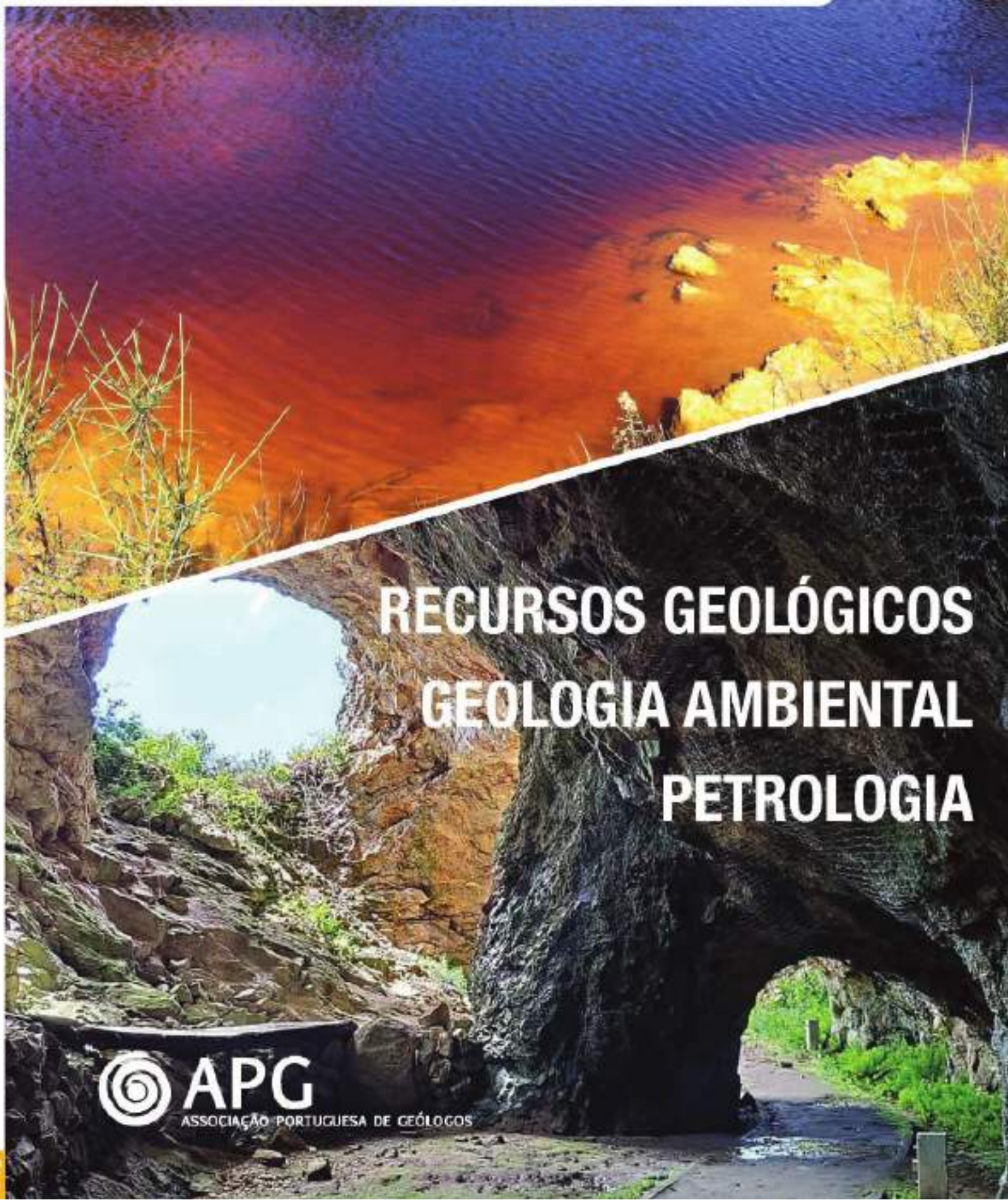
VOL. 32 · Nº 1 · 2019 · ISSN 0870-7375 · SEMESTRAL

GEONOVAS

REVISTA DA ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE GEÓLOGOS



RECURSOS GEOLÓGICOS
GEOLOGIA AMBIENTAL
PETROLOGIA

APG
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE GEÓLOGOS

REVISTA DA ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE GEÓLOGOS
GEONOVAS
32

ÍNDICE

Pág. 1
Editorial
José Manuel Correia Romão

Pág. 3
Termas de São Pedro do Sul: outros aproveitamentos da água termal que não terapêuticos
L. M. Ferreira Gomes

Pág. 23
Abordagem teórica ao Projecto Mineiro
M. Pacheco

Pág. 33
A importância do Modelo Geológico 3D no desenvolvimento de campos de petróleo
Mário Pereira de Carvalho

Pág. 43
Avaliação do Risco Ambiental de Materiais Contaminados na Planície Aluvionar de uma Unidade Metalúrgica
C. Pinho, R. Fonseca, J. Carneiro

Pág. 59
Participação de crianças em atividades de garimpo artesanal na Província de Manica: problemáticas educativas
Antonieta Manhice, Filomena Amador

Pág. 71
Difusão catiónica e modelação de taxas de arrefecimento petrológicas
A. S. Gomes, T. Bento dos Santos

Pág. 81
Aspetos petrográficos, mineralógicos e geoquímicos das rochas ácidas da Província Magmática do Paraná (S-SE do Brasil)
Vieira, N., Nardy, A. J. R.

Pág. 97
Os terraços quaternários do rio Sizandro (Torres Vedras): caracterização de uma área-fonte de sílex
Patrícia Jordão, Nuno Pimentel

Pág. 111
Evolução morfológica da duna de São João da Caparica e potencial de transporte sólido eólico
D. Rato, A. Bastos, C. Andrade, R. Taborda, M. C. Freitas

APG
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE GEÓLOGOS

Termas de São Pedro do Sul: outros aproveitamentos da água termal que não terapêuticos

L. M. Ferreira Gomes[1,2*]

[1]Termas de São Pedro do Sul
[2]Universidade da Beira Interior, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura,
Calçada Fonte do Lameiro, 6201-001 Covilhã, +351 275 329 722
*autor correspondente: lmfg@ubi.pt

Resumo

O presente trabalho sobre as Termas de S. Pedro do Sul, apresenta, inicialmente, uma introdução que contém o seu enquadramento legislativo, geográfico, uma nota histórica, e alguns elementos sobre a evolução das principais aplicações e, respetivas, receitas dos seus recursos geológicos (água mineral natural e geocalor). Depois, de um modo sintético, expõem-se os aspetos geomorfológicos, geológicos e hidrogeológicos da região das termas, e mostram-se as características das captações e da qualidade dos seus recursos. De um modo mais desenvolvido, prossegue-se com a apresentação dos Planos de Exploração, que além de enquadrarem os aproveitamentos termais clássicos de saúde e bem-estar, se enfatizam, em particular, os aproveitamentos geotérmicos e, ainda, a produção dos produtos cosméticos. Por fim, mencionam-se alguns aspetos singulares das referidas termas e de seus recursos geológicos, e apresentam-se alguns elementos sobre perspetivas futuras e suas relações com as atividades da Direção Técnica.

Palavras-chave: Água mineral natural termal, geocalor, Termas de São Pedro do Sul.

Abstract

The following work about S. Pedro do Sul Medical Spa initially presents a brief introduction about its legislative framework, geographic context, and historic review, as well as certain aspects about the evolution of the main applications and respective revenues from its geological resources (mineral water natural and geoheat). Therefore, in a brief way, the geomorphological, the geological and hydrogeological aspects of the Medical Spa region are presented, together with the characteristics of its groundwater abstractions and the quality of its resources. Later, in a more extensive way the Exploration Plans are presented, where not only the classical thermal applications in health and well-being are emphasized, but also in particular the geothermal uses and the production of cosmetics. To conclude, some singular aspects of the present Medical Spa and its geological resources are mentioned, together with future perspectives and their relations with the Technical Direction activities.

Keywords: *Thermal natural mineral water, geoheat, Termas de São Pedro do Sul.*

1. Introdução

As Termas de São Pedro do Sul correspondem à concessão de um recurso geológico, com o número de Cadastro HM-33, cuja concessionária é a Câmara Municipal de São Pedro do Sul, apresentando a designação oficial de "Termas de São Pedro do Sul". O Alvará de concessão inicial data de 22 de fevereiro de 1910. Entretanto, à luz da filosofia da legislação que regra a atualidade dos recursos geológicos (Lei n.º 54, DR, 2015) a figura do Contrato de Exploração entre o Estado Português e a Concessionária foi celebrado em 14/12/1998 e publicado em Diário da República de 4 de março de 1999

(DR, 1999). Em 1998, o Plano de Exploração inicial compreendia os aproveitamentos, medicinal nas termas e geotérmico em aquecimento de estufas para produção de frutos tropicais. No seguimento, o Contrato de Exploração sofreu várias modificações, função da introdução de novas captações e novas aplicações do recurso.

A concessão das Termas de São Pedro do Sul, com um longo percurso ao longo dos tempos, foi evoluindo em vários setores, alargando a outras aplicações que não o termalismo clássico, porém, sustentadas no seu recurso geológico "água mineral natural quente" e, por isso, correntemente, aquela concessão, é designada por "O Campo Hidromineral e Geotérmico de São Pedro do Sul (CHGSPS). O CHGSPS é constituído por produtores de água mineral natural quente: o Polo das Termas e o Polo do Vau, distanciados um do outro cerca de 1,2 km (Fig. 1).

Em termos concretos, o CHGSPS constitui uma zona do território que corresponde à área de concessão da água mineral natural quente, com 152 hectares. A poligonal da referida área coincide exatamente com a poligonal exterior da Zona Intermédia do Perímetro de Proteção (Fig. 2).

No Polo das Termas há atualmente dois balneários em funcionamento para tratamentos termais, uma central geotérmica para apoio ao aproveitamento do geocalor nos espaços urbanos e, ainda, a adequação do sistema de exploração para a recolha de água mineral para produção de produtos cosméticos. No Polo do Vau, a água mineral quente é aproveitada apenas na climatização de estufas para a cultura de frutos tropicais.

Provavelmente a Nascente Tradicional, já foi a âncora de um interessante agregado de pessoas à escala da Península Ibérica na época, em que a última glaciação (Wurniana, há cerca de

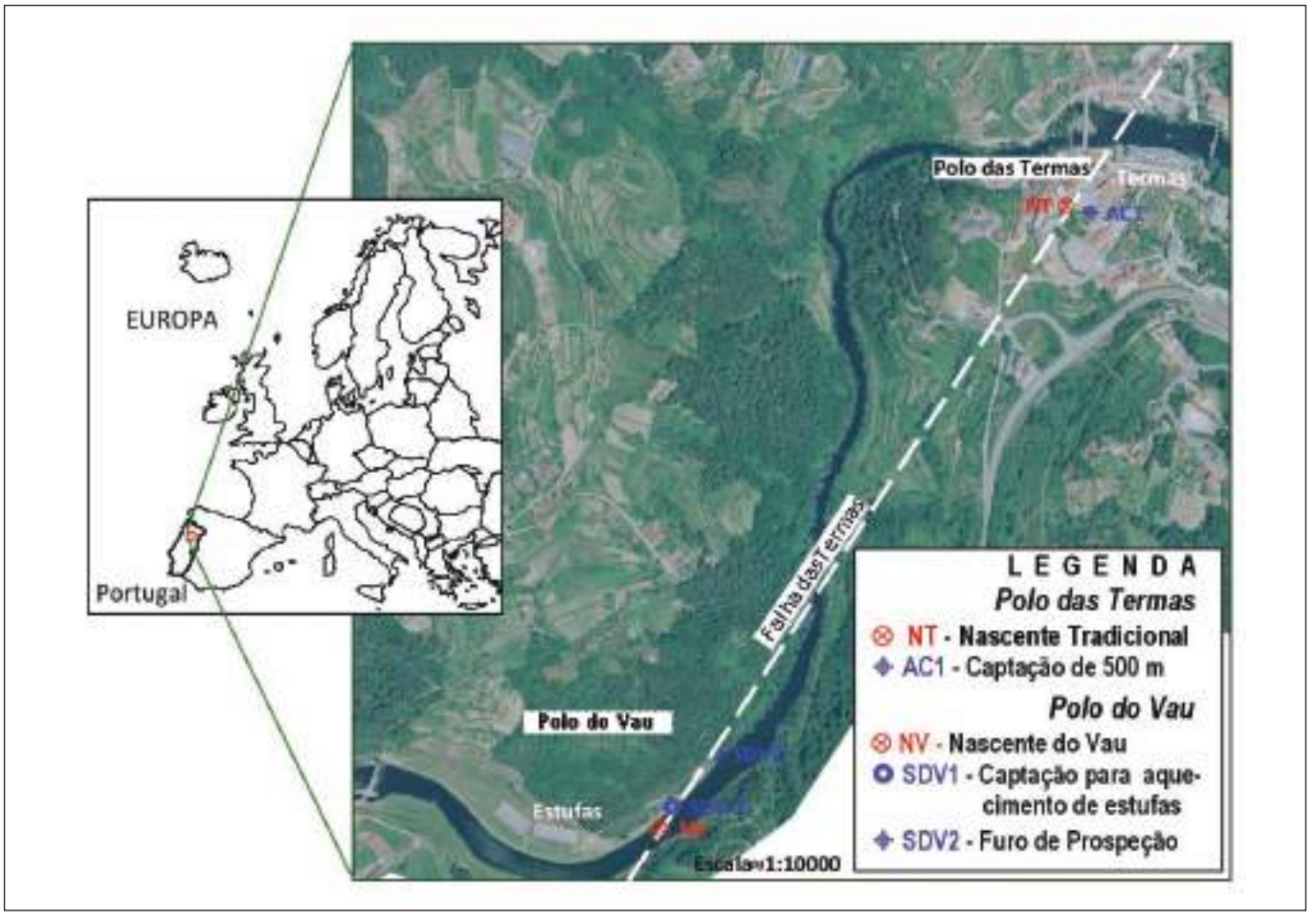


Figura 1 – Enquadramento geográfico do Campo Hidromineral e Geotérmico de São Pedro do Sul (CHGSPS), com os seus dois polos de exploração de água mineral natural quente e, respetivas, captações.

Figure 1 – Geographic framing of the Hydromineral and Geothermal Area of São Pedro do Sul (CHGSPS), with its two poles of exploitation of hot natural mineral water and respective water collections.

10 000 anos ou mais) se fez sentir na região em que hoje é Portugal, pois o facto da água brotar a cerca de 68 ºC, atrairia as comunidades de então, de modo a usar esta nascente para aquecimento do interior de uma grande cabana ou abrigo da época (Fig. 3a); esta imagem provável é inspirada em restos de detritos encontrados em escavações no interior da Nascente Tradicional (Fig. 3b) aquando das obras de melhoramento da mesma em 2007 (Ferreira Gomes, 2015a).

A água mineral natural quente tem sido utilizada para tratamentos medicinais pelo menos desde a época em que os romanos ocuparam a Península Ibérica, como facilmente se depreende ao observar as ruínas de um balneário muito antigo (Fig. 4a). As termas tiveram maior ou menor importância ao longo do tempo função em especial das políticas da época e das necessidades humanas, destacando-se, em especial, o período do início da nação portuguesa, em que o 1.º Rei de Portugal, após ter sido gravemente
ferido nas guerras de então, veio até às termas onde foi curado, e como compensação mandou erguer aí um hospital, restando ainda hoje um edifício em ruínas (Fig. 4b). Enfatiza-se e saúda-se o facto de neste momento estarem a decorrer obras de melhoramento das ruínas não só deste edifício como do que resta da época romana.

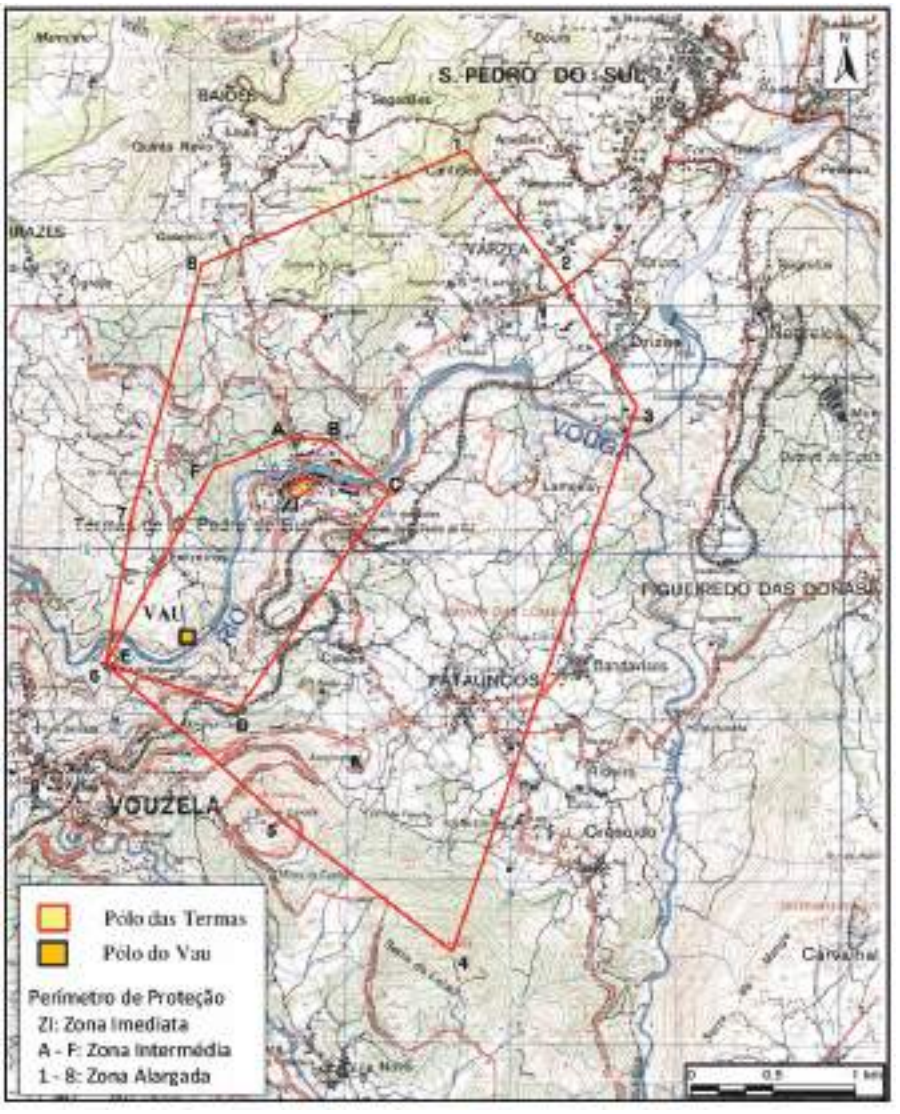


Figura 2 – Perímetro de Proteção do Campo Hidromineral e Geotérmico de São Pedro do Sul. (Extratos das cartas militares n.º 166 e 177 (IGE,1998a, b).

Figure 2 – Protection Perimeter of the CHGSPS (Extracts of the military maps n.º 166 e 177 (IGE,1998a, b).

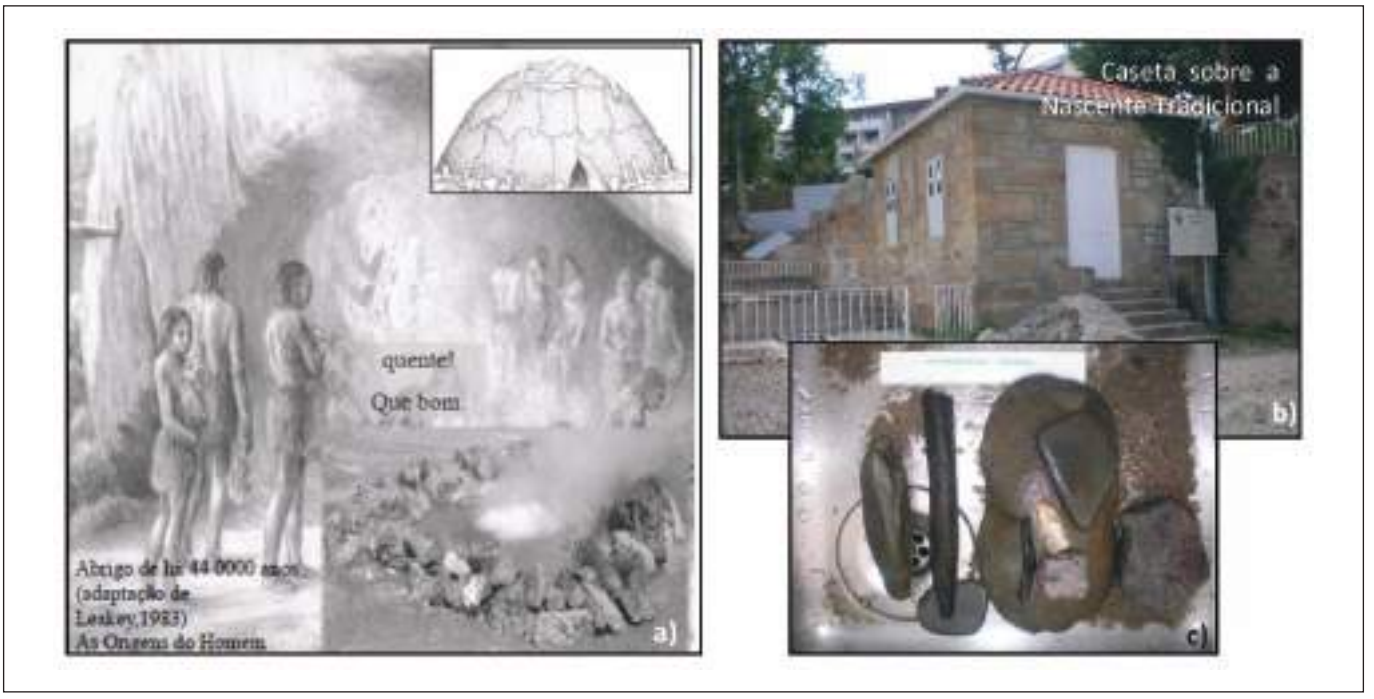


Figura 3 – Elementos sobre o uso primordial da água natural quente da zona do Pólo das Termas de S. Pedro do Sul. a) perspetiva provável de vivência na zona da Nascente Tradicional, há cerca de 10 000 anos ou na fase da última glaciação que atingiu o território português (Ferreira Gomes, 2015b, 2017a, b); b) vista exterior da caseta atual sobre a Nascente Tradicional; c) restos de materiais encontrados no interior do fundo da Nascente Tradicional (Ferreira Gomes, 2015a).

Figure 3 – Elements on the primordial use of the hot natural water in the Spa pole. a) probable scene of living in the Traditional Spring area, about 10,000 years ago or, in the phase of the last glaciation that reached the portuguese territory (Ferreira Gomes, 2015b, 2017a, b); b) exterior view of the actual small house of the Traditional Spring; c) material remains found inside the bottom of the Traditional Spring (Ferreira Gomes, 2015a).

Atualmente, as Termas de São Pedro do Sul são constituídas por dois balneários (Balneário D. Afonso Henriques e o Balneário Rainha D. Amélia) que operam em simultâneo e durante o ano todo (Fig. 5); os balneários apresentam grande proximidade física, estando separados apenas por uma rua. O número de termalistas, desde 1987, foi sempre superior a 10 000 utentes por ano, tendo mesmo em 2001 atingido cerca de 25 000 termalistas clássicos; genericamente, o número de termalistas de S. Pedro do Sul corresponde a cerca de um quarto do universo dos termalistas clássicos portugueses. As doenças normalmente tratadas nas Termas de S. Pedro do Sul são do foro reumatológico e das vias respiratórias, com os tratamentos, respetivamente, das áreas: i) da Balneoterapia do tipo – imersão geral, imersão geral com bolha de ar ou aerobanho, hidromassagem, piscina de grupo, piscina coletiva, vapor parcial (coluna/membros), duche geral ou regional, duche vichy, duche de jato, duche de cachão; e ii) das Vias Respiratórias do tipo – irrigação nasal, inalação (nasal e bucofaríngea), emanatório (coletivo e individual), nebulização ou aerossol. Há em complemento tratamentos no domínio da medicina física e da reabilitação com tratamentos do tipo ondas curtas, ultrassons, infravermelhos, ultravioletas, ionização, massagem, calor húmido, hidromassagem, entre outros.

A afirmação de que as Termas de S. Pedro do Sul ocupam o primeiro lugar do *ranking* nacional em termos do número de termalistas clássicos e de receitas, há várias décadas sucessivas, tem levado os seus responsáveis a apostar em outras aplicações que não apenas o termalismo clássico, desde o termalismo de bem-estar às aplicações geotérmicas e, ainda, na produção de cosméticos. A figura 6 apresenta a evolução do número de utentes em termalismo, do consumo de energia do Hotel do Parque (principal consumidor privado), do número de unidades de cosméticas vendidas e, respetivas receitas. Por exemplo, no ano de 2016, visitaram o CHGSPS 12 550 termalistas clássicos (geralmente, o utente está 15 dias

Figura 4 – Restos de antiga piscina do Balneário Romano (de há cerca de 2 000 anos) e ruínas do Balneário do 1º Rei de Portugal (de há cerca de 1 150 anos) na zona das Termas de São Pedro do Sul.

Figure 4 – Remains of the old Roman Bathhouse (about 2 000 years ago) and ruins of the 1st King of Portugal Bathhouse (about 1 150 years ago) in the area of Termas de São Pedro do Sul.

nas termas), 3 423 termalistas de bem-estar (geralmente, o termalista está 2 dias nas termas), que forneceram uma receita global de 3 660 000 euros. Para além disso, o Hotel do Parque consumiu 386 000 kWh térmicos e vendeu 15 249 unidades de cosmética, que correspondeu à receita de 11 604 euros e 101 620 euros, respetivamente, perfazendo 113 224 euros. Ora, estes números atestam bem a relevância do recurso geológico em causa, água mineral natural quente, numa zona do interior do País, em que aqueles resultados são deveras importantes para a economia local.

O facto de se estar perante um recurso geológico de singular interesse tem levado a imensos estudos não só das áreas fundamentais da geologia e hidrogeologia e ciências afins, como ainda alguns de carácter aplicado; entre os trabalhos publicados merecem referência os trabalhos de Pereira & Ferreira (1985), Haven *et al.* (1985), Ferreira Gomes & Albuquerque (1998, 2015), Ferreira Gomes *et al.* (2001, 2017a, b), Ferreira Gomes (2007), Albuquerque *et al.* (2013) e Almeida *et al.* (2015, 2017).

Figura 5 – Imagens dos balneários em atividade das Termas de São Pedro do Sul.

Figure 5 – Images of the bathhouses in activity of the Termas de São Pedro do Sul.

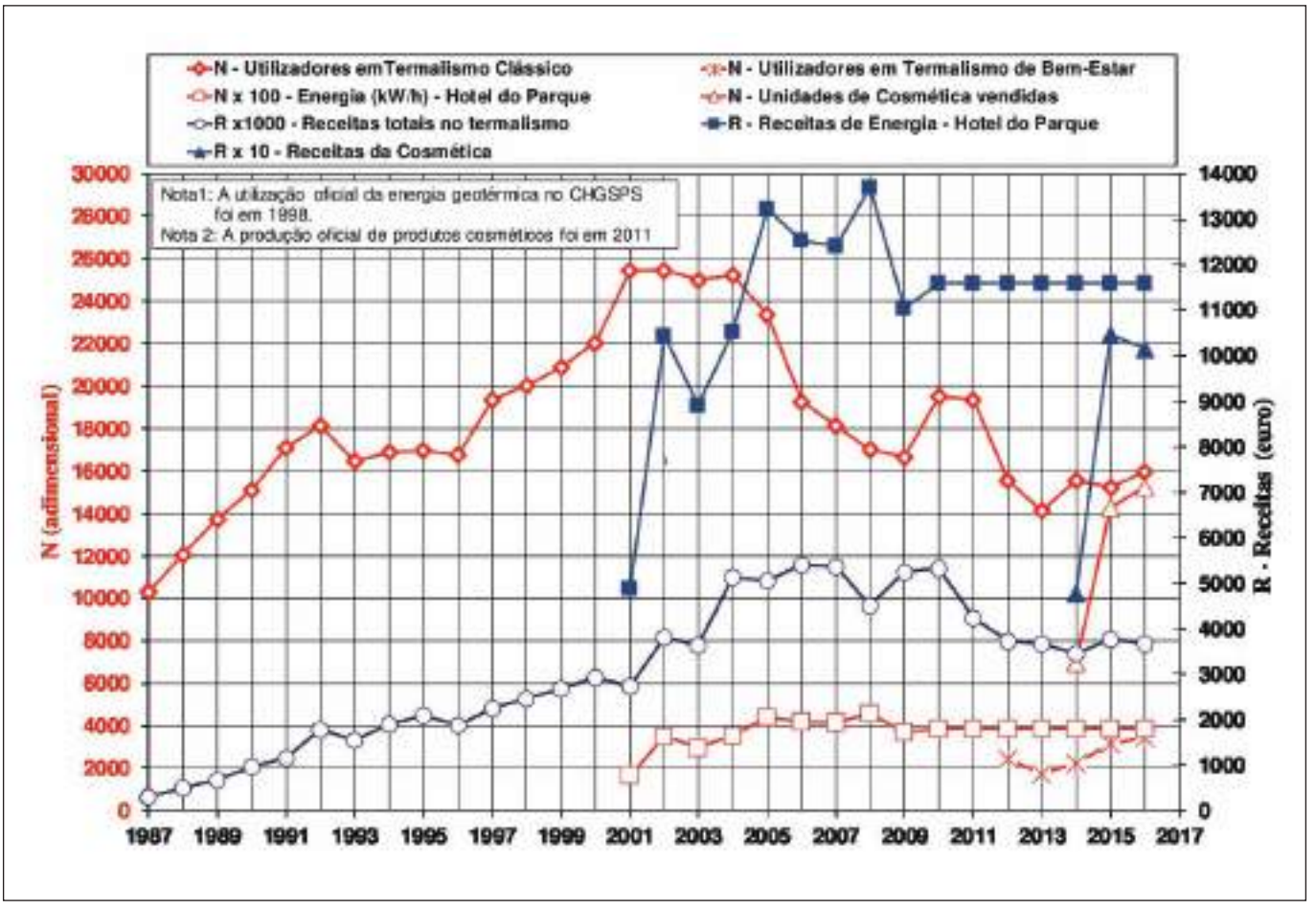


Figura 6 – Evolução das principais aplicações do recurso hidromineral e geotérmico do CHGSPS.
Figure 6 – Evolution of the main applications of the geological resources of the CHGSPS.

2. Aspetos geológicos e hidrogeológicos

A zona do CHGSPS faz parte de um extenso maciço rochoso, constituído, essencialmente, por rochas graníticas (Fig. 7). À escala regional a ocorrência das nascentes é favorecida pela extensa falha ativa Verin (Espanha) - Régua - Penacova, que na região em estudo tem o seu prolongamento para a falha de Ribamá (N0°-10°E) e que poderá conduzir fluxos de água de grande distância e de elevada profundidade. À escala local as emergências de água quente das Termas e do Vau estão condicionadas por interseções tectónicas, entre N45°E (Falha das Termas) e N70°W (Fig. 8).

Da unidade litológica mais antiga para a mais recente, a região em estudo é composta por:

1 – Complexo Xisto-Grauváquico (Grupo das Beiras), constituído por alternâncias de xistos e metagrauvaques, datado do Pré-Câmbrico/ /Câmbrico;

2 – Rochas Granitoides de idade varisca, subdi - vididas em:

2.1 – Granito de Vouzela: granito de grão médio a grosseiro, composto essencialmente por quartzo, albite - oligóclase, feldspatos potássicos, biotite e moscovite;

2.2 – Granito de S. Pedro do Sul: granito porfiróide, de grão fino a médio, composto essencialmente por microclina, plagioclase, quartzo, moscovite e biotite; apresenta considerável radioatividade, que poderá estar relacionada com conteúdo em urânio e tório, e intrui o Granito de Vouzela;

2.3 – Granito de Fataunços: granito de grão fino a médio, não porfiróide, de duas micas e com composição quase granodiorítica; este granito intrui o de Vouzela;

3 – Depósitos sedimentares datados do Quaternário, que incluem:

3.1 – Terraços fluviais, essencialmente cascalhentos, do Plistocénico;

3.2 – Aluviões, essencialmente areno-cascalhentos, do Holocénico.

As rochas xistentas e os granitos são caracterizados por permeabilidade do tipo fissural, sendo as primeiras praticamente impermeáveis. As zonas de descarga de água mineral localizam-se nos granitos de S. Pedro do Sul. Nestas zonas de descarga, segundo ACAVACO (1995, *in* Ferreira Gomes *et al*, 2001), o aquífero hidromineral comporta-se como confinado, com os seguintes parâmetros:

– Transmissividade (T) ≈ 109 m²/dia;

– Coeficiente de armazenamento (S) ≈ $4{,}3 \times 10^{-5}$,

– Condutividade hidráulica (k) ≈ 0,5 m/dia.

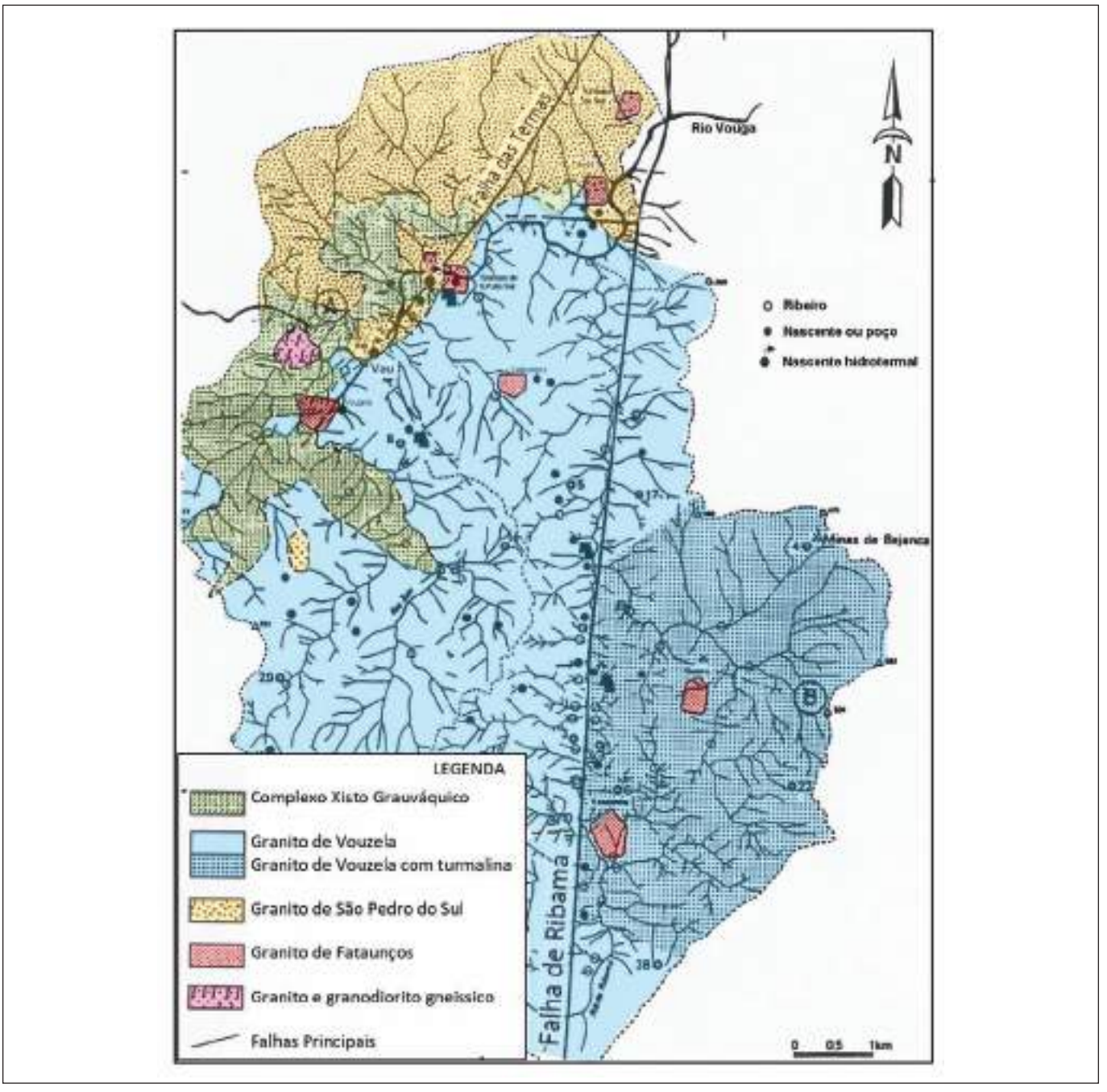


Figura 7 – Enquadramento geológico regional em termos das grandes unidades geológicas e das principais falhas que condicionam as ocorrências de água mineral natural quente do CHGSPS (a partir de Haven *et al.*, 1985).

Figure 7 – Regional geological context in terms of the major geological units and principal faults that condition the hot natural mineral water occurrences of the CHGSPS (from Haven et al., 1985).

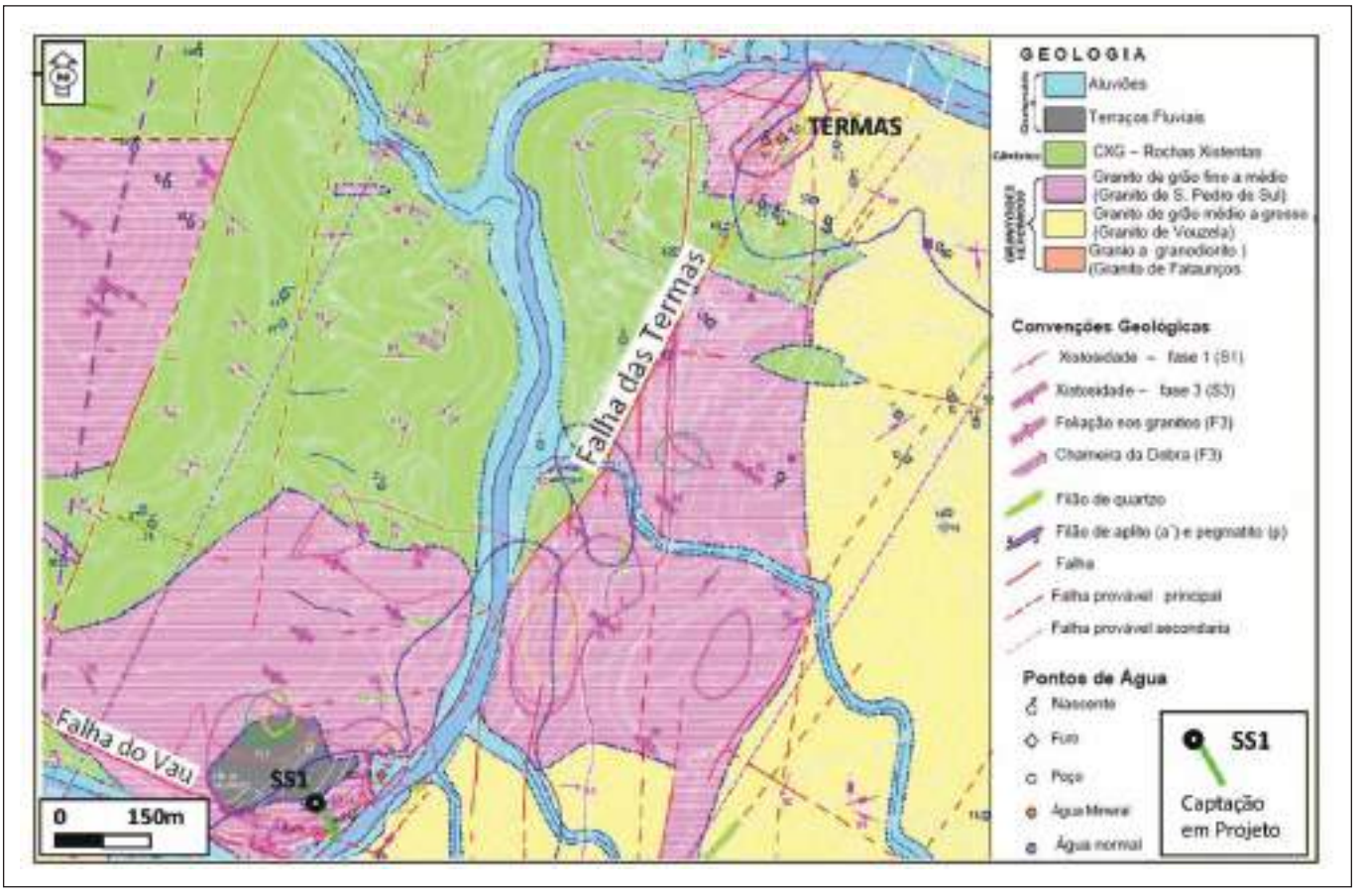


Figura 8 – Enquadramento geológico-estrutural detalhado e relação com as ocorrências de água mineral natural quente do CHGSPS (a partir de Pereira & Ferreira, 1985).

Figure 8 – Detailed geological-structural context and relation with the occurrences of hot natural mineral water of the CHGSPS (from Pereira & Ferreira, 1985).

Os valores apresentados correspondem às condições que ocorrem nas interseções tectónicas ao longo da Falha das Termas, e foram determinados a partir de ensaios de caudal, considerando um meio contínuo poroso equivalente e com 200 m de espessura saturada, depois de se aplicar o modelo de Theis.

Os depósitos do Quaternário que apresentam permeabilidade intersticial, não condicionam diretamente o circuito hidromineral, tendo-se determinado:

- k = 370 m/dia, e
- T = 1850 m²/dia, para as aluviões do rio Vouga.

Em relação aos dados hidrológicos, com base em registos entre 1933 e 1960, no posto Udómetrico de S. Pedro do Sul, a precipitação média anual foi de 1 103 mm e a temperatura do ar 13 °C; considerando os resultados do balanço hidrológico sequencial mensal, obtêm-se excedentes anuais de 675 mm (Ferreira Gomes *et al.*, 2001).

O modelo hidrogeológico conceptual do Campo Hidromineral e Geotérmico foi avançado por Haven *et al.* (1985), em que os autores considerar-aram que a infiltração no sistema hidromineral se faz a partir da Falha de Ribamá que atravessa o Granito de Vouzela, para atingir temperaturas da ordem de 205 °C, a profundidades de cerca de 2 km, e na sequência emergir ao longo da Falha das Termas no granito de S. Pedro do Sul.

Entretanto, estudos recentes com base em geotermómetros apontam para temperaturas de reservatório mais modestas relativamente às já estimadas e da ordem de 123 °C (Ferreira Gomes *et al.*, 2015). Salienta-se ainda que há estudos a decorrer (Almeida *et al.*, 2017) com isótopos de $\delta^{18}O$ e $\delta^{2}H$, indiciando que a água mineral natural quente das várias captações teria sido originada, essencialmente, a partir de água meteórica sem evaporação significativa antes da infiltração, e recebe recarga de precipitações a altitudes de cerca de 1 000 m, podendo considerar-se a área de recarga na Serra de São Macário,

localizada a noroeste dos polos termais. Ora, estes recentes estudos serão importantes para estruturar grandes decisões sobre a concessão das Termas de S. Pedro do Sul, desde a localização e otimização de projetos de novas captações, à redefinição do perímetro de proteção.

3. Captações de água mineral natural quente

O CHGSPS, atualmente, disponibiliza 4 captações: duas no Polo das Termas (Nascente Tradicional - NT e o Furo AC1) e duas no Polo do Vau (Furo SDV1 e Furo SDV2).

A NT insere-se no interior de uma caseta em granito de idade muito antiga, sendo de salientar que uma das intervenções foi datada em 1639, sendo inscrito o ano na parede da caseta da captação. A referida nascente foi intervencionada, numerosas vezes ao longo do tempo, sendo a última, muito recente e com a direção do autor, apresentada com detalhe em Ferreira Gomes (2015a), cujos aspetos principais se sintetizam na figura 9.

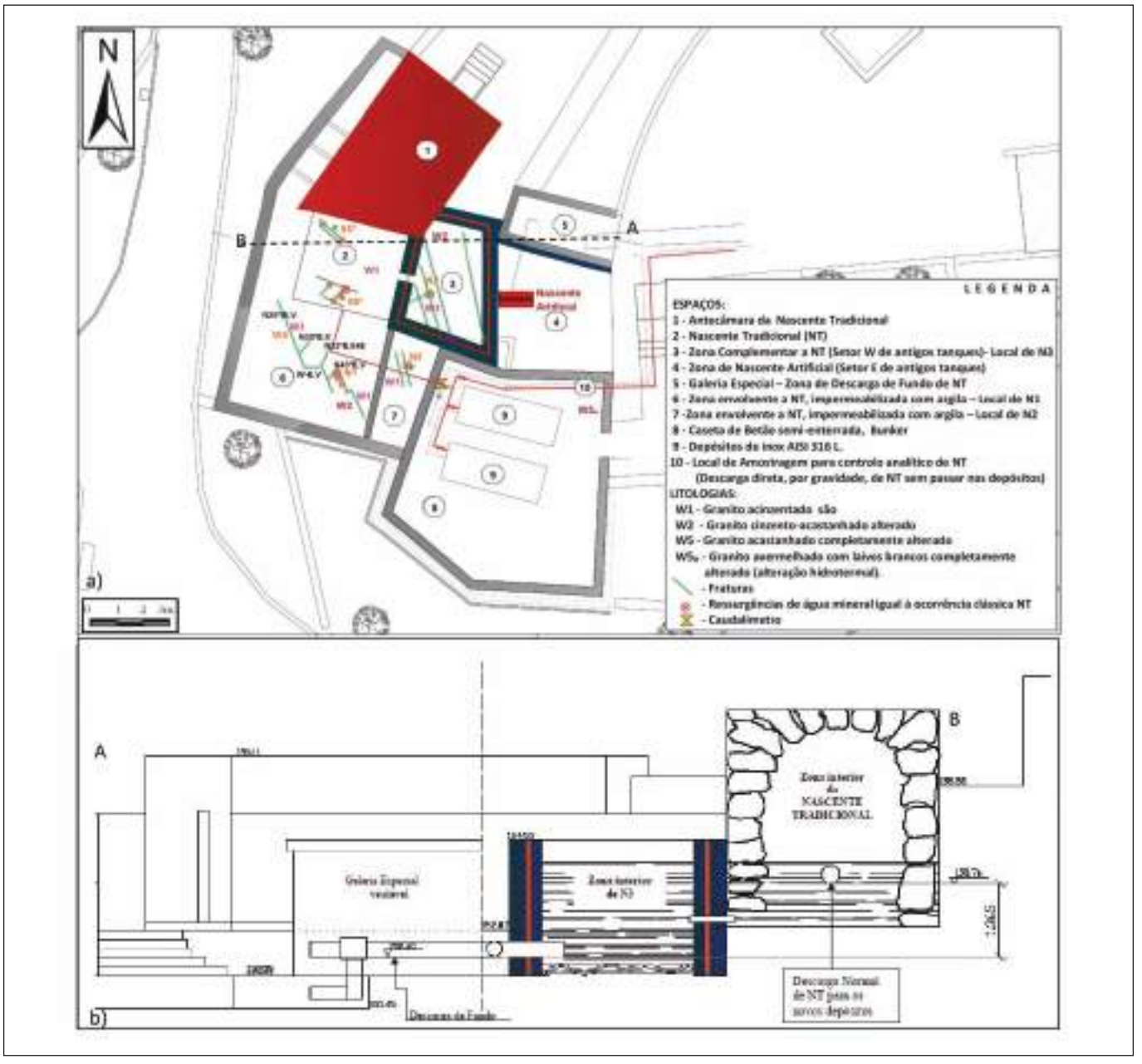


Figura 9 – Aspetos principais do sistema de captação da Nascente Tradicional, em planta (a) e em corte (b), das Termas de São Pedro do Sul (Ferreira Gomes, 2015a).

Figure 9 – Main aspects of the abstraction system of the Traditional Spring, in plant (a) and in section (b), of the Termas de São Pedro do Sul (Ferreira Gomes, 2015a).

A água mineral, no interior da caseta, emerge na intersecção de várias fraturas que atravessam o granito são, numa área aproximada de 1,6 m x 1,6 m, sendo de seguida canalizada para dois reservatórios de aço inoxidável, com dimensões individuais de 5 m x 2,5 m x 2 m, para depois ser conduzida para a Central Geotérmica e/ou balneários.

É muito importante realçar que a NT é registada, tradicionalmente, como sendo no setor 2, no entanto, o setor 3 é aquele que atualmente é mais produtivo. A zona do setor 3 está transformada numa "célula altamente permeável" preenchida com rachão de granito são, envolvido por paredes verticais triplas em *sandwich* (betão armado- bentonite-betão armado); superiormente na horizontal, também existe uma estrutura especial em *sandwich*, de modo a que por cima do rachão, ocorra brita do mesmo granito, e sobre esta assenta, de baixo para cima, um geotêxtil agulhado, uma geomembrana de PEAD, bentonite em granulado, geotêxtil agulhado, areia limpa grossa e, por fim, lajes de granito castanho em revestimento final. O setor 3 está assim comple-

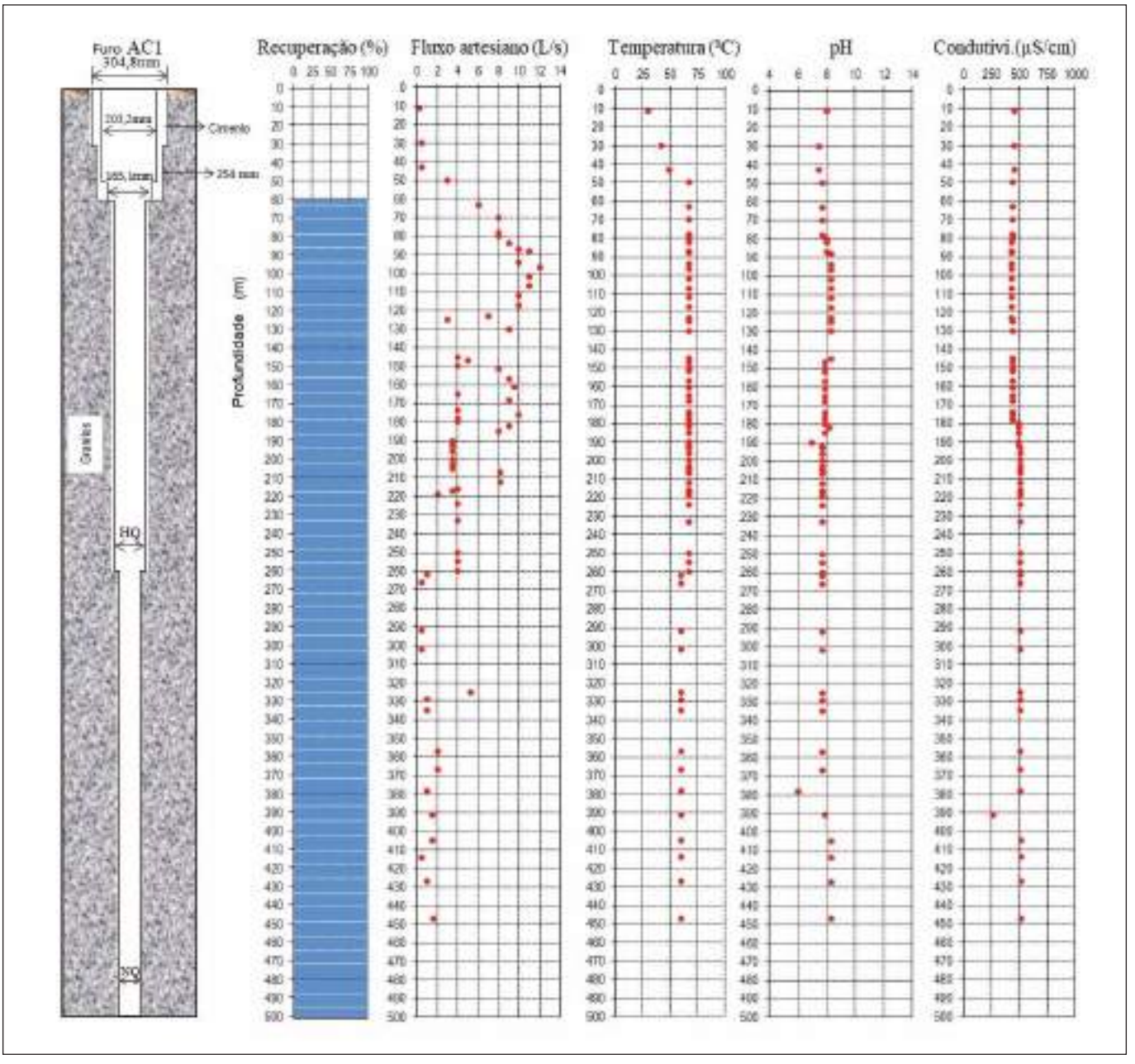


Figura 10 – Corte do Furo AC1 e seus aspetos principais, obtidos no decorrer da sua construção (a partir de ACAVACO, 1998).

Figure 10 – Section of the AC1 Hole and its main aspects obtained during its construction (from ACAVACO, 1998).

tamente isolado do exterior, mas está ligado hidraulicamente ao setor 2, como se pode observar na figura 9b. A água mineral percola através dos vazios da zona do rachão.

A partir do referido sistema de captação tem-se obtido água mineral quente com excelente qualidade desde o ano de 2015.

A captação designada por Furo AC1 (Fig. 10), localiza-se a cerca de 20 m para E de NT. O período de execução da captação decorreu entre 11/12/95 e 28/02/97 (ACAVACO, 1998).

O Furo AC1 tem 500 m de comprimento e apresenta um desvio de cerca de 10°, em termos médios, em relação à vertical, tendo uma atitude aproximada de N250°E, 80°W. Em termos litológicos, excetuando 4 m de aterro à superfície, o furo atravessa, globalmente, formações de natureza granítica. Está entubado em aço inoxidável AISI 316, com um diâmetro de 8 polegadas, desde a cabeça até 46,5 m de profundidade; este troço está devidamente isolado com cimento entre 0 e 59,7 m de profundidade; de 59,7 aos 500 m está em "*open hole*", em diâmetro HQ (90 mm) até 260,8 m e a partir daí, com diâmetro NQ (46 mm).

Sobre o potencial de produção de água mineral no Polo das Termas apresentam-se os ensaios de caudal em situações singulares na figura 11. Quando o Furo AC1 está fechado (Fig. 11a), a NT tende para um caudal de 10,7 L/s a partir da descarga de fundo, e para um caudal de 8,6 L/s pela descarga normal. Com ambas as captações a descarregar em simultâneo (Fig. 11b) constata-se claramente que interferem entre si, tendendo o Furo AC1 para um caudal de 10,5 L/s e a NT para 4,8 L/s na descarga normal, num total de 15,3 L/s.

No Polo do Vau, os furos SDV1 e SDV2, com o comprimento de 216 m e 151 m, respetivamente, foram realizados em 1991, pela equipa de sondagens da Direção-Geral de Geologia e Minas (ACAVACO, 1995), e apresentam características de sondagens de prospeção com atitude de N225°E, 75°W; atravessam, no geral, formações graníticas e estão entubados em aço normal com um diâmetro de 6 polegadas. Desde a sua cabeça até cerca de 30 m de comprimento apresentam-se cimentados no seu espaço anelar e a partir de 30 m, para baixo, apresentam-se em "*open hole*", em diâmetro HQ (90 mm) até ao fim. No Polo do Vau utiliza-se apenas o Furo SDV1, com a produção de 2,5 L/s em artesianismo, no entanto, neste polo há potencial para explorar cerca de 10 a 15 L/s, mas, por questões de qualidade do recurso, só deverá acontecer após disponibilidade de nova captação, com o isolamento de pelo menos os 300 m mais superficiais. Essa captação já está em projeto (Ferreira Gomes, 2017c), tendo sido implantada em SS1 como se apresenta na figura 8, de modo a que atinja a zona de interseção das falhas das Termas e do Vau, a mais de 1000 m de profundidade.

4. Qualidade do recurso

Devido ao facto da água mineral evidenciar singularidades especiais, desde há muito tempo que tem sido alvo de pesquisas físico-químicas para averiguar de sua qualidade. Segundo Machado (1985) deve-se a C. Lepierre as primeiras análises detalhadas, realizadas em 1903 e 1928, às águas das Termas de S. Pedro do Sul. Depois foram efetuadas duas análises no laboratório do Instituto Superior Técnico em 1978 e 1981. Em 1985, a água foi analisada pela primeira vez pelo laboratório do IGM - Instituto Geológico Mineiro (Machado, 1990) com a realização de um estudo físico-químico completo. Entretanto, foi a partir de 1987 que a água mineral das Termas de S. Pedro do Sul, se sujeitou de um modo sistemático a análises (geralmente 4 vezes por ano em cada captação) laboratório do IGM. Alguns resultados detalhados foram apresentados em Ferreira Gomes *et al*. (2001). Entretanto, em trabalhos mais recentes, Almeida *et al.* (2015), com base em análises físico-químicas detalhadas realizadas no laboratório do antigo IGM, entre os anos 2005 e 2013, contabilizando-se um total de 40 amostras da Nascente Tradicional, 42 do Furo AC1 e 18 amostras em cada um dos furos SDV1 e SDV2, verificaram que as águas das quatro captações correspondentes aos dois polos hidrominerais têm características hidroquímicas semelhantes (Fig. 12), podendo ser classificadas como águas bicarbonatadas, sódicas, sulfúreas, fluoretadas e alcalinas.

Atendendo ainda ao contexto geológico, hidro - geológico e, também, aos valores dos parâmetros físico-químicos e à sua conjugação, sugere-se um reservatório comum para as quatro captações (Almeida *et al.*, 2015).

A presente água é usual designar-se por água sulfúrea, por exibir uma composição química muito complexa mas perfeitamente tipificada; com uma mineralização total de cerca de 360 mg/L, apresenta valores característicos de pH (superiores a 8,0), fortes concentrações de fluoreto (≈ 18 mg/L) e de sílica (≈ 70 mg/L), incluindo enxofre na sua forma mais reduzida (HS^- ≈ 3,5 mg/L) e sulfuração total de

cerca de 20 ml/L, com um cheiro típico a "ovos podres". Na natureza, o local das emergências das águas sulfúreas apresenta, tipicamente, uma bio geleia esbranquiçada.

Em relação aos elementos vestigiais, a água mineral das termas de São Pedro do Sul apresenta essencialmente: Boro (≈ 0,46 mg/L), Brometo (≈ 0,18 mg/L), Tungsténio (≈ 0,08 mg/L), Estrôncio

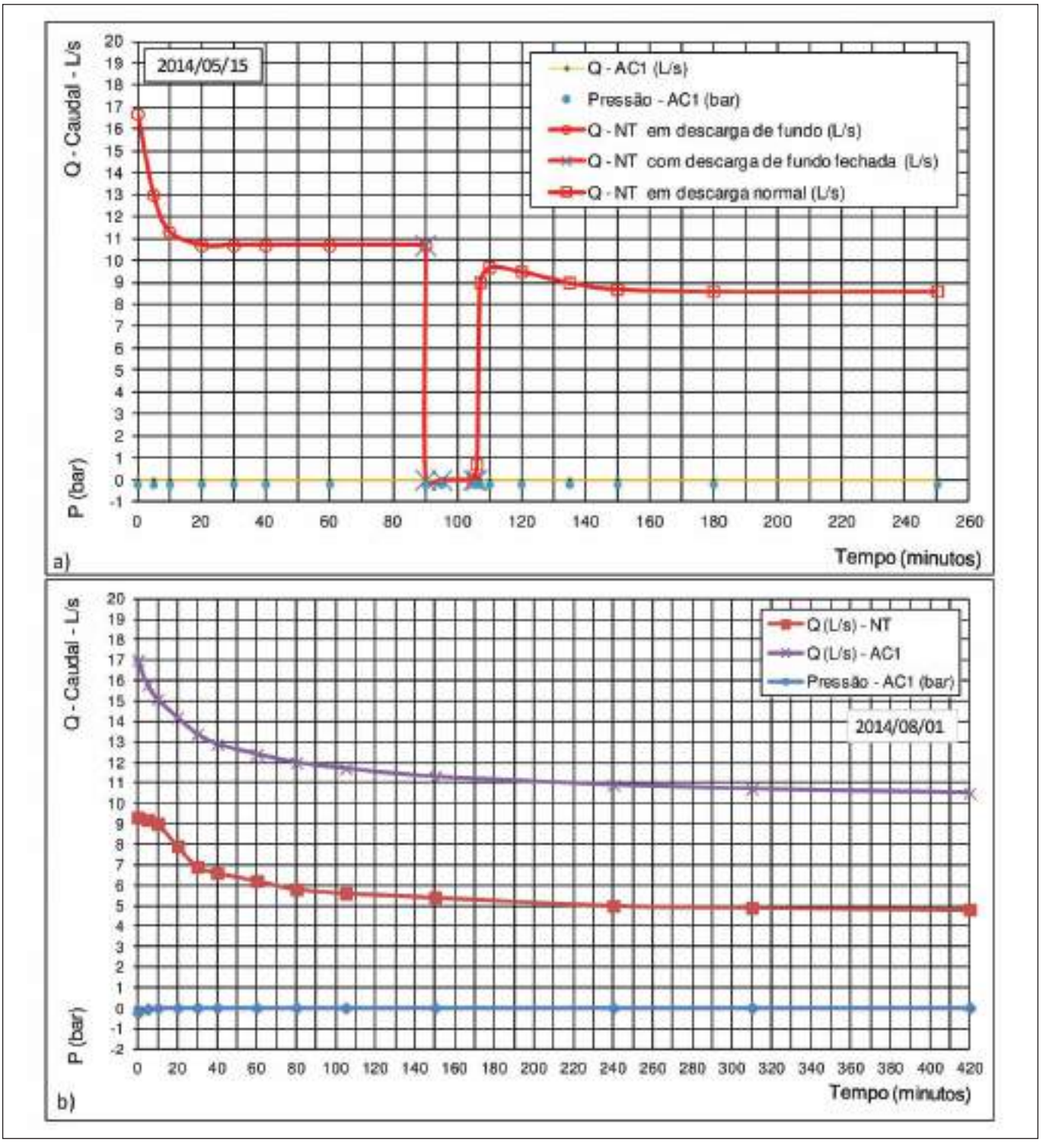


Figura 11 – Resultados de ensaios de caudal nas captações do Polo das Termas de São Pedro do Sul. a) caudal na Nascente Tradicional em descarga de fundo e descarga normal, com o Furo AC1 fechado; b) descargas normais no Furo AC1 e na Nascente Tradicional em simultâneo (Ferreira Gomes, 2015a).

Figure 11 – Results of flow tests in the abstractions of Spa pole. a) tests in the Traditional Spring in bottom flow and normal flow, with the hole AC1 closed; b) normal flows in the AC1 Hole and the Traditional Spring simultaneously (Ferreira Gomes, 2015a).

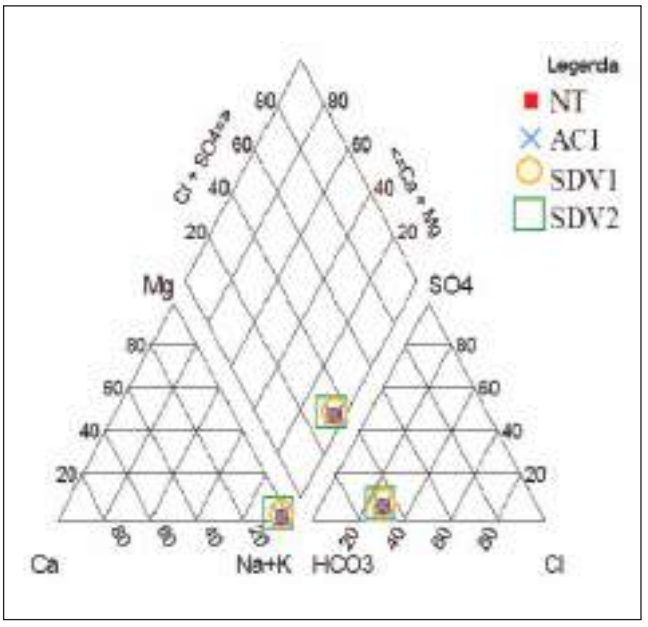


Figura 12 – Diagrama de Piper das amostras de água das captações do sistema aquífero mineral do CHGSPS (Almeida *et al.*, 2015).

Figure 12 – Piper diagram of the water samples from the abstractions of the mineral aquifer system of the CHGSPS (Almeida et al., 2015).

(≈ 0,064 mg/L), Césio (≈ 0,062 mg/L), Rubídio (≈ 0,062 mg/L) e Arsénio (≈ 0,005 mg/L).

A temperatura da água mineral na emergência das captações é um dos parâmetros muito importantes na presente concessão, permitindo a sua legalização, também, como recurso geotérmico com as aplicações já mencionadas no item 1. A temperatura na emergência da NT registou como máximo o valor de 68,6 °C e nas outras captações, após a água sair durante algum tempo, em contínuo, a temperatura evolui rapidamente para o valor de 67,0 °C.

5. Planos de exploração – aplicações do recurso

O Plano de Exploração é a designação técnica estipulada na atual legislação sobre águas minerais e recursos geotérmicos, nomeadamente os artigos 26.º e 24.ºdos respetivos Decretos-Lei n.ºs 86/90 e 87/90 (DR, 1990a, b), que abordam os sistemas de captação-adução-distribuição do recurso. Em termos legais, o plano sintetiza-se num documento que inclui esquemas de princípio e elementos técnicos das várias componentes, disponibilidade do recurso, suas caraterísticas, e, de entre outros, sua distribuição em função de diversas aplicações. Segundo os decretos-lei já mencionados, o Plano de Exploração, deverá em regra conter: a) memória descritiva sobre as caraterísticas do recurso; e b) descrição pormenorizada dos processos de exploração e indicação dos caudais.

A água mineral quente do CHGSPS, como já se referiu no item 1, é usada em três grandes domínios: no termalismo, na produção de produtos cosméticos e, ainda, em aplicações geotérmicas. Não se abordam neste trabalho aspetos de termalismo por este ser uma atividade clássica de conhecimento mais comum; de facto, alguns elementos detalhados sobre tratamentos termais e técnicas de utilização associadas poderão ser lidas, por exemplo, em Albuquerque (2011).

A última revisão do Plano de Exploração para o CHGSPS foi efetuada em 2011 (Ferreira Gomes, 2011), dada a necessidade/obrigação de integrar a produção de produtos cosméticos no referido plano. Nas figuras 13 e 14 apresentam-se situações genéricas do Plano de Exploração de ambos os polos; salienta-se que no Polo das Termas, antes do recurso ser usado em tratamentos medicinais e de bem-estar, o geocalor (energia térmica) é diminuído, consequência, do seu aproveitamento geotérmico. Até há poucos anos, o calor era retirado da água natural por intermédio de uma serpentina no interior do rio Vouga e através de uma torre de arrefecimento na cobertura do balneário D. Afonso Henriques. Ou seja, esse geocalor era dissipado para a natureza, de um modo forçado, pois a água proveniente das exsurgências para ser usada no termalismo tem de ser arrefecida. Atualmente, esse geocalor é uma mais-valia direta, traduzindo-se em receita económica, resultante dos diversos aproveitamentos geotérmicos existentes.

Um esquema detalhado sobre o aproveitamento geotérmico no Polo das Termas, no consumidor mais típico (Hotel do Parque), pode ser observado na figura 15. No essencial, o geocalor da água mineral é transferido no permutador PP1A para uma água normal, que fica a cerca de 60ºC, e se move em circuito fechado, de modo a ir ao hotel, onde numa primeira fase, no permutador PP2, transfere parte do calor para a água do sistema de aquecimento ambiental; então, a água do referido circuito fechado, já com cerca de 50 ºC, continua o seu movimento para o permutador PP3, onde, ao continuar a transferir parte do seu calor, nesta fase para o aquecimento de águas sanitárias, fica com cerca de 40 ºC e regressa à Central Geotérmica, iniciando novo ciclo. Elementos com mais detalhes sobre estes processos poderão ser analisados em Albuquerque (2011), Albuquerque *et al.* (2013) e Ferreira Gomes *et al.* (2017b).

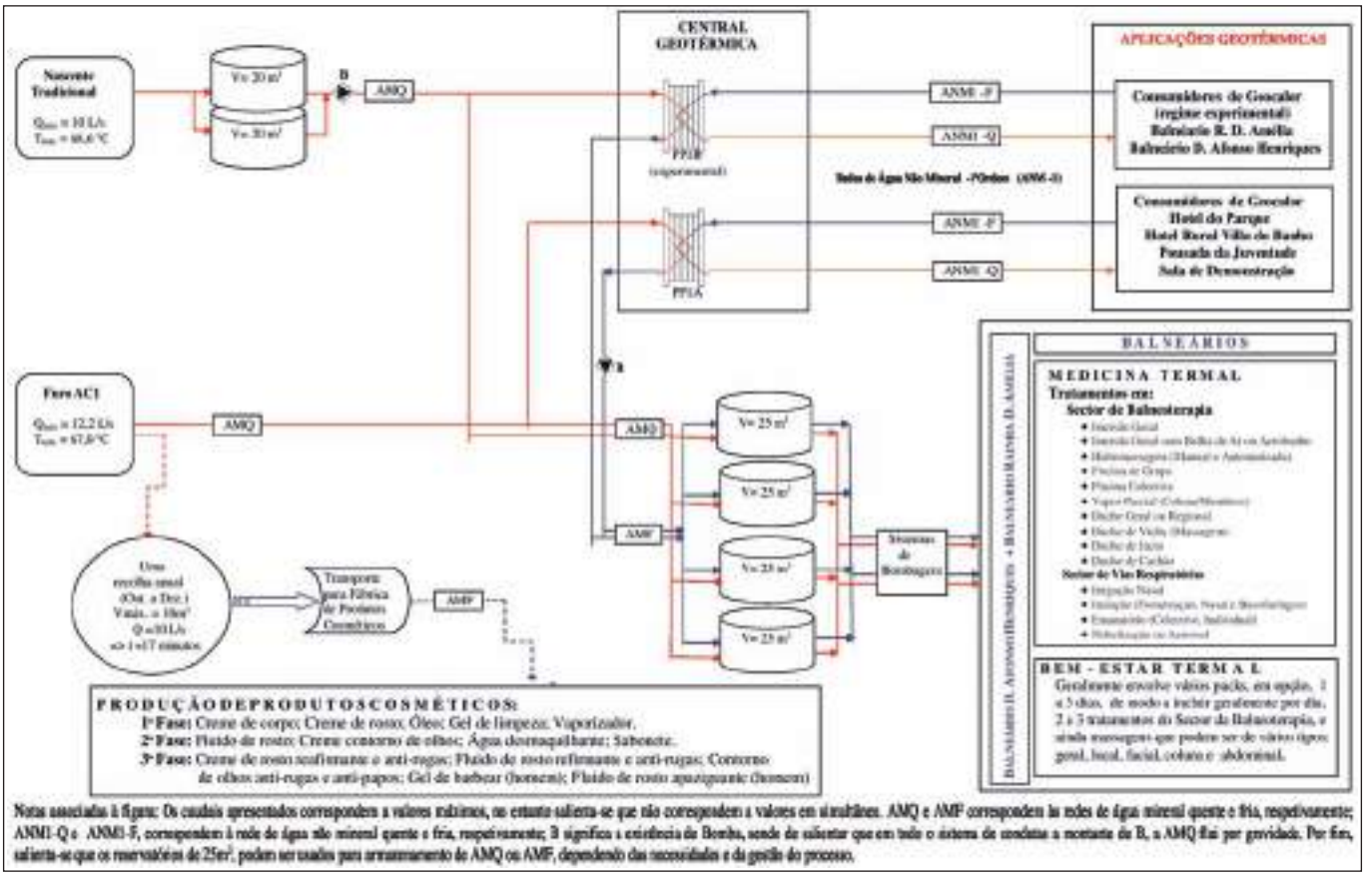


Figura 13 – Esquema de princípio do Plano de Exploração Global do Polo das Termas, com aproveitamentos geotérmico, medicinal, bem-estar e produção de produtos cosméticos do CHGSPS (Ferreira Gomes, 2011).

Figure 13 – General scheme of the Global Exploration Plan of the Spa Pole, with uses geothermal, medicinal, well-being and production of cosmetic products of the CHGSPS (Ferreira Gomes, 2011).

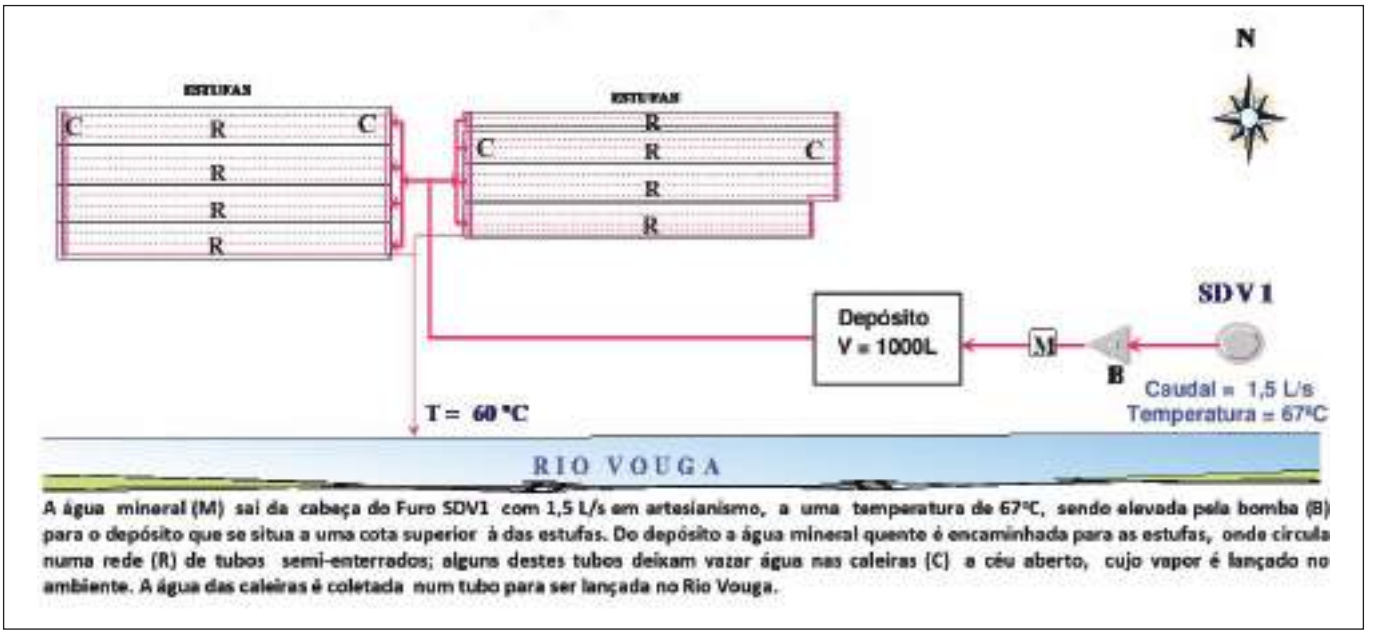


Figura 14 – Esboço sobre o esquema de princípio do Plano de Exploração do Polo do Vau no CHGSPS (Ferreira Gomes, 2001).

Figure 14 – General Scheme of the Exploration Plan, of Vau Pole of the CHGSPS (Ferreira Gomes, 2001).

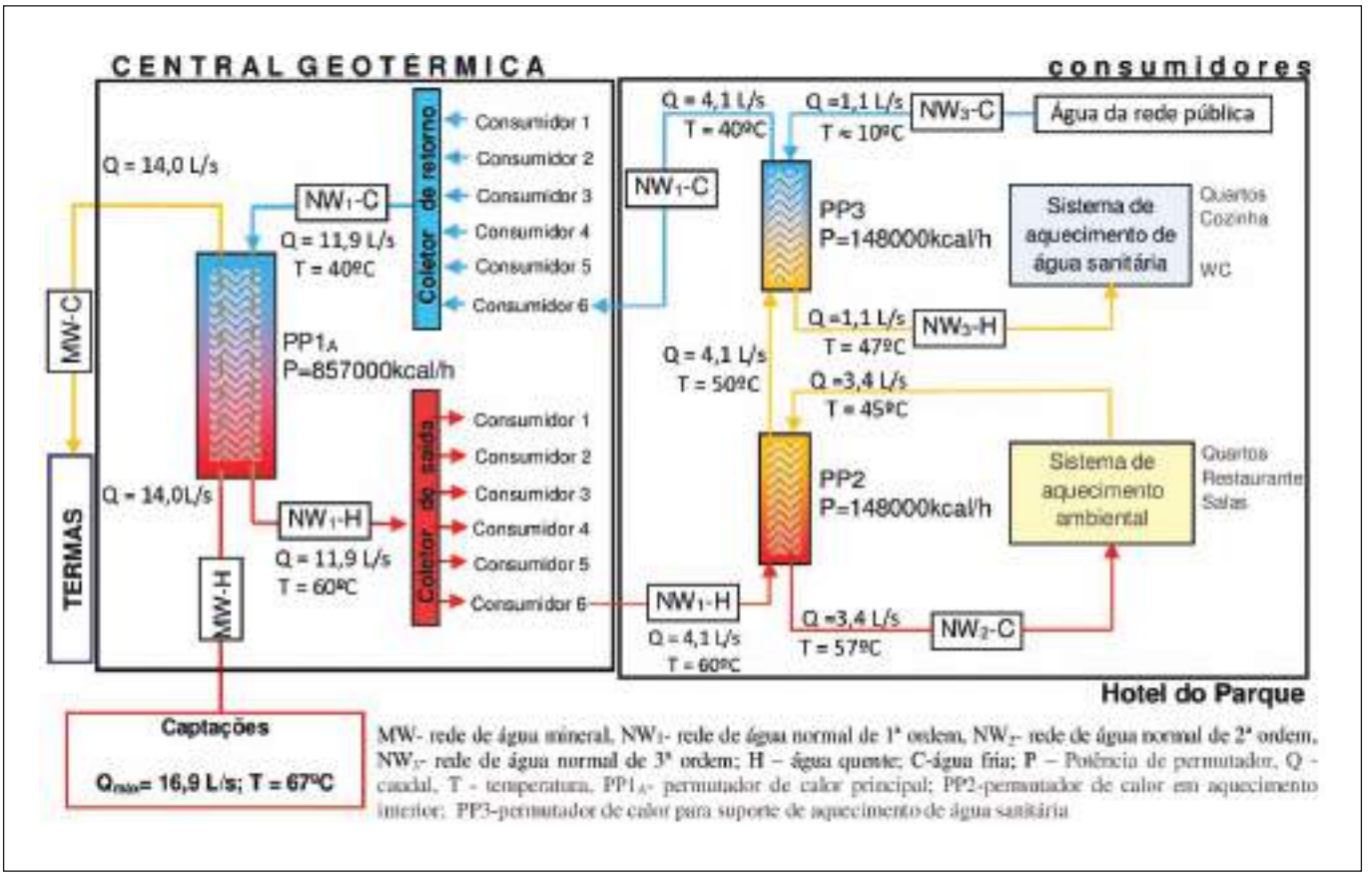


Figura 15 – Esquema de princípio dos sistemas exploração/produção de energia geotérmica no Polo das Termas e, em particular, no Hotel do Parque (Ferreira Gomes & Albuquerque, 2015).

Figure 15 – General scheme of the geothermal energy exploration/production systems at the Spa pole and in particular at the Hotel do Parque (Ferreira Gomes & Albuquerque, 2015).

Em relação à geotermia no Polo do Vau, o recurso com origem no Furo SDV-1 é aproveitado para a climatização de estufas para fins agrícolas, nomeadamente, para a produção de frutos tropicais (Fig. 16). As estufas ocupam uma área global aproximada de 3 000 m², cujo interior está organizado em patamares, existindo um pequeno muro de suporte a separá-los. Na proximidade de cada muro de suporte e ao longo de todo o comprimento existe uma fila de bananeiras, sendo o resto da área ocupada com plantas de ananás, em filas ao longo de todo o comprimento da estufa, distanciadas entre si de cerca de 40 cm.

A produção de produtos cosméticos consiste de um novo aproveitamento do recurso, que se integrou integrou legalmente em 2011 no Plano de Exploração. Salienta-se que este benefício sujeita-se a uma tramitação que sai do habitual em águas minerais termais. Como é esquiçado na figura 13, a água mineral natural é recolhida pontualmente em reservatórios adequados, transportada para um laboratório/oficina/fábrica onde é usada na confeção de vários produtos dermocosméticos.

No local da concessão das Termas não há nada de excecional a ocorrer, a não ser a necessidade de concertação das datas/horas para a recolha de água mineral para os produtos cosméticos; não há qualquer impacto na exploração do recurso, pois há necessidade apenas de um volume muito reduzido de água mineral, não só com a sua capacidade de produção, como também em relação aos volumes usados nos outros aproveitamentos.

Os produtos confecionados, já lançados no mercado, são vários, nomeadamente cremes de rosto, outros tipos de cremes, óleos corporais, sabonetes e até a água termal natural. Alguns elementos detalhados sobre aspetos técnico-científicos associados a este domínio, podem ser lidos no trabalho académico de Oliveira Ferreira (2008) que estiveram na base do surgimento e lançamento dos produtos dermocosméticos das Termas de S. Pedro do Sul. Alguns detalhes sobre os vários produtos no

mercado poderão ser vistos diretamente no *site* direcionado ao setor, das próprias Termas de São Pedro do Sul (Termalistur, 2018).

No que respeita aos produtos dermocosméticos enfatiza-se que as vendas destes produtos e de alguns elementos associados são alvo de inclusão no boletim estatístico sobre recursos geológicos, imposto pela tutela (Direção-Geral de Energia e Geologia), e que, como se mostrou na figura 6, são já uma "lufada económica" para a presente concessão, que em 2016 permitiram a venda destes produtos com um montante da ordem de 100 000 euros.

6. Outros elementos – perspetivas futuras

Nesta fase, merece referência, por ser inédito, que a presente concessão, à luz da Lei das Termas (DR, 2004), teve finalmente a sua "Estância Termal" aprovada, tendo a mesma sido publicada na Portaria n.º 160/2017 de 15 de maio (DR, 2017). O CHGSPS está agora munido de mais um instrumento técnico que lhe permite melhorar a qualidade arquitetónica e paisagística dos seus equipamentos urbanos, espaços e ordenamento do espaço envolvente às Termas, de modo a ser um lugar em total consistência com o conceito termal.

Enfatiza-se o facto da água mineral natural termal ser um recurso, que nos seus aproveitamentos clássicos de saúde e bem-estar é consumido no local da sua produção/exploração. Situação similar acontece com o recurso geotérmico de baixa entalpia, que também é necessariamente consumido no local ou na proximidade da sua produção. Ora, estas duas importantes aplicações, torna muito especial, estes dois recursos geológicos, em relação à economia local, pois ao serem consumidos na área de sua produção, permite que essas zonas se desenvolvam

Figura 16 – Estufas do Polo do Vau (a), com o seu aspeto típico de interior (b) e detalhes dos frutos tropicais produzidos (c, d) no CHGSPS.

Figure 16 – Vau Pole greenhouses (a) with their typical interior appearance (b) and details of the tropical fruits produced (c, d) in the CHGSPS.

economicamente e turisticamente. Enfatiza-se, ainda, o facto da possibilidade de climatização de edifícios e do aquecimento de suas águas sanitárias, em substituição das energias convencionas, torna mais viável em termos económicos e ambientais a abertura das termas e espaços associados durante todo ano, inclusive durante o inverno. Esta situação é muito importante para o desenvolvimento do interior de Portugal, onde se localizam as principais termas.

Sobre o CHGSPS, entende-se que devido às tendências da sociedade atual, não só de Portugal, como do resto da Europa, irá haver sucessivamente incremento do número de termalistas, em especial de bem-estar e, em particular, de estrageiros. A produção de produtos dermocosméticos terá um crescimento elevado, não só pelo aumento da comercialização dos mesmos em espaços junto às termas, como inclusive em farmácias e outros espaços comerciais em qualquer parte do país e até no estrangeiro. As unidades hoteleiras atuais junto às termas irão sucessivamente continuar a se restruturar e outras irão surgir de raiz. As solicitações de geotermia por terceiros, nomeadamente, pelas várias unidades hoteleiras serão imensas.

A atividade da Direção Técnica do CHGSPS tem sido intensa, nomeadamente, na elaboração de pareceres melhoramento, reestruturação de antigos edifícios e implantação de novos edifícios, nomeadamente na área hoteleira e de restauração na zona de proteção intermédia. Esta atividade será cada vez mais relevante, em especial no controlo e fiscalização de várias ações antrópicas nas áreas do Perímetro de Proteção, nomeadamente na reformulação/reconstrução/ampliação de edificações para vários fins, construções de raiz e, ainda, na construção de captações para consumo humano, entre outras.

O surgimento de novas captações de água mineral terá de acontecer, não só para incrementar caudais de exploração, como ainda para substituir as captações mais antigas, por necessidade de obter água mineral com menos suscetibilidade a contaminações a partir da superfície. Ou seja, no futuro as captações terão de ser mais profundas que as atuais e, em alguns casos os 200 a 300m mais superficiais devem estar completamente isolados no seu espaço anelar. Está já projetada uma nova captação com mais de 1000 m de profundidade para o Polo do Vau (Ferreira Gomes, 2017c). É urgente a sua construção, estando apenas dependente de seu financiamento, pois é muito elevado em termos relativos para a concessionária, sem apoios financeiros exteriores. Outra captação na sequência surgirá no polo das Termas; entende-se que será alvo de atenção, assim que se tenha a captação nova do Polo do Vau.

A Central Geotérmica, que é a base do aproveitamento geotérmico no Polo das Termas, será com urgência reformulada, incrementada de novos equipamentos, de modo a tornar mais eficiente as atuais aplicações no domínio do aquecimento urbano e de águas sanitárias com o apoio de uma adequada monitorização. Outras aplicações no domínio da geotermia, em cascata, poderão ser associadas, em vários setores como Ferreira Gomes (2005) já avançou, nomeadamente em novos espaços aqua-lúdicos, agrotropicais, ervas aromáticas, piscicultura e hidroponia. Refere-se nesta fase, que após o seu uso, a água mineral é rejeitada com cerca de 30 ºC; este fluido poderia ainda, em termos geotérmicos, ser aproveitado para as aplicações mencionadas anteriormente.

As novas captações, sendo profundas, terão forte potencial de captar água com cerca de 100 ºC ou mais (veja-se, por exemplo, Ferreira Gomes *et al.*, 2015). Se tal acontecer, permitirá a implementação de uma unidade de produção de eletricidade com muita facilidade. Será uma "revolução", mas isso vai acontecer um dia. Desse modo, o recurso geológico do CHGSPS, poderia ser consumido em locais muito distantes das Termas. Seria uma questão de se injetar a eletricidade na rede elétrica global.

Por fim, outro projeto que poderá ser testado e implementado a curto prazo, dependendo apenas de financiamentos orientados, será a construção de um sistema de trigeração, de modo a que no verão, seja possível usar parte da água natural quente, para climatizar, em especial os balneários, em frio, com refrigeradores de adsorção, que são ativados termicamente e, portanto, têm um consumo de eletricidade insignificante. Este processo pode ser implementado atualmente, com a temperatura disponível de 67 ºC, permitindo a otimização do consumo do recurso numa época (verão) em que não se usa a água para climatizar em aquecimento e, assim, poderia ser usada em arrefecimento.

Referências

A. CAVACO, 1995. *Síntese dos resultados dos Furos SDV1, SDV2 e SDVR3 – Ensaios de Caudal no Furo SDV1 do Programa Geotérmico de S. Pedro do Sul.* Relatório Final, 11.

A. CAVACO, 1998. *Relatório Final. Furo AC1.* C. M. S. Pedro do Sul.

Albuquerque, F.J.R.A., 2011. *Energia geotérmica em edifícios – o caso do Hotel do Parque no Campo Geotérmico e Hidromineral de São Pedro do Sul.* Tese de Mestrado inédita. Universidade da Beira Interior, 150.

Albuquerque, F.J.R.A., Ferreira Gomes L.M., Miranda A.B., 2013. Utilization of geothermal energy in a hotel in São Pedro do Sul – Portugal. *Proc. of the Int. Conference on Civil Engineering (Towards a Better Environment)*, CE-77-CE86.

Almeida, S.M.S., Ferreira Gomes, L.M., Carvalho, P.E.M., Sousa Oliveira, A., 2015. Contribution to the knowledge about hydrogeochemistry of São Pedro do Sul thermomineral system (N of Portugal). *Comunicações Geológicas,* **102**, I, 125-128.

Almeida, S.M.S., Ferreira Gomes, L.M., Oliveira, A.S., Carreira, P.M., 2017. Application of hydrochemistry and stable isotopes in the study of São Pedro do Sul thermomineral system (North of Portugal). *2nd Int. Interdisciplinary Conf. on Mineral Waters*, 2.

DR, 1990a. Decreto-Lei n.º 86/90, "Aprova o regula - mento de águas minerais naturais". *Diário da República*, I Série, N.º 63, de 16 de março, 1254-1264.

DR, 1990b. Decreto-Lei n.º 87/90, "Aprova o regulamento dos recursos geotérmicos". *Diário da República*, I Série, N.º 63, de 16 de março, 1264-1273.

DR, 1990c. Decreto-Lei n.º 90/90, "Aprova bases do regime juridico da revelação e do aproveitamento de recursos geológicos". *Diário da República*, I Série, N.º 63, de 16 de março, 1296-1304.

DR, 1999. Extracto de Contrato de Exploração. "Extracto do Contrato de Concessão de Exploração da Água Mineral Natural e do Recurso Geotérmico – HM-33". *Diário da República*, III Série, N.º 53, de 4 de março, 5004.

DR, 2004. Decreto-Lei nº142/2004, "Aprova Lei das Termas". *Diário da República*, I Série - A, N.º 136, de 11 de junho, 3632-3640.

DR, 2015. Lei n.º 54/2015, "Aprova bases do regime juridoco da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos". *Diário da República,* I Série, N.º 119, de 22 de junho, 4296-4308.

DR, 2017. Portaria n.º 160/2017, "Fixa a delimitação da Estância Termal de São Pedro do Sul". *Diário da República*, I Série, Nº93, de 15 de maio, 2367-2367.

Ferreira Gomes, L.M., 2001. *Revisão do Plano de Exploração. Aproveitamento Geotérmico do Pólo das Termas.* Relatório C. M. de S. Pedro do Sul, 28.

Ferreira Gomes, L.M., 2005. As águas minerais termais. Desafios sobre as suas aplicações para o futuro. *XV Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Geológica e Minas*, 187-205.

Ferreira Gomes, L. M., 2007. Aproveitamento Geotérmico em Cascata do Sul. *Boletim de Minas*, **42**, 1, 5-17.

Ferreira Gomes, L.M., 2011. *Termas de São Pedro do Sul - Revisão do Plano de Exploração: aproveitamento para produção de produtos cosméticos a partir da água mineral.* Relatório Interno, 26.

Ferreira Gomes, L.M., 2015a. *Relatório sobre as Obras da Nascente Tradicional de São Pedro do Sul e Qualidade do seu Recurso – Relatório Final.* Relatório Interno, Câmara Municipal de S. Pedro do Sul, 72.

Ferreira Gomes, L.M., 2015b. A Direcção Técnica das Termas de S. P. do Sul: Algumas Experiências na Defesa do Recurso. *VIII Congresso da Sociedade Portuguesa de Hidrologia Médica*, 57.

Ferreira Gomes, L.M., 2017a. Termas de S. P. do Sul: outros aproveitamentos da água termal que não terapêuticos. *XXXVII Curso de Atualização de Professores de Geociências,* 29.

Ferreira Gomes, L.M., 2017b. Aproveitamentos Geotérmicos em S. P. do Sul: Situações atuais e Perspetivas para o Futuro. *Seminário Internacional – Energia Geotérmica, uma aposta para o Futuro,* 34.

Ferreira Gomes, L.M., 2017c. *Memória descritiva e justificativa sobre Execução de uma Sondagem de Avaliação - Produção no Polo do Vau. (Ante-Projeto-Versão 2017). Campo Hidromineral e Geotérmico de São Pedro do Sul.* Relatório Interno, 19.

Ferreira Gomes, L.M., Albuquerque, F., 1998. A Utilização em Multi-Usos da Água Minero-Termal do Campo Geotérmico de S. Pedro do Sul. *IV Congresso da Água*.

Ferreira Gomes, L.M. Albuquerque, F., 2015. Aproveitamentos geotérmicos no Campo Hidromineral e Geotérmico de S. Pedro do Sul – Elementos Globais. *Plataforma Portuguesa de Geotermia Superficial*, **2**, 4-5.

Ferreira Gomes, L.M., Albuquerque, F.J.A., Fresco, H., 2001. Protection eas of S. Pedro do Sul Spa, Portugal. *Engineering Geology,* **60**, 1-4, 483-490.

Ferreira Gomes, L.M, Ferreira Guedes, J., Gomes da Costa, T.C., Coelho Ferreira, P.J. Neves Trota, A.P., 2015. Geothermal potential of Portuguese granitic rock masses: lessons learned from deep boreholes. *Environmental Earth Sciences,* **73**, 6, 2963-2979.

Ferreira Gomes, L.M, Neves Trota, A.P., Sousa Oliveira, A., Soares Almeida, S.M., 2017a. Reservoir considerations and direct uses of São Pedro do Sul hydromineral and geothermal field, northern Portugal. *Conf. Series: Earth and Environmental Science,* **95**, 9.

Ferreira Gomes, L.M., Neves Trota, A.P., Afonso de Albuquerque, F.J.R., 2017b. Experience Gained on Direct Use of Low Enthalpy Energy in Hotel do Parque, S. Pedro do Sul, Portugal. *Conf. Series: Earth and Environmental Science,* **95**, 7.

IGE, 1998a. Folha 166 - S. Pedro do Sul daCarta Militar de Portugal Série M888. *Instituto Geográfico do Exército,* Escala 1/25 000.

IGE, 1998b. Folha 177 - Vouzela da Carta Militar de Portugal Série M888. *Instituto Geográfico do Exército,* Escala 1/25 000.

Haven, H.L.T., Konings, R., Schoonen, M.A.A., Jansen, J.B.H., Vriend, S.P., Van der Weijden, H., Buitenkamp, J., 1985. Geochemical studies in the drainage basin of the rio Vouga (Portugal). II. A model for the origin of hydrothermal water in the Vouzela region. *Chemical Geology,* **51**, 3-4, 225-238.

Machado, M.J.C., 1985. *Relatório do Estudo Físico-químico das águas das Termas de S. Pedro do Sul.* Laboratório da DGGM. 18.

Machado, M.J.C., 1990. *Estudo Físico-químico completo da água das Termas de S. Pedro do Sul.* Laboratório da DGGM. 13.

Oliveira Ferreira, M., 2008. *Efeitos cutâneos da água termal de S. Pedro do Sul.* Tese de Mestrado inédita, Universidade do Porto, 137.

Pereira, E., Ferreira, N., 1985. Geologia regional e controlo estrutural das nascentes termais de S. Pedro do Sul. *Comun. Serv. Geol. Portugal,* **71**, 1, 17-25.

Termalistur, 2018. Termas de S. Pedro do Sul, Dermocosméticos. Site: http://www.termas-spsul.com/aqua.asp, versão 11.09.2018.

Geo 2000

Pedras semi-preciosas
Minerais
Pérolas
Bijutarias com pedras naturais
Martelos, bússolas, lupas (para geologia)
Coleções de minerais, rochas, fósseis

Geo2000 –Minerais e Gemas Lda.
P. Francisco Sá Carneiro (Areeiro), 6B
1000 – 159 LISBOA
T. 218403227 / 963095555
e-mail: geo2000adonis@gmail.com
Site: www.geo2000.pt

Bolas em pedras semi-preciosas

Quartzo hematoide
Teófilo Otoni-M.G.- Brasil

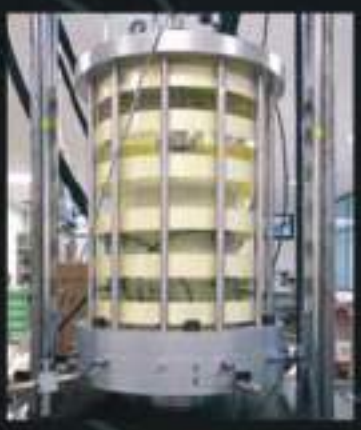
Geocontrole

Geotecnia e Estruturas de Fundação SA

Prospecção Geotécnica • Prospecção Geofísica

Consultoria e Projecto Geotécnico • Obra Geotécnica

Controlo, Observação e Instrumentação • Laboratório de Mecânica de Solos e Rochas



PME líder

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4 - 4A Parque Oriente Bloco 4 2699 - 501 Bobadela LRS - Portugal

Tel.: +351 219 958 000 | Fax: +351 219 958 001 | www.geocontrole.pt | mail@geocontrole.pt | N 38° 47' 55.6 W 9° 06' 06.4