

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	2
2. PRINCÍPIOS BÁSICOS	2
3. METODOLOGIA APLICADA	3
4. APLICAÇÕES AO CONCELHO DE SANTA CRUZ DA GRACIOSA	5
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	5
6. BIBLIOGRAFIA	8
 ANEXO I (Zonas de protecção imediata, intermédia, e alargada)	 9
ANEXO II (Zona de protecção alargada)	17

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório desenvolvido no âmbito do projecto de definição de perímetros de protecção às captações de água subterrânea da ilha da Graciosa, apresenta as áreas de protecção relativas às captações de água subterrânea do concelho de Santa Cruz da Graciosa. O referido trabalho 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 Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos da Universidade dos Açores.

Neste contexto, são definidos os referidos perímetros de protecção relativos às captações de água subterrânea da ilha, para o que se contou com o apoio da respectiva autarquia aquando da execução dos trabalhos.

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, na medida em que este recurso é imprescindível ao desenvolvimento regional.

2. PRINCÍPIOS BÁSICOS

O presente relatório foi precedido de um relatório preliminar (DTC81/CVARG/06, elaborado por Coutinho *et al.*, 2006), onde foram estabelecidos os princípios básicos da metodologia a seguir devidamente sustentados nas devidas considerações técnicas. Desta forma, todas as considerações de base, relativas à explanação da metodologia podem ser consultadas no documento acima referido.

No decreto-lei nº 382/99 são definidas três zonas contíguas de protecção, a saber:

- 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 do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC, 1990), de forma a reflectir, tanto quanto possível, as características geológicas das formações aquíferas drenadas pelas nascentes.

Deste modo, 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.

Com base nos sistemas tipo considerados, estabelecidos em função dos critérios discutidos em Coutinho *et al.* (2006), 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 (v), 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 *et al.* (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 log-normal, 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 ou 1000 m consoante a emergência seja em depósitos piroclásticos ou escoadas lávicas, respectivamente.
- 50 m para jusante, 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 interpretação 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 (LNEC) 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; Coutinho, e *tal.*, 2006).

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 permitirem obter dados mais concretos, de forma a sustentar tecnicamente a reformulação da cartografia realizada.

A cartografia das zonas de protecção imediata e intermédia foi realizada numa escala variável de modo a permitir visualizar o perímetro de protecção alargada de cada captação, implantados em ortofotomapas fornecidos pela DROTRH.

4. APLICAÇÕES AO CONCELHO DE SANTA CRUZ DA GRACIOSA

Com o apoio dos Serviços Municipalizados da Câmara Municipal de Santa Cruz da Graciosa, realizou-se um inventário dos pontos de água subterrânea captados para abastecimento público. Cartografaram-se 17 nascentes e 7 furos, correspondendo a emergências localizadas nos sistemas aquíferos da Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe,

da Serra das Fontes, da Serra Dormida, da Luz – Rebentão da Lagoa e do aquífero designado como compósito (DROTRH-INAG, 2001; Coutinho, *et al.*, 2006).

Da aplicação da metodologia proposta, efectuou-se as zonas de protecção imediata, intermédia e alargada, sobre a base topográfica de escala variável (Anexo I). As zonas de protecção alargada, que ocupam maior área, foram implantadas nos ortofotomapas na escala de 1:20000 (Anexo II).

Em qualquer dos casos, dada a proximidade de muitos dos pontos de água houve necessidade de agrupar as nascentes, de modo a compatibilizar a eficácia das zonas de protecção, o seu enquadramento legal e os sistemas de abastecimento considerados pela Câmara Municipal de Santa Cruz da Graciosa.

Relativamente às zonas de protecção estabelecidas para os furos, foi considerado a utilização do raio fixo, cujos valores se encontram estabelecidos no Decreto –Lei n.º 382/99, (60 m, 140 m e 1200m, para as zonas de protecção imediata, intermédia e alargada, respectivamente). A opção pela utilização deste método se deve a não existirem estudos relativos aos parâmetros necessários para a execução do modelo analítico, disponibilizado pela “*Environmental Protection Agency*” (EPA), que correspondem a um dos métodos de uso mais recorrente e utilizado no cálculo das áreas de protecção intermédia e alargada em outras ilhas, onde os parâmetros necessário para carregar o programa (WHPA 2.0) são abundantes. Também, os furos em exploração para abastecimento publico na ilha Graciosa localizam-se em zonas relativamente planas, o que a utilização do raio fixo permite estabelecer uma maior área de protecção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sugerem-se em seguida uma série de acções a desenvolver 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, designadamente nas zonas de protecção imediata e intermédia, que se consideram estratégicas para a defesa da qualidade da água subterrânea.
- Controle sazonal da qualidade da água, 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, em particular, às classes profissionais mais afectadas pelas restrições ao uso do solo decorrentes da delimitação das áreas de protecção.

6. BIBLIOGRAFIA

- Coutinho, R., Antunes, P., Freire, P. (2006) - Definição de perímetros de protecção às captações de água subterrânea da ilha Graciosa (Açores). Relatório preliminar. Relatório Técnico-Científico 81/CVARG/06, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 52p.
- 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.
- Custodio, 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.
- DROTRH-INAG (2001) - Plano Regional da Água – Relatório Técnico, Versão para consulta Pública, Ponta Delgada. 414p.
- EPA (1993) – Addendum to the WHPA code version 2.0 user's guide: implementation of hydraulic head computation and display into the WHPA code. U.S. Env. Prot. Agency, Washington, 268 p.
- <http://www.epa.gov/ada/csmos/models/wapa/whpa.html>
- LNEC (1990) – Protecção das nascentes e captações da ilha de São Miguel – Açores. Relatório 83/90–NP, LNEC, Lisboa, 64 p.

ANEXO I

(Zonas de protecção imediata, intermédia e alargada)

ANEXO II

(Zonas de protecção alargada)