

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DOS AÇORES

**RELATÓRIO TÉCNICO-CIENTÍFICO
05/DGUA/03**

**DEFINIÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTECÇÃO ÀS CAPTAÇÕES
DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DA ILHA DE SÃO MIGUEL (AÇORES)
CONCELHO DE NORDESTE**

J. VIRGÍLIO CRUZ, JOÃO FIGUEIREDO & CATARINA AMARAL



**CENTRO DE GEOLOGIA AMBIENTAL
NOVEMBRO - 2003**

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
2. PRINCÍPIOS BÁSICOS	3
3. METODOLOGIA APLICADA	4
4. APLICAÇÕES AO CONCELHO DE NORDESTE	7
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	8
6. BIBLIOGRAFIA	9
ANEXO I (Quadros)	10
ANEXO II (Zonas de protecção intermédia)	14
ANEXO III (Zona de protecção alargada)	31

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório é a quinta peça escrita englobada no âmbito do projecto de definição de perímetros de protecção às captações de água subterrânea da ilha de São Miguel. O referido projecto foi solicitado pela Direcção Regional de Ordenamento de Território e Recursos Hídricos da Secretaria Regional do Ambiente do Governo Regional dos Açores (DROTRH/SRA) ao Centro de Geologia Ambiental do Departamento de Geociências da Universidade dos Açores.

Neste contexto, são definidos neste relatório os perímetros de protecção relativos às captações de água subterrânea do concelho de Nordeste, para o que se contou com o apoio da respectiva autarquia quando da execução dos levantamentos de campo.

A definição de perímetros de protecção das captações de água subterrânea, cuja obrigatoriedade legal foi estabelecida pelo Decreto-Lei nº 382/99, de 22 de Setembro, constitui um dos pilares essenciais à preservação da qualidade da água subterrânea, aspecto de iniludível importância nos Açores na medida que este recurso é imprescindível ao desenvolvimento regional.

2. PRINCÍPIOS BÁSICOS

O presente relatório segue-se a um documento preliminar, onde eram estabelecidos os princípios básicos da metodologia a seguir, obviamente sustentados nas devidas considerações técnicas, e às restantes peças escritas produzidas no âmbito deste projecto, onde se fazia a aplicação directa da metodologia pré-definida aos Concelhos da Lagoa, da Ribeira Grande, de Vila Franca do Campo e da Povoação. Desta forma, todas as considerações de base, relativas à explanação da metodologia podem ser consultadas em Cruz et al. (2001) e Cruz e Goulart (2001a; 2001b; 2001c; 2001d) e doravante apenas se fará uma breve apresentação do projecto e da metodologia adoptada.

No Decreto-Lei nº 382/99 são definidas três zonas contíguas de protecção, nomeadamente:

- Zona de Protecção Imediata - imediatamente junto da captação de água subterrânea, deve promover a protecção directa das próprias instalações da captação.

- Zona de Protecção Intermédia - área exterior contígua à zona de protecção imediata, de forma a promover a eliminação ou redução da poluição da água subterrânea, mediante a limitação, ou mesmo proibição, de actividades e/ou instalações susceptíveis de ter um impacto negativo sobre a qualidade da água subterrânea. Estas actividades correspondem a acções directas, relacionadas com a percolação de poluentes, ou indirectas, por modificação do fluxo natural para a captação ou das condições de infiltração junto do ponto de água.
- Zona de Protecção Alargada - área exterior contígua à zona de protecção intermédia, definida de forma a promover a protecção da água subterrânea face a poluentes persistentes, de difícil atenuação natural (compostos orgânicos, substâncias radioactivas, metais pesados, hidrocarbonetos e nitratos). Tal como na área de protecção anterior as actividades humanas podem ser condicionadas e/ou interditas, atendendo às características do foco de poluição (modo de descarga e volume de poluentes rejeitados) e dos poluentes (natureza) e às condicionantes geológicas e hidrogeológicas.

3. METODOLOGIA APLICADA

Sinteticamente, a metodologia considerada adapta o disposto no estudo piloto (LNEC, 1990), de forma a este reflectir de alguma forma as características geológicas das formações aquíferas drenadas pelas nascentes.

Desta forma, o primeiro passo da abordagem metodológica delineada consistiu em realizar um levantamento exaustivo das captações de água subterrânea, com o apoio dos serviços técnicos dos municípios, e respectiva cartografia à escala de trabalho acordada com a DROTRH. Paralelamente, com o inventário de pontos de água procedeu-se a uma medição de caudal e a uma análise expedita das condições hidrogeológicas da emergência, nomeadamente se a descarga era feita a partir de depósitos piroclásticos, predominantemente porosos, ou em escoadas lávicas, com fluxo essencialmente por fissuras ou por níveis de *clinker*, em geral muito permeáveis.

