estas formações preenchem as depressões resultantes da actividade diapírica na zona de Monte Real e Ervedeira, bem como o sinclinal entre elas (sinclinal de Crasta Alta) – (Almeida *et al.*, 2000).

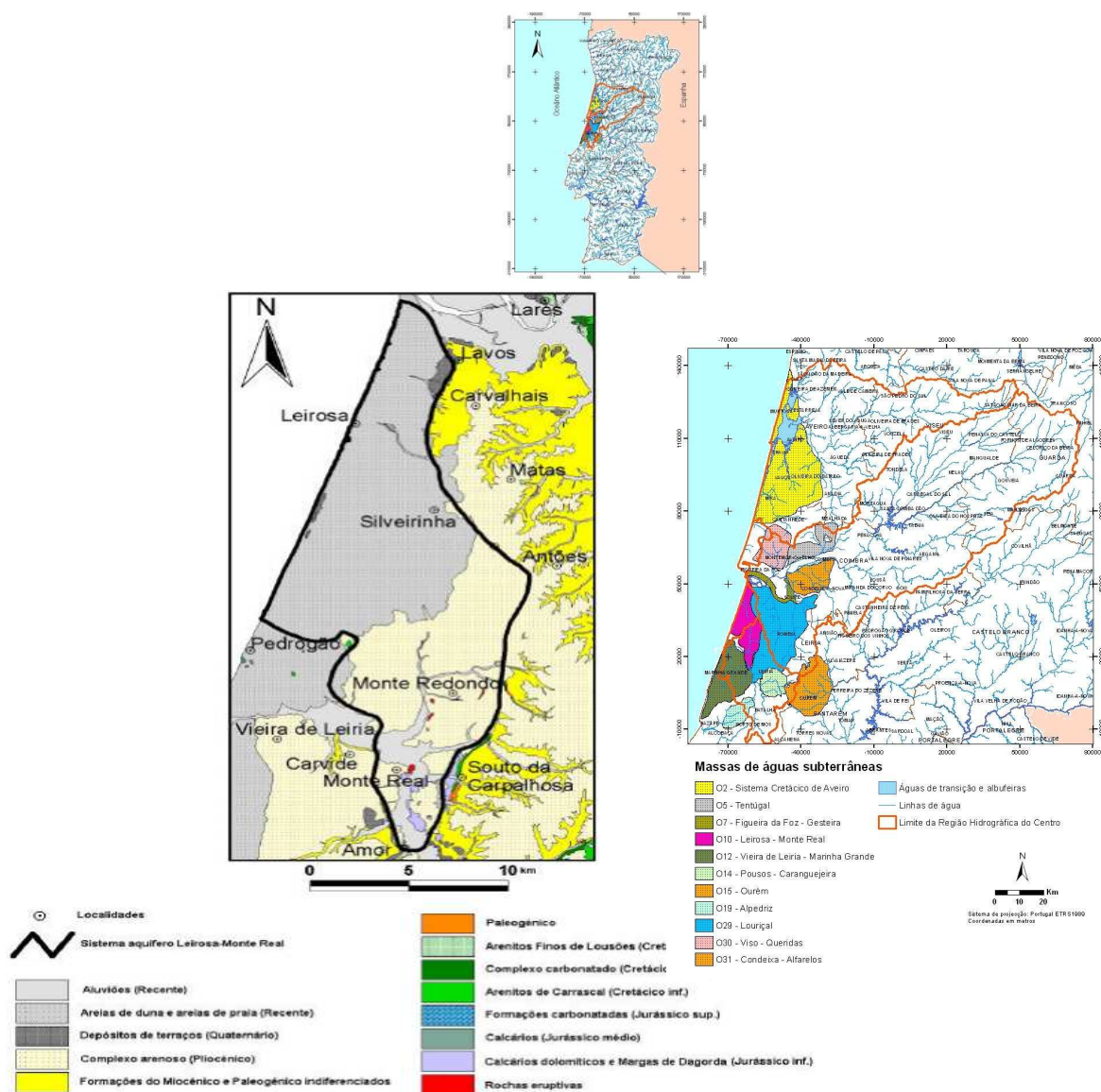


Figura 1 - Enquadramento geológico do sistema aquífero Leirosa - Monte Real

É um sistema aquífero, poroso, constituído por materiais detríticos que assentam sobre as formações argilo-arenosas e calco-margosas do Mesozóico essencialmente junto ao litoral e sobre as Margas da Dagorda nas áreas de actividade tectono-diapírica (Almeida *et al.* 2000).

Os logs, cujas localizações se apresentam na Figura 2, evidenciam o carácter freático do aquífero. Ocorrem por vezes, camadas argilosas lenticulares que conferem um carácter multicamada ao aquífero. Os sedimentos arenosos que constituem o aquífero possuem espessuras que variam desde os 30 metros a duas dezenas de metros no sinclinal de Monte Real. A base do aquífero é definida pelo topo das formações areníticas e das formações margosas e calcárias do Cretácico (Figura 2).

