



Universidade de Aveiro  
2011

**Pedro Miguel Henriques de Oliveira Pombo Caetano** **A utilização das fundações na eficiência energética dos edifícios**

**Pedro Miguel Henriques de Oliveira Pombo Caetano**

**A utilização das fundações na eficiência energética dos edifícios**





**Universidade de  
Aveiro**  
Ano 2011

Departamento de Engenharia Civil

**Pedro Miguel  
Henriques de Oliveira  
Pombo Caetano**

**A utilização das fundações na eficiência  
energética dos edifícios**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em engenharia civil, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Claudino Cardoso, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro



---

## O júri

Presidente

Prof. Doutor Paulo Barreto Cachim.  
Professor associado da Universidade de Aveiro

Arguente-principal

Prof. Doutora Ana Paula Gerardo Machado.  
Professora – Escola Superior de Tecnologia – Instituto Politécnico de Tomar

Vogal

Prof. Doutor José Claudino Cardoso.  
Professor associado da Universidade de Aveiro

---

## **Agradecimentos**

Finalizada uma etapa particularmente importante da minha vida, não poderia deixar de expressar o mais profundo agradecimento a todos aqueles que me apoiaram nesta longa caminhada e contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Claudino Cardoso, o meu maior agradecimento por toda a disponibilidade e orientação prestada, pelo apoio incondicional e compreensão que sempre manifestou.

À Professora Doutora Ana Paula Gerardo Mahado, pelo tempo disponibilizado e pelo apoio incondicional.

Estou muito grato a todos os meus familiares pelo incentivo recebido ao longo deste ano. Aos meus pais, Vitor Pombo e Luísa Henriques, obrigada pelo amor, alegria e atenção sem reservas.

À Sr.<sup>a</sup> Odete Jerónimo proprietária da residência para seniores “Casa da Fidalga” pelo tempo disponibilizado e pelos documentos fornecidos.

À empresa ELETROIMA que me forneceu os dados do sistema que instalaram na residência Casa da Fidalguia, especialmente ao Sr. Victor Félix técnico da ELETROIMA pela disponibilidade.

À empresa WATERKOTTE pelos esclarecimentos dados especialmente ao Sr. Carlos Mota.

À empresa VILLARCON especialista em AVAC pelo orçamento que efectuou e pelo estudo da viabilidade de um sistema destes no lar, em especial ao gerente Sr. Caetano e ao Técnico Sr. Orlando.

Por último, mas não menos importante, agradeço aos meus amigos, colegas de curso e a todos os professores que comigo partilharam do seu saber.

---

**Palavras-chave**

Geotermia – entalpia – permutador de calor – vapor seco

**Resumo**

O presente trabalho propõe-se divulgar a importância da Geotermia no mundo, na possibilidade de podermos utilizar um recurso natural que existe e foi descoberto há milhares de anos e até aos dias de hoje tem sido pouco utilizado, apresento numa análise mais específica em Portugal onde, como pode e deveria ser utilizado, usando um caso real de um edifício onde foi instalado e a satisfação do cliente é total tanto em termos monetários como nas condições habitacionais do edifício.

---

**Keywords**

Geothermal energy - enthalpy - heat exchanger - dry steam

**Summary**

This paper aims to promote the importance of Geothermal in the world, the possibility that we can use a natural resource that exists and was discovered thousands of years ago and until today has been little used, present a more specific analysis in Portugal where how can and should be used, using a real case of a building where it was installed and customer satisfaction is total both in monetary terms as the housing conditions of the building.