Com base nos sistemas tipo considerados, estabelecidos em função dos critérios discutidos em Cruz et al. (2001) e Cruz e Goulart (2001a; 2001b; 2001c; 2001d), considera-se que a zona de protecção imediata é consubstanciada por um círculo cujo raio é indicado no decreto-lei nº 382/99: raio igual a 30 m para as nascentes que drenam aquíferos porosos, constituídos por materiais piroclásticos não consolidados, e raio igual a

60 m para as emergências que drenam aquíferos fissurados, formados por escoadas lávicas.

Para a definição da zona de protecção intermédia optou-se por determinar a velocidade linear do escoamento subterrâneo, de forma a adaptar a abordagem proposta no estudo piloto às condições hidrogeológicas. A velocidade linear da água subterrânea, que corresponde à razão entre o caudal que atravessa uma secção perpendicular à direcção de fluxo e a área unitária relativa aos poros conectados, é dada por (Domenico e Schwartz, 1998):

$$v = \frac{Ki}{n_e}$$

Em que: K, condutividade hidráulica

i, gradiente hidráulico

n_e , porosidade eficaz

Conhecendo o valor das variáveis indicadas podemos então estimar a velocidade linear de fluxo e, a partir deste resultado, estimar a distância longitudinal máxima ao longo das linhas de fluxo para a zona de protecção intermédia (ZPI), projectada para um tempo de depuração de 50 dias.

Assim, para as nascentes em escoadas lávicas:

- $K = 100$ m/d
- $i = 0.02$ (LNEC, 1990)
- $n_e = 0.1$ (valor máximo em basaltos vacuolares; Decreto-Lei nº 382/99, segundo Custódio e Llamas, 1983)

Como a velocidade linear obtida é igual a 20 m/d, para um intervalo de tempo igual a 50 dias estima-se uma distância máxima de 1000 metros.

Para as emergências em piroclastos podem tomar-se os seguintes valores:

- $K = 100$ m/d
- $i = 0.02$ (LNEC, 1990)

- $n_e = 0.2$ (valor máximo em piroclastos; Decreto-Lei nº 382/99, segundo Custódio e Llamas, 1983)

Com os valores atrás indicados estima-se uma velocidade linear igual a 10 m/d, que para 50 dias de tempo de percolação conduz a uma distância de protecção de 500 metros.

O valor de K utilizado nos cálculos foi estabelecido com base nos elementos compilados em Cruz (2001). Neste trabalho, para a ilha de São Miguel, são calculados alguns valores estatísticos da condutividade hidráulica, que apontavam para uma média igual a 250 m/d e uma mediana igual a 5.84 m/d. Atendendo ao facto dos valores deste parâmetro hidráulico sugerirem uma distribuição lognormal optou-se por considerar um valor de K mais baixo que a média.

Em resumo, a zona de protecção intermédia poderá ser materializada de acordo com o seguinte esquema:

- eixo maior medido a partir da emergência, para montante e segundo a direcção mais provável das linhas de fluxo subterrâneo, com uma magnitude de 500 m e 1000 m consoante a emergência seja em depósitos piroclásticos e escoadas lávicas.
- 50 m para jusante, na direcção oposta à anterior, medida a partir do local da emergência.
- 100 m na direcção perpendicular às linhas de fluxo, ou seja ao eixo maior, e medidos para ambos os lados do ponto de água a proteger.

Note-se que a determinação da direcção mais provável das linhas de fluxo subterrâneo só é possível a partir da análise cartográfica e *in situ* do declive do terreno circundante à nascente a proteger.

Para a definição da zona de protecção alargada (ZPA) o estudo piloto propõe aproximar as bacias de escoamento subterrâneo mediante a análise das bacias de escoamento superficial, não obstante o erro que se comete ao assumir uma identidade entre ambas (LNEC, 1990; Cruz et al., 2001).

Contudo, na ausência de uma metodologia mais eficaz, e considerando que não existe um registo robusto do volume drenado em média por cada nascente, optou-se por manter aquela abordagem, admitindo-se rever a dimensão desta zona quando outros estudos

permitam obter dados mais robustos, de forma a sustentar tecnicamente a reformulação da cartografia realizada.

A cartografia relativa às zonas de protecção intermédia e alargada foi realizada sobre ortofotomapas fornecidos pela DROTRH. Desta forma, evitaram-se as dificuldades, e os erros inerentes, sentidas nas aplicações aos Concelhos da Lagoa, da Ribeira Grande, de Vila Franca do Campo e da Povoação, em que se procedeu à marcação dos pontos de água em mapas à escala 1:2000 ou 1:5000 fornecidos pela DROTRH, em cartas com reduzida informação de base e sem altimetria.