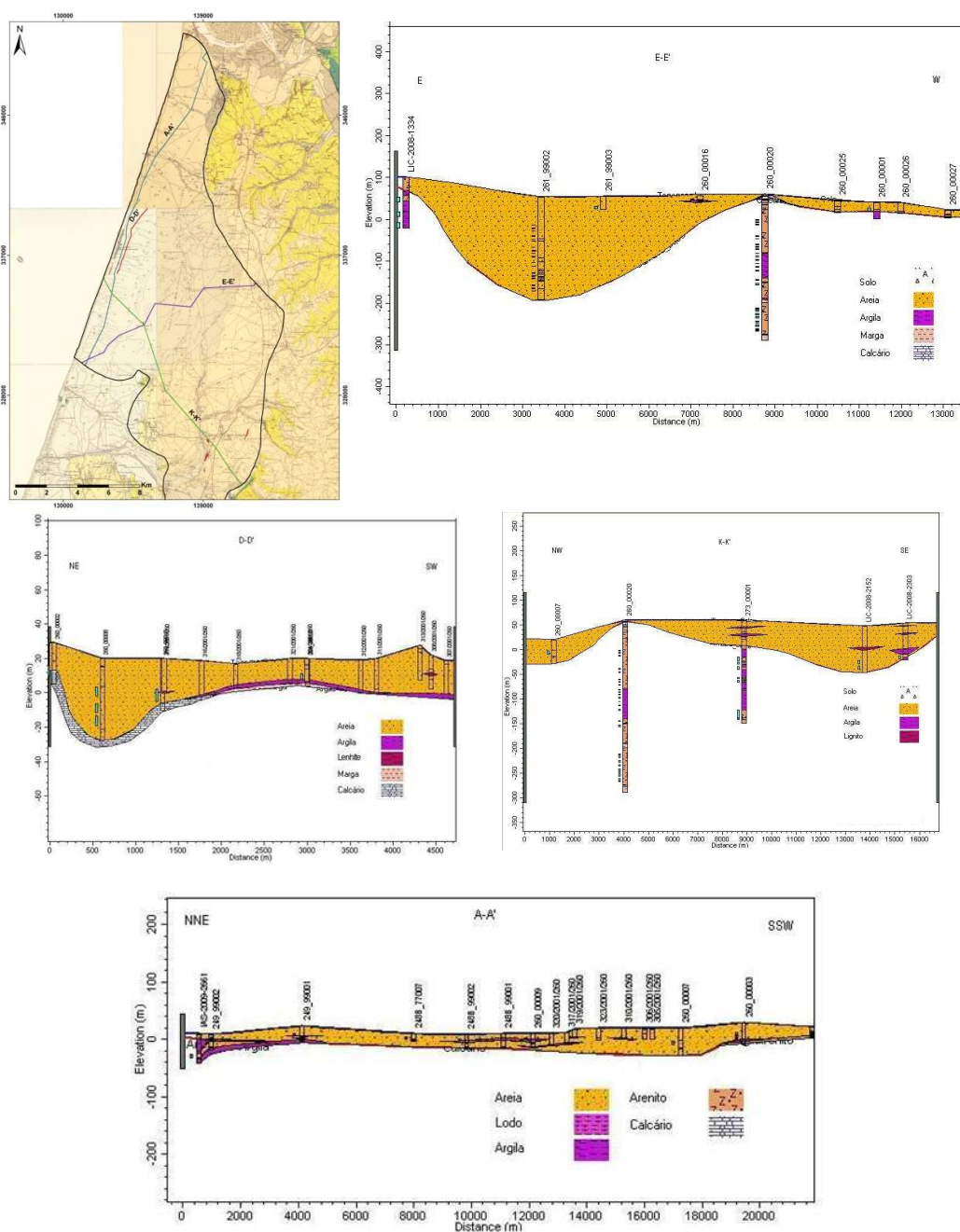


Figura 2 - Perfis litológicos de sondagens de pontos de água subterrânea

### 3. METODOLOGIAS

#### 3.1 Metodologia DRASTIC

A metodologia DRASTIC foi desenvolvida por Aller *et al.* (1987) e tem sido amplamente utilizada no âmbito de inúmeros estudos para a avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos à poluição. Este método, inclui índices de vulnerabilidade formados por parâmetros hidrogeológicos, morfológicos e outras formas de parametrização das características dos aquíferos, de um modo bem definido. A adopção de índices de vulnerabilidade tem a vantagem, em princípio, de eliminar ou minimizar a

subjectividade inerente aos processos de avaliação. O índice DRASTIC corresponde ao somatório ponderado de 7 valores correspondentes aos seguintes 7 parâmetros ou indicadores hidrogeológicos (Figura 3).

A vulnerabilidade surge assim como um conceito que permite integrar vários parâmetros caracterizadores do meio subterrâneo e da sua especificidade (Figura 3). Cada um dos sete parâmetros DRASTIC foi dividido quer em escalas quer em tipos de meio significativos que condicionam o potencial de poluição. A cada uma das divisões atribui-se um índice que varia entre 1 e 10 e cujo valor se relaciona directamente com o potencial de poluição (Aller *et al.*, 1987).