---

## Índice

Índice.....	6
1. Introdução.....	8
1.1. Geotermia de Baixa entalpia.....	9
1.2. Geotermia de Alta entalpia.....	10
1.3. Captação horizontal.....	10
1.4. Captação vertical.....	11
1.5. Captação em lençol freático.....	12
2. História da Geotermia.....	13
2.1. História.....	14
2.2. Uso directo da energia geotérmica.....	15
2.3. Gerando electricidade com a energia geotérmica.....	16
2.3.1. Plantas secas pelo vapor.....	17
2.3.2. Plantas vaporizadas.....	17
2.3.3. Ciclo de plantas binário.....	18
2.4. Uso de energia geotérmica.....	18
2.5. Os benefícios da energia geotérmica.....	19
2.6. As desvantagens potenciais de energia geotérmica.....	20
2.7. O custo da produção de electricidade a partir da energia geotérmica.....	21
2.8. O futuro para a energia geotérmica.....	21
3. A geotermia na Europa.....	23
3.1. Alemanha.....	23
3.1.1. Perfuração arriscada.....	23
3.1.2. Inovação Tecnológica.....	24
3.1.3. Novo Eldorado.....	25
3.2. Espanha.....	26
3.2.1. Energia geotérmica de minas.....	26
3.2.2. Calor do subsolo.....	26
3.2.3. Caldeiras geotérmicas.....	27
3.2.4. Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na Espanha.....	27
3.3. França.....	30
3.3.1. Armazenamento em furos de baixa temperatura (BTES).....	30
3.3.2. Armazenamento em furos de alta temperatura (HT BTES).....	30
3.3.3. Fontes Geotérmicas.....	31
4. Exemplos práticos de recursos, retorno e financiamentos na utilização da geotermia em países da Europa.....	33
4.1. Alemanha.....	33
4.1.1. Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na Alemanha.....	33
4.2. França.....	36
4.2.1. Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na França.....	36
4.3. Suécia.....	39
4.4. Estónia.....	39
4.5. Portugal.....	40
4.5.1. Sensibilização e Financiamento para a Geotermia em Portugal.....	41
4.6. Grécia.....	42

4.6.1.	Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na Grécia .....	42
4.7.	Itália .....	44
4.7.1.	Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na Itália.....	44
4.8.	Islândia.....	46
4.8.1.	Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na Islândia .....	46
4.9.	Eslováquia.....	47
4.9.1.	Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na Eslováquia .....	47
4.10.	Bulgária.....	49
4.11.	Hungria .....	51
5.	Localização e métodos de ocorrência (Captação de lençol freático em Portugal) .....	53
5.1.	Temperaturas das ocorrências termais.....	53
6.	A geotermia nos Açores .....	57
6.1.	Introdução .....	57
6.2.	O potencial Açoriano.....	58
6.3.	Central da Ribeira Grande .....	59
6.3.1.	Princípio de Funcionamento.....	60
6.4.	Central Geotérmica Piloto de Pico Vermelho.....	61
6.5.	Ilha Terceira .....	63
7.	Como utilizar o calor retirado do subsolo .....	67
8.	A utilização das fundações na eficiência energética dos edifícios.....	72
8.1.	Arrefecimento passivo .....	73
8.2.	Aquecimento .....	73
8.3.	Aquecimento das águas sanitárias.....	74
8.4.	A utilização das fundações na instalação das sondas geotérmicas.....	74
8.4.1.	Captação horizontal .....	74
8.4.2.	Captação vertical .....	77
8.4.3.	Captação em lençol freático. ....	78
9.	Exemplo prático em Portugal de habitação com sistema geotérmico “Casa da Fidalguia” .....	80
9.1.	Especificações técnicas do sistema .....	81
9.1.1.	Casa das máquinas .....	81
9.1.2.	Fonte de calor .....	83
9.1.3.	Circuito de refrigeração em pormenor.....	84
9.1.4.	Furos de captação Vertical .....	85
9.1.5.	Bomba de calor geotérmica.....	86
9.1.6.	Tabela dos custos de operação .....	89
9.1.7.	Caixas Porta – Colectores .....	93
9.1.8.	Esquemas de princípio .....	97
9.1.9.	Orçamento do sistema geotérmico instalado.....	99
9.2.	Sistema a gás.....	100
9.2.1.	Caldeira de aquecimento.....	100
9.3.	Utilização do sistema da caldeira a gás com a geotermia desligada .....	102
9.4.	Sistema de AVAC .....	104
10.	Conclusão.....	108
11.	Bibliografia .....	110

---

# 1. INTRODUÇÃO

Em sentido muito amplo, entende-se como energia geotérmica a energia calorífica contida no interior da terra e que está em condições de ser extraída de forma económica. Aliás, para certos autores (LEIBOWITZ, 1978) a designação de energia geotérmica restringe-se apenas a esta visão economicista do calor terrestre.