4. APLICAÇÕES AO CONCELHO DE NORDESTE

Com o apoio dos serviços da Câmara Municipal de Nordeste realizou-se um inventário dos pontos de água subterrânea captados para abastecimento público por aquela edilidade. Cartografaram-se 53 nascentes, com números de referência entre o 1 e o 54, correspondendo a descargas a partir de aquíferos constituídos por escoadas lávicas e localizadas no Complexo Vulcânico de Nordeste-Faial da Terra (Cruz, 2001; Quadro 1). No caso das nascentes da Ribeira das Duas Águas 1 e 2 (Ref^a 18), Chã do Caminho do Meio 1 e 2 (Ref^a 25) e Cerrados 1 e 2 (Ref^a 30) apenas foi atribuído um número de referência em face da proximidade das emergências.

Durante a realização do inventário apenas foi possível medir o caudal em 23 pontos de água na medida que nas restantes nascentes tal operação foi fisicamente impossível (Quadro 1). Nalguns casos foi possível medir o caudal conjunto de algumas nascentes aproveitando caixas de junção do sistema de adução.

Da aplicação da metodologia proposta, e de forma a ultrapassar as dificuldades, salientadas em relatórios anteriores, inerentes à marcação dos pontos de água em mapas com reduzida informação de base e sem altimetria, cartografaram-se as zonas de protecção intermédia directamente sobre ortofotomapas, à escala aproximada de 1:4000 a 1:8000, fornecidos pela DROTRH. (Anexo 2). Sobre ortofotomapas, à escala aproximada de 1:4000 a 1:18000, foram implantados os limites da zona de protecção alargada (Anexo 3). Ressalva-se que, por anomalia técnica ocorrida quando da impressão dos ortofotomapas, a escala indicada na legenda destes não está correcta, devendo ler-se a respeitante à quadrícula. A área imediata não é representada nos ortofotomapas, na medida que corresponde a círculo de raio fixo (60 m) em qualquer dos casos em apreço.

Por imperativos de representação gráfica das áreas de protecção intermédia e alargada foram consideradas as seguintes excepções:

- As áreas de protecção intermédias das nascentes com a Ref^a 13, 14, 15, 20, 29, 39, 40, 43, 48 e 49 estão representadas conjuntamente com as áreas de protecção alargadas respectivas.
- A área de protecção da nascente com a Ref^a 35 está representada no ortofotomapa que contempla os pontos de água com a Ref^a 31, 32, 33 e 34.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sugerem-se em seguida uma série de acções a implementar a curto e médio prazo, no intuito de sustentar a adopção das áreas de protecção agora projectadas:

- Adaptação regional do decreto-lei nº 382/99, de forma a servir de base legal à selecção das captações a proteger efectivamente.
- Arranque célere de medidas tendentes à medição do caudal drenado nas emergências, de forma a servir de instrumento de apoio na selecção de captações a proteger, nomeadamente aquelas que numa primeira fase não sejam contempladas.
- Fiscalização efectiva das restrições ao uso do solo, nomeadamente nas zonas de protecção imediata e intermédia, que se consideram estratégicas para a defesa da qualidade da água subterrânea.
- Controle da qualidade da água, sazonal, em pontos de água seleccionados, de forma a aquilatar a fiabilidade das áreas de protecção consideradas.
- Melhoria das condições de acessibilidade às nascentes, imprescindível às tarefas atrás mencionadas.
- Melhoria das condições sanitárias das captações, promovendo a edificação de estruturas em alvenaria, convenientemente fechadas, arejadas e limpas, e recuperação das existentes.
- Realização de acções de divulgação, devotadas ao público em geral, e particularmente às classes profissionais mais afectadas pelas restrições ao uso do solo subsequentes à delimitação das áreas de protecção.

6. BIBLIOGRAFIA

- Cruz, J.V. (2001) – Recursos Subterrâneos. Plano Regional da Água da Região Autónoma dos Açores. Relatório Técnico-Científico 03/DGUA/01, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 453 p.
- Cruz, J.V. e Goulart, C. (2001a) – Definição de perímetros de protecção às captações de água subterrânea da ilha de São Miguel (Açores). Concelho de Lagoa. Relatório Técnico-Científico 16/DGUA/01, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 30 p.
- Cruz, J.V. e Goulart, C. (2001b) – Definição de perímetros de protecção às captações de água subterrânea da ilha de São Miguel (Açores). Concelho da Ribeira Grande. Relatório Técnico-Científico 17/DGUA/01, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 39 p.
- Cruz, J.V. e Goulart, C. (2001c) – Definição de perímetros de protecção às captações de água subterrânea da ilha de São Miguel (Açores). Concelho de Vila Franca do campo. Relatório Técnico-Científico 18/DGUA/01, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 16 p.
- Cruz, J.V. e Goulart, C. (2001d) – Definição de perímetros de protecção às captações de água subterrânea da ilha de São Miguel (Açores). Concelho da Povoação. Relatório Técnico-Científico 19/DGUA/01, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 26 p.
- Cruz, J.V., França, Z. E Goulart, C. (2001) – Definição de perímetros de protecção às captações de água subterrânea da ilha de São Miguel (Açores). Relatório preliminar. Relatório Técnico-Científico 08/DGUA/01, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 74 p.
- Custódio, E. e Llamas, M.R. (1983) - Hidrologia subterranea. Ed. Omega S.A., 2º Ed., 2 Vol., Barcelona, 2350 p.
- Domenico, P.A. e Schwartz, F.W. (1998) - Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & Sons, 2nd ed., New York, 506 p.
- LNEC (1990) – Protecção das nascentes e captações da ilha de São Miguel – Açores. Relatório 83/90–NP, LNEC, Lisboa, 64 p.

ANEXO I

(Quadros)

Ref.	Nome	Material	Q (m ³ /d)	Observações
1	Pedreira 10	Escoada Lávica	—	
2	Pedreira 9	Escoada Lávica	—	
3	Pedreira 8	Escoada Lávica	—	
4	Pedreira 7	Escoada Lávica	3.89	
5	Pedreira 6	Escoada Lávica	19.01	
6	Pedreira 5	Escoada Lávica		Caudal do conjunto das nascentes (ref ^o 6, 7, 8, 9, 10) = 220.32 m ³ /d
7	Pedreira 4	Escoada Lávica		
8	Pedreira 3	Escoada Lávica		
9	Pedreira 2	Escoada Lávica		
10	Pedreira 1	Escoada Lávica		
11	Rib ^a da Ponte	Escoada Lávica	173.66	
12	Arrebentão	Escoada Lávica	—	
13	Anaio	Escoada Lávica	317.95	
14	Lagos	Escoada Lávica	123.55	
15	Gonçalves	Escoada Lávica	—	
16	Rib ^a das 2 Águas 1	Escoada Lávica	463.97	
17	Rib ^o das 2 Águas 2	Escoada Lávica	6.05	
18	Rib ^a das 2 Águas 3 e 4	Escoada Lávica		Emergências situadas no mesmo local; caudal (nascente 4) = 194.40 m ³ /d
19	Rib ^a das 2 Águas 5	Escoada Lávica		

Quadro 1 – Resultados do inventário de pontos de água (continua).

Ref.	Nome	Material	Q (m ³ /d)	Observações
20	Penedo	Escoada Lávica	352.51	
21	Fontanheiras 1	Escoada Lávica	12.96	
22	Fontanheiras 2	Escoada Lávica	13.82	
23	Fontanheiras 3	Escoada Lávica	0.60	
24	Fontanheiras 4	Escoada Lávica	12.10	
25	Chã do Caminho do Meio 1 e 2	Escoada Lávica		Emergências situadas no mesmo local; caudal = 20.74 m ³ /d (nascente 1) e 25.92 m ³ /d (nascente 2)
26	Lagos	Escoada Lávica	67.39	
27	Martins 1	Escoada Lávica	38.02	
28	Martins 2	Escoada Lávica	69.98	
29	Maricas	Escoada Lávica	25.92	
30	Cerrados 1 e 2	Escoada Lávica		Emergências situadas no mesmo local; caudal = 127.87 m ³ /d (nascente 1) e 63.94 m ³ /d (nascente 2)
31	Seno 1	Escoada Lávica	100.22	

Quadro 2 – Resultados do inventário de pontos de água (continua).

Ref.	Nome	Material	Q (m ³ /d)	Observações
32	Atalhada 1	Escoada Lávica	33.70	
33	Atalhada 2	Escoada Lávica	153.79	
34	Atalhada 3	Escoada Lávica	55.30	
35	Atalhada 4	Escoada Lávica	95.90	
36	Banda do Moinho	Escoada Lávica	—	
37	Espigão Tamujo 1	Escoada Lávica	—	
38	Espigão Tamujo 2	Escoada Lávica	78.62	
39	João Lopes	Escoada Lávica	19.87	
40	Graminho	Escoada Lávica	—	
41	Anieiras	Escoada Lávica	—	
42	Roça Brava	Escoada Lávica	—	
43	Mãe de Água	Escoada Lávica	—	
44	Tristão 1	Escoada Lávica	—	
45	Tristão 2	Escoada Lávica	—	
47	Cavaco	Escoada Lávica	—	
48	Espigão Bravo 1	Escoada Lávica	—	
49	Espigão Bravo 2	Escoada Lávica	—	
50	Cancela das Pedras	Escoada Lávica	—	
51	Lameiros	Escoada Lávica	—	
52	Espigão Grande	Escoada Lávica	—	
53	Fajã do Araujo	Escoada Lávica	—	
54	Ponta do Sossego	Escoada Lávica	—	

Quadro 3 – Resultados do inventário de pontos de água (continuação).