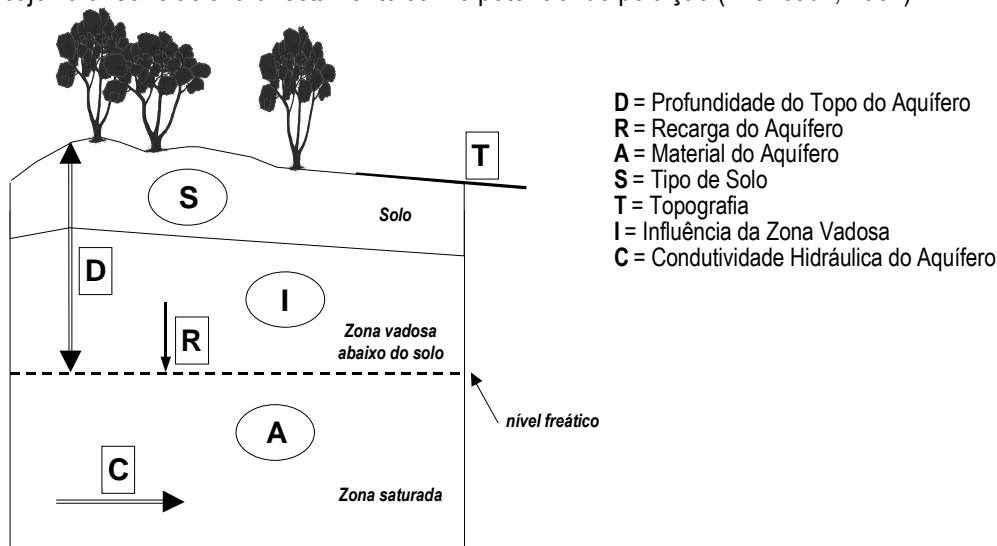


Figura 3 - Parâmetros incorporados no método DRASTIC (adaptado de Oliveira, 2002)

O índice de vulnerabilidade DRASTIC obtém-se através da seguinte expressão:

$$\text{DRASTIC} = D_p \times D_i + R_p \times R_i + A_p \times A_i + S_p \times S_i + T_p \times T_i + I_p \times I_i + C_p \times C_i$$

onde  $i$  é o índice atribuído ao elemento em causa e  $p$  é o seu peso. O peso de cada parâmetro reflecte a sua importância relativa. O peso varia de 1 a 5 da seguinte forma:

Quadro 1 - Parâmetros DRASTIC e pesos correspondentes

Parâmetro	D	R	A	S	T	I	C
Normal	5	4	3	2	1	5	3
Pesticidas	5	4	3	5	3	4	2

Lobo Ferreira *et al.* (1999) consideraram a seguinte relação entre o Índice de vulnerabilidade DRASTIC e a vulnerabilidade em termos qualitativos:

- Índice da DRASTIC superior a 199: vulnerabilidade muito elevada
- Índice da DRASTIC entre 160 e 199: vulnerabilidade elevada
- Índice da DRASTIC entre 120 e 159: vulnerabilidade intermédia
- Índice da DRASTIC inferior a 120: vulnerabilidade baixa

### 3.2 Metodologia do Risco de Poluição da Zona Vadosa (IZV)

Segundo Lobo Ferreira *et al.* (2006) o risco de poluição, depende não só da vulnerabilidade mas também da existência de cargas poluentes significativas que possam entrar para o meio hídrico



subterrâneo; é um conceito mais abrangente, e dinâmico que engloba a vulnerabilidade e a existência de focos de poluição. É possível existir um aquífero com alto índice de vulnerabilidade mas sem risco de poluição, caso não haja carga poluente significativa ou de haver um risco de poluição excepcional apesar do índice de vulnerabilidade ser baixo.

O risco pode ser definido em relação a uma captação ou conjunto de captações de águas subterrâneas, ou pode ser definido em relação à totalidade de uma massa de água subterrânea.

Este índice foi desenvolvido pelos Serviços Geológicos dos Estados Unidos (USGS) tendo sido apresentado em Eimers *et al.* (2000). A classificação baseia-se numa combinação de parâmetros que contribuem para a possibilidade da água, com ou sem contaminantes, atingir a zona saturada a partir da área de recarga (Lobo-Ferreira *et al.*, 2006).

Assim, o índice da zona vadosa quantifica um risco e corresponde ao somatório ponderado dos seguintes quatro parâmetros:

**C** - Condutância vertical da zona vadosa

**LS** - Declive da superfície topográfica

**LC** - Cobertura do solo

**LU** - Uso do solo

Os primeiros três parâmetros relacionam-se com a vulnerabilidade do meio, ao passo que o uso do solo se relaciona com a carga poluente. Cada um dos parâmetros encontra-se classificado e a cada classe é atribuído um valor que varia entre 1 e 10. O valor 1 corresponde a uma situação de menor vulnerabilidade ou possível carga poluente e o valor 10 corresponde a uma situação de maior vulnerabilidade ou carga poluente.

O índice da zona vadosa é obtido através do cálculo seguinte:

$$I_{zv} = C_p \cdot C_i + LS_p \cdot LS_i + LC_p \cdot LC_i + LU_p \cdot LU_i$$

onde  $X_i$  é o índice atribuído ao parâmetro  $X$  e  $X_p$  é o respectivo peso. O peso de cada parâmetro reflecte a sua importância relativa. O peso pode ser 2 ou 3:

Quadro 2 - Parâmetros IZV e pesos correspondentes

Parâmetro	C	LS	LC	LU
Peso	3	2	2	3

Para uma análise em termos qualitativos, considera-se a seguinte relação entre o Índice da Zona vadosa e o risco:

- Índice da Zona vadosa entre 90 – 100: risco muito elevado
- Índice da Zona vadosa entre 70 – 90: risco elevado
- Índice da Zona vadosa entre 40 – 70: risco intermédio
- Índice da Zona vadosa entre 10 – 40: risco baixo

### 3.3 Metodologia para a Definição de Classes de Protecção dos Sistemas Aquíferos

Com o intuito de avaliar o grau de protecção dos sistemas aquífero à poluição face aos usos e transformação do território, efectuou-se o cruzamento da informação geológica com os mapas resultantes da aplicação do método de vulnerabilidade DRASTIC e da metodologia do IZV. Para a identificação de infra-estruturas susceptíveis de libertar cargas poluentes que constituam um risco ao meio hídrico subterrâneo em zonas vulneráveis fez-se também a sobreposição do mapa resultante com o tipo de ocupação do solo (CORINE Land Cover de 2006). Uma vez que o uso do solo se relaciona com a carga poluente, do cruzamento dos quatro mapas (informação geológica, vulnerabilidade

DRASTIC, risco à poluição do IZV e uso do solo) é possível delimitar graus de risco de contaminação de captações de águas subterrâneas.

No Quadro 3 apresenta-se a associação que é possível obter através do cruzamento do mapa de vulnerabilidade DRASTIC com o mapa do índice da zona vadosa.

Quadro 3 - Classe de protecção correspondente a cada classe de vulnerabilidade e risco

Vulnerabilidade DRASTIC (Peso)	Índice de Zona Vadosa (risco) (Classe)	Classe de Protecção
Baixo - (1)	Muito elevado - (D)	1 – D
Intermédio - (2)		2 – D
Elevado - (3)		3 – D
Muito elevado - (4)		4 – D
Baixo - (1)	Elevado – (C)	1 – C
Intermédio - (2)		2 – C
Elevado - (3)		3 – C
Muito elevado - (4)		4 – C
Baixo - (1)	Intermédio – (B)	1 – B
Intermédio - (2)		2 – B
Elevado - (3)		3 – B
Muito elevado - (4)		4 – B
Baixo - (1)	Baixo – (A)	1 – A
Intermédio - (2)		2 – A
Elevado - (3)		3 – A
Muito elevado - (4)		4 – A

No sentido de estabelecer numa escala de pesos a atribuir por classe de protecção, procedeu-se à reclassificação das classes definidas para os métodos DRASTIC e IZV numa escala de 0 a 10, de acordo com a Figura 4. Uma vez obtida a classificação para as duas metodologias, construiu-se uma matriz com a finalidade de obter uma escala de risco (Quadro 4). Trata-se assim de uma classificação qualitativa (Classe de Protecção) para uma descrição quantitativa (Escala de Risco).

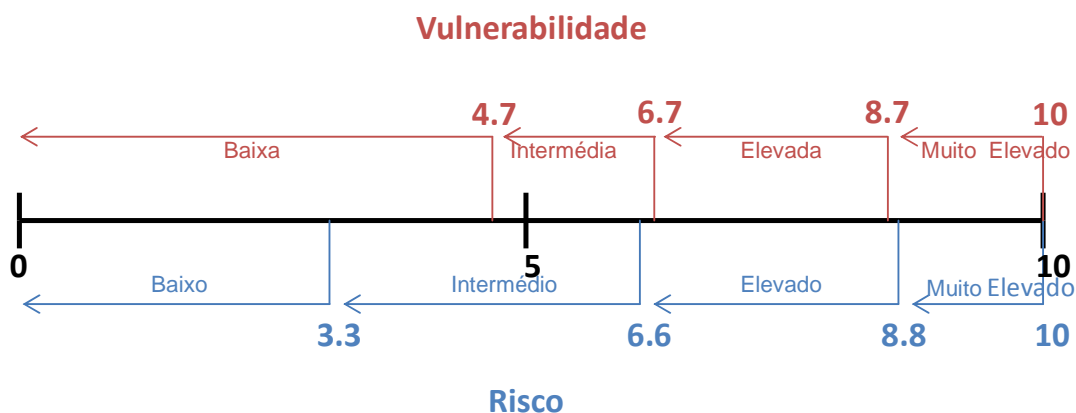


Figura 4 - Representação esquemática da conversão de classes numa escala de 0 a 10

Cruzando o conceito de classe de protecção apresentado no Quadro 3 com a escala de risco obtida através da matriz do Quadro 4 pode constatar-se que algumas classes, apesar da hierarquia estabelecida anteriormente, assumem maior relevância. Um exemplo concreto ocorre quando se observa que a classe correspondente a Risco Baixo e Vulnerabilidade Muito Elevada esta pertence a

uma classe abaixo da classe relativa a Risco Elevado e Vulnerabilidade Baixa na Escala de Risco estabelecida. A síntese dos resultados encontra-se no Quadro 5.

Quadro 4 – Matriz de definição da escala de risco

IZV	Classes	Intervalos	Escala	DRASTIC			
				Baixo	Intermédio	Elevado	Muito Elevado
				23 - 119	120 - 159	160 - 199	200 - 226
				4.8	6.7	8.7	10
	Baixo	0 - 39	3.3	15.9	22.5	29.1	33.3
	Intermédio	40 - 69	6.7	31.9	45	58.1	66.7
	Elevado	70 - 89	8.9	42.5	60	77.5	88.9
	Muito Elevado	90 - 100	10	47.8	67.5	87.2	100

Quadro 5 – Classe de Protecção ordenada em função da escala de risco calculada

Risco	Classe	Vulnerabilidade	Peso	Escala de Risco	Classe de Protecção
Baixo	A	Baixo	1	15.9	1-A
Baixo	A	Intermédio	2	22.5	2-A
Baixo	A	Elevado	3	29.1	3-A
Intermédio	B	Baixo	1	31.9	1-B
Baixo	A	Muito Elevado	4	33.3	4-A
Elevado	C	Baixo	1	42.5	1-C
Intermédio	B	Intermédio	2	45	2-B
Muito Elevado	D	Baixo	1	47.8	1-D
Intermédio	B	Elevado	3	58.1	3-B
Elevado	C	Intermédio	2	60	2-C
Intermédio	B	Muito Elevado	4	66.7	4-B
Muito Elevado	D	Intermédio	2	67.5	2-D
Elevado	C	Elevado	3	77.5	3-C
Muito Elevado	D	Elevado	3	87.2	3-D
Elevado	C	Muito Elevado	4	88.9	4-C
Muito Elevado	D	Muito Elevado	4	100	4-D

Após a avaliação da informação resultante procedeu-se à sobreposição da informação geológica com o mapa resultante do cruzamento em SIG dos seguintes níveis de informação (geologia, vulnerabilidade DRASTIC, risco à poluição da zona vadosa e usos do solo).

#### 4. DEFINIÇÃO DE CLASSES DE PROTECÇÃO NO SISTEMA AQUÍFERO LEIROSA-MONTE REAL

##### 4.1 Vulnerabilidade à Poluição do Aquífero Leirosa - Monte Real

A vulnerabilidade à poluição do aquífero Leirosa - Monte Real foi avaliada por aplicação da metodologia DRASTIC (Figura 5). Por ser constituído por uma grande extensão de areias de duna e praia, e possuir uma topografia aplanada, possui 43% da sua área na classe de vulnerabilidade à poluição elevada e 51% na intermédia.



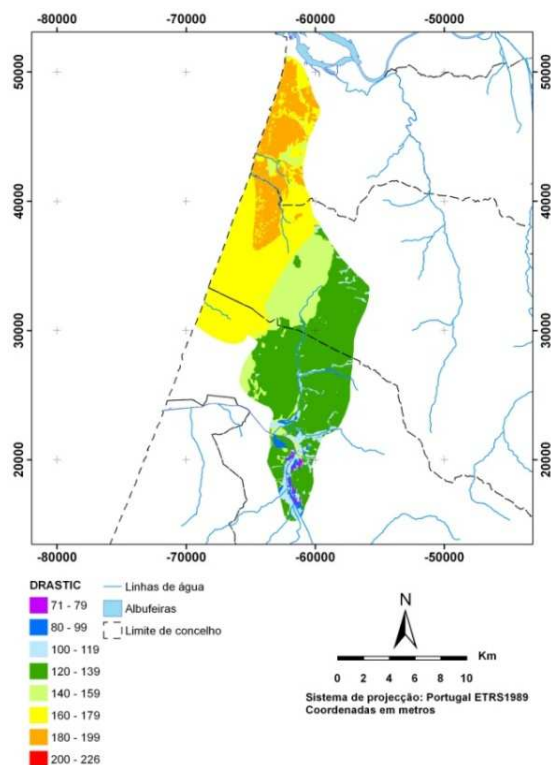


Figura 5 – Vulnerabilidade à poluição (DRASTIC) do sistema aquífero Leirosa – Monte Real

#### 4.2 Risco de Poluição da Zona Vadosa devido a Usos e Transformação do Território

O parâmetro C (Figura 6) foi obtido com recurso ao comando *Raster Calculator* no SIG dividindo a condutividade hidráulica vertical das camadas aflorantes, em formato *grid* com a profundidade espessura saturada do aquífero também em formato *grid*. A espessura saturada foi calculada subtraindo o Modelo Digital do Terreno pela profundidade ao nível da água (Figura 7) ambos em formato *grid*. As superfícies de extrapolação foram obtidas por métodos geoestatísticos que melhor representam as variáveis em análise para a área de estudo.

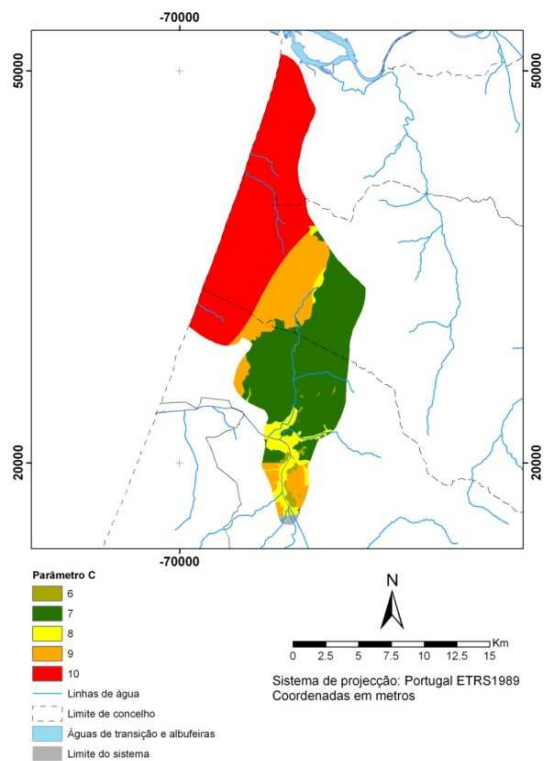


Figura 6 – Parâmetro C: Condutância vertical da zona vadosa (Leirosa – Monte Real)

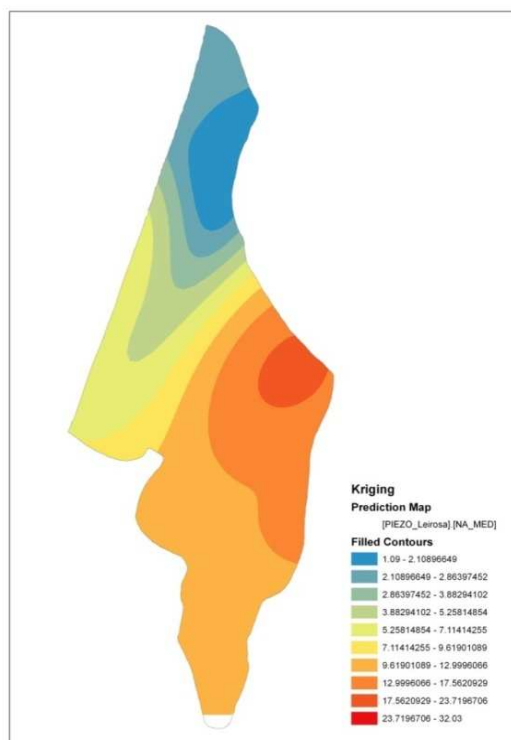


Figura 7 - Nível médio da profundidade ao nível da água no sistema aquífero de Leirosa – Monte Real

O parâmetro LS foi igualmente determinando dos valores de declividade resultantes da aplicação em SIG da ferramenta SLOPE (%) do modelo digital do terreno e posteriormente reclassificados de acordo com os índices definidos na metodologia IZV (Figura 8).

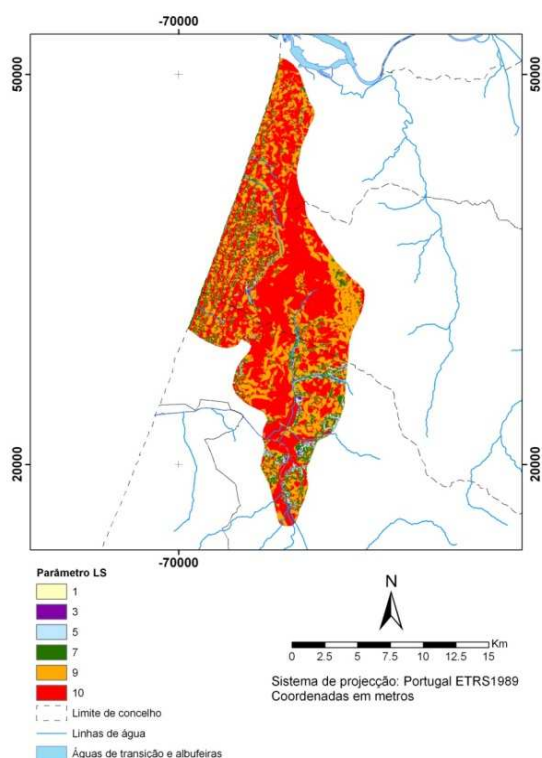


Figura 8 – Parâmetro LS: Declividade da superfície topográfica (Leirosa – Monte Real)

Os valores dos índices dos parâmetros cobertura do solo (LC) e de uso do solo (LU) foram atribuídos com base na cartografia CORINE Land Cover de 2006 (escala 1:100 000), estabelecendo a associação entre a informação apresentada na cartografia CORINE Land Cover 2006 e os tipos de ocupação e uso do solo pré-estabelecidos na metodologia (Quadro 6).

Estão presentes vários tipos de ocupação do solo com predomínio das florestas resinosas e mistas bem como algumas manchas de tecido urbano descontínuo e culturas temporárias de regadio.

Quadro 6 - Índices de cobertura (LC) e uso do solo (LU) (Leirosa – Monte Real)

Código CORINE	Descrição	Índice LC	Índice LU
111	Residencial de alta densidade	2	8
112	Residencial de baixa densidade	4	7
121	Comercial/industrial	1	10
131	Pedreiras/minas a céu aberto/saibreiras	6	5
133	Residencial de baixa densidade	4	7
211	Agricultura	6	
212			
213	Áreas húmidas vegetação emergente	2	1
221	Agricultura	6	7

Código CORINE	Descrição	Índice LC	Índice LU
241	Pastagem/feno	8	5
242			
243			
312	Floresta perene	10	3
313			
324			
331	Solo esquelético	7	2
512	Planos de Água	2	1
523			

A determinação do índice de poluição da zona vadosa, para o sistema aquífero de Leirosa - Monte Real, permitiu avaliar, em termos qualitativos, que o risco médio de contaminação é de 84 (risco elevado). Cerca de 80% da área do sistema aquífero corresponde a um risco elevado, situação que se verifica na região NW, onde ocorrem valores menores da espessura não saturada.

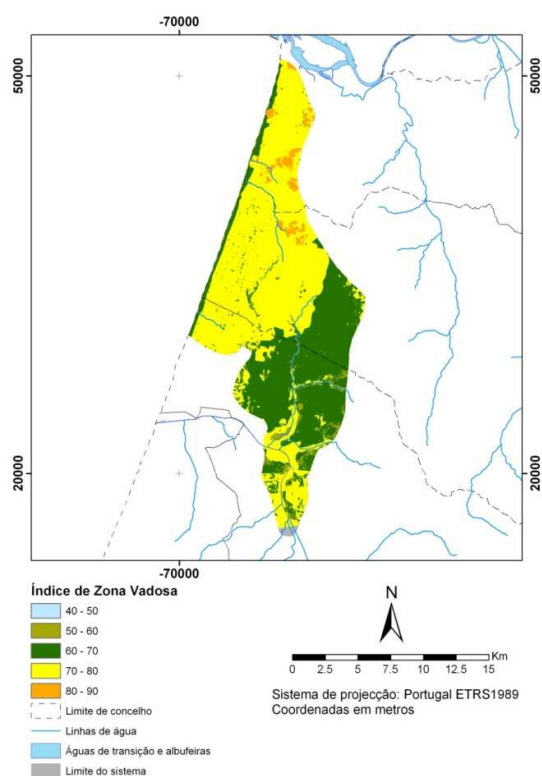


Figura 9 - Índice de risco de poluição da zona vadosa do sistema aquífero de Leirosa – Monte Real

No Quadro 7 e na Figura 10 apresenta-se a síntese da informação e o mapa resultante do cruzamento em SIG dos seguintes níveis de informação (geologia, vulnerabilidade DRASTIC, risco à poluição IZV e uso do solo). Verifica-se que, 42 % da área do sistema aquífero se insere na classe 3-C (vulnerabilidade elevada e risco elevado) e 35.6 % da área na classe 2-C (vulnerabilidade intermédia e risco elevado).

Quadro 7 – Área do sistema correspondente a cada classe de Protecção (Leirosa – Monte Real)

Classe de protecção	1-A	1-B	1-C	1-D	2-A	2-B	2-C	2-D	3-A	3-B	3-C	3-D	4-A	4-B	4-C	4-D
Área (%)	0.00	2.10	3.60	0.00	0.00	16.60	35.60	0.00	0.00	2.20	42.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

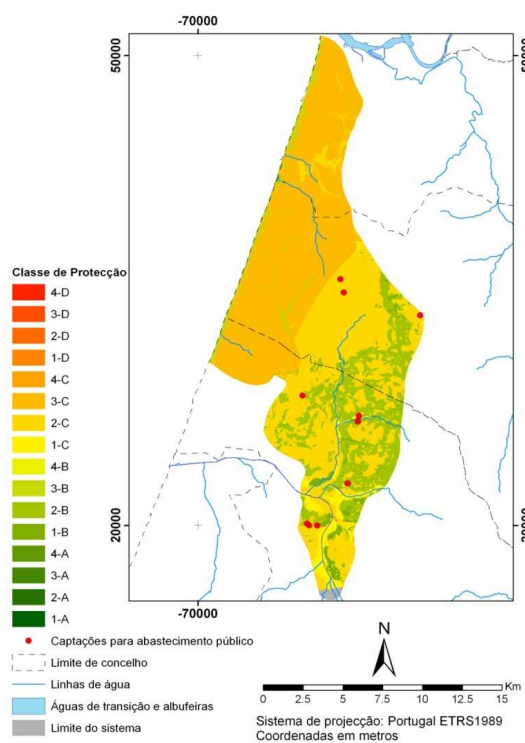


Figura 10 – Mapa de classes de protecção na área do sistema aquífero Leirosa – Monte Real

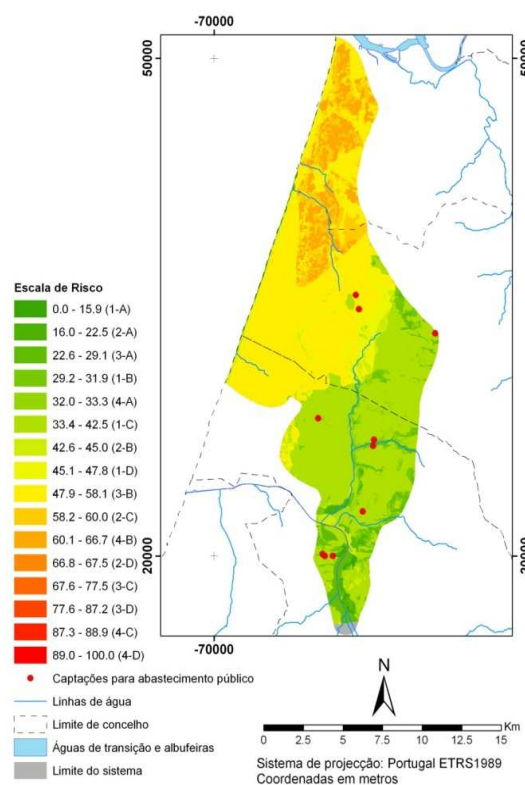


Figura 11 – Mapa da escala de risco e classes de protecção na área do sistema aquífero Leirosa –

## Monte Real

A Figura 11 apresenta o mapa da Escala de Risco em termos qualitativos. Salienta-se que as alterações entre este mapa e o apresentado na Figura 10 resultam das variações hierárquicas entre a Classe de Protecção e a Escala de Risco - Quadro 4.

Verifica-se que grande parte das captações para consumo humano inventariadas se encontram localizadas em áreas pertencentes à classe 2-C (vulnerabilidade intermédia e risco elevado).

Salienta-se que, a componente da análise do risco utilizada está directamente ligada à ocupação e uso do solo, informação que requer um constante actualização atendendo à rapidez com que estas mudanças se processam.

Tendo em conta as características da ocupação do solo definidas na *Carta CORINE Land Cover* e associando as principais actividades, podem considerar-se os seguintes tipos de riscos (Quadro 8).

Quadro 8 – Principais tipos de ocupação de solo e características químicas dos poluentes libertados

Código CORINE	Descrição	Características químicas	Origens
111	Residencial de alta densidade	Nutrientes, matéria orgânica e patogénicos	Roturas em redes de esgotos e circulação de veículos
123			
112	Residencial de baixa densidade	Nutrientes, matéria orgânica e patogénicos	Roturas em fossas sépticas e circulação de veículos
122			
124			
133			
142			
121	Comercial / industrial	Metais pesados, orgânicos sintéticos, patogénicos, hidrocarbonetos, matéria orgânica, nutrientes, sais, etc.	Actividades industriais, tráfego rodoviário, ferroviário, derramem de compostos contaminantes, etc.
131	Pedreiras / minas a céu aberto / saibreiras	Metais pesados e hidrocarbonetos	Desgaste e derrames de óleos de lubrificação de maquinaria
211	Agricultura	Sais, nutrientes, matéria orgânica e pesticidas	Uso de fertilizantes, pesticidas e adubos químicos
212			
221			
231	Pastagem / Feno	Sais, nutrientes e matéria orgânica	Actividades agro-pecuárias
241			
242			
243			
311	Floresta perene	Matéria orgânica, cinzas, metais pesados, patogénicos, nutrientes	Incêndios florestais e deposição de lixo ilegal

Assim, a magnitude do perigo e do tipo de impactes no meio hídrico subterrâneo resultam das características físico-químicas dos elementos libertados, da vulnerabilidade do meio e da distância à captação para o abastecimento público.

## 5. CONCLUSÕES

Neste artigo apresentam-se as metodologias e os resultados obtidos na caracterização dos riscos de poluição face aos usos e ocupação do solo aplicadas ao aquífero Leirosa-Monte Real, no âmbito do estudo efectuado para a ARH do Centro intitulado "Modelação de dados geográficos e modelação matemática dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos para o planeamento e gestão



dos recursos hídricos sob jurisdição da ARH do Centro, I.P.”, dando cumprimento ao estipulado na Tarefa 4.4. – Modelação de perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas.

A análise efectuada teve por objectivo colaborar com as entidades responsáveis pelo licenciamento de novas captações para o consumo humano, a ARH do Centro, indicando quais as áreas sujeitas a maior risco de poluição face aos usos e transformação do território, e dando maior visibilidade às actividades e instalações interditas e/ou condicionadas no interior de cada uma das três zonas de protecção que constituem os perímetros de protecção, de acordo com o Artigo 6.º do Decreto-Lei 382/99, de 22 de Setembro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aller L., Bennet T., Lehr J. H., Petty R. J. (1987). DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings, U.S. EPA Report 600/2-85/018.

Lobo Ferreira, J.P.C., Oliveira, M.M., Leitão, T. E., Novo, M.E., Moinante, M. J., Moreira, P. e Henriques, M. J. (1999). Caracterização dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Área Abrangida pelo Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo. Anexo Temático 10 – Qualidade dos Meios Hídricos. Tomo B, Qualidade das Águas Subterrâneas. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, p. 117.

Almeida, L., C., Mendonça, J. J. L., Jesus, M. R. e Gomes, A. J. (2000). Actualização do Inventário dos Sistemas Aquíferos de Portugal Continental, Centro de Geologia e Instituto da Água.

Eimers, J. L., Weaver, J. C., Terziotti, S. e Midgette, R. W. (2000). Methods of rating unsaturated zone and watershed characteristics of public water supplies in North Carolina. U.S. Geological Survey, Water Resources Investigations Report 99-4283, p. 31, <http://pubs.usgs.gov/wri/wri994283/> FAO (1979). Groundwater Pollution: Technology, Economics and Management. Volume 31, Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979, pp. 137.

Lobo Ferreira, J.P.C., Oliveira, M.M., Diamantino, C., Novo, M.E., Moinante, M.J., Yuanyuan, M. (2006). "Organigramas para Selecção de Métodos para Zonamento e Protecção de Recursos Hídricos Subterrâneos e de Superfície". 8.º Congresso da Água: "Água, Sede de Sustentabilidade!", APRH, Publicação em CD-ROM, Figueira da Foz, 13 a 17 de Março de 2006.

Lobo-Ferreira, J.P., Leitão, T. E., Oliveira, M. M., Rocha, J. S. e Barbosa, A. E. (2009). "Protecção das Origens Superficiais e Subterrâneas nos Sistemas de Abastecimento de Água". Série Guias Técnicos, 11, Edição IRAR e LNEC, ISBN 978-989-95392-6-6, 198 pp.