A geotermia é entendida como o conjunto de ciências e técnicas que estudam e exploram o calor terrestre, constituindo um vasto conjunto que vai desde as ciências geológicas (geologia, S.l., estratigrafia, geologia estrutural, vulcanologia), geofísica (todos os ramos incluindo a sismologia e a sísmica natural e provocada) e geoquímica, tecnologia de sondagens e de testes aos furos de pesquisa e produção, de engenharia de reservatórios e de equipamentos de extracção de calor (desde as turbinas de vapor e equipamentos periféricos de separação até aos permutadores e bombas de calor).

O calor terrestre, ou energia geotérmica, tem origem no interior do globo terrestre. O fluxo de calor para a superfície, e a sua implícita renovação, são mantidos por diversos processos: condução, convecção e radiação. Às temperaturas que interessam à geotermia este último processo não tem qualquer significado.

Esta energia pode dividir-se em alta e baixa entalpia (é uma grandeza física que procura medir a energia em um sistema termodinâmico que está disponível na forma de calor, isso a pressão constante), consoante o fluido se encontra, respectivamente, a uma temperatura superior ou inferior a 150°C.

O aproveitamento da energia geotérmica encontra-se limitado pelos custos de capital necessários à prospecção e à instalação.

A utilização deste tipo de energia renovável apresenta algumas vantagens, nomeadamente:

- Diminui os problemas relacionados com as emissões de CO<sub>2</sub> e as alterações climáticas;
- Cria emprego;

- 
- Contribui para a diminuição das disparidades regionais.

Em Portugal Continental só é economicamente viável a geotermia de baixa entalpia. No entanto, o tipo de utilização mais comum, com fins de aproveitamento de calor, é ainda a balneoterapia, apesar de existirem ocorrências termais cuja exploração poderia ser bastante superior e que não o é, talvez por desconhecimento dos concessionários relativamente ao aproveitamento da energia e à pouca divulgação relativa aos possíveis tipos de aproveitamento da mesma.

### **1.1. Geotermia de Baixa entalpia**

Entende-se por geotermia de baixa entalpia a energia de um sistema termodinâmico, (disponível na forma de calor, isso a pressão constante), cujo a temperatura seja inferior a 150°.

Em Portugal Continental, o panorama é de baixa entalpia, com fluidos a temperaturas moderadas (até cerca de 100°C), se podem efectuar aplicações a nível da indústria, aquecimento urbano e agricultura. Em virtude de uma complexa e diversificada geologia, Portugal Continental possui um apreciável potencial geotérmico, evidenciado por um elevado número de ocorrências com temperaturas superiores a 20°C, utilizadas com finalidades termais desde tempos antigos. Nos últimos anos tem-se assistido a progressos merecedores de registo, traduzidos na concretização do aproveitamento do potencial de diversos pólos geotérmicos e na existência de uma carteira de intenções de investimento e projectos de desenvolvimento. Contudo, julga-se que existe ainda uma apreciável margem para ampliação e melhoria dos resultados obtidos. O potencial geotérmico em Portugal Continental pode ser aproveitado por duas vias: o aproveitamento dos recursos da meia centena de pólos termais existentes com temperaturas entre 20° e 76°C, o aproveitamento de aquíferos profundos nas orlas Meso-Cenozóicas Ocidental e Meridional, revelados pelos furos de reconhecimento petrolífero. No primeiro caso temos em funcionamento, desde meados dos anos 80, aproveitamentos geotérmicos em Chaves e em S. Pedro do Sul. Outros pólos interessantes, conjugando disponibilidades do recurso e mercado, situam-se em Aregos, Vizela, Monção, Alcafache e Carvalhal. No caso das Bacias Sedimentares foi efectuada, no Hospital da Força Aérea, no Lumiar (Lisboa), uma operação geotérmica em furo único (com 1500 m de profundidade e 50°C à cabeça do mesmo), destinado à



---

produção de água quente sanitária, climatização e água potável fria. Para idênticos fins foi aproveitado o calor de um furo de 475 metros de profundidade (30°C à cabeça do furo), nos Serviços Sociais das Forças Armadas (Oeiras), ainda que neste caso seja apoiado com bombas de calor. (Fonte – XV encontro nacional do colégio de engenharia geológica e de minas da ordem dos engenheiros)

## **1.2. Geotermia de Alta entalpia**

Entende-se por geotermia de alta entalpia a energia de um sistema termodinâmico, (disponível na forma de calor, isso a pressão constante), cujo a temperatura seja superior a 150°C.

No que se refere ao aproveitamento da chamada “alta entalpia”, a energia geotérmica é já bem conhecida por algumas realizações que permitem a produção de energia eléctrica. Exemplo típico no nosso país é o que se passa no Arquipélago dos Açores, na ilha de S. Miguel, onde há já várias anos se encontra a funcionar uma central geotérmica no ponto 6 desta tese este assunto irá ser aprofundado.

Quanto a técnicas de captação da energia geotérmica, existem três técnicas nomeadamente:

## **1.3. Captação horizontal**

Os tubos são colocados horizontalmente à superfície do terreno a 60 cm de profundidade conforme a orientação geográfica. São tubos sob pressão em polietileno ou cobre revestido a PVC nos quais circula água glicolada (com anticongelante Glicol) ou fluido frigorígeno que permitem recolher a energia contida no solo e transmitir para o gerador. O sistema mais corrente e mais fácil a instalar, é a rede horizontal de captadores. Para uma casa de 100m<sup>2</sup> é necessário contar cerca de 150m<sup>2</sup> de superfície.

A natureza do solo e a exposição do terreno têm muito pouca influência no sistema, e vice-versa, o sistema não provoca nenhuma modificação no terreno: é possível jardinar, colocar relvado e arbustos à superfície do sistema. É possível plantar árvores ou colocar um revestimento (alcatrão, etc.) a uma distância mínima de 2m da zona de captação.

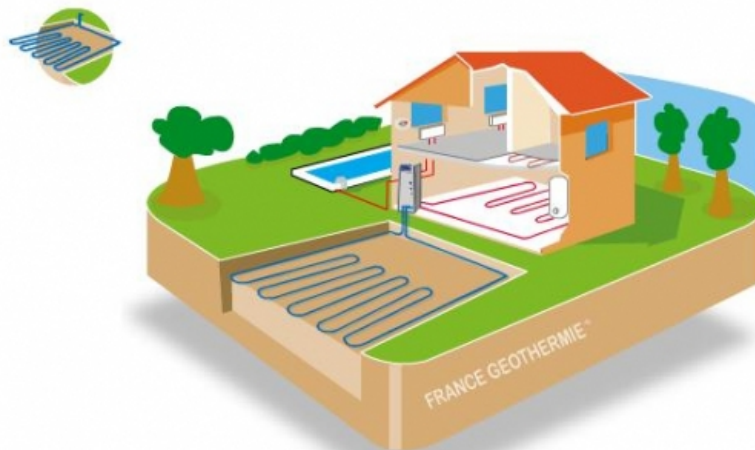


Figura 1. Captação Horizontal (Fonte - <http://www.dern.pt/index.php?pg=6&lng=pt>)

#### 1.4. Captação vertical

Uma sonda geotérmica vertical (entre 70 e 100m de profundidade) é utilizada para extrair a energia da terra. Esta solução é utilizada no caso de falta de terreno. São tubos sob pressão em polietileno nos quais circula água glicolada. O princípio consiste em recuperar o calor em profundidade com uma sonda geotérmica. Este sistema permite explorar ao mínimo a superfície do terreno à volta da casa ou edifício.



Figura 2. Captação Vertical (Fonte - <http://www.dern.pt/index.php?pg=6&lng=pt>)

---

## 1.5. Captação em lençol freático

Uma bombagem de água na cobertura freática (perfuração ou poços) permitem captar a energia. Esta solução é utilizada no caso de presença de uma cobertura freática. O circuito capta o calor da água de um lençol freático com um furo profundo geralmente de 8 a 50m segundo as regiões. A bomba de calor capta a energia contida, não no solo como na captação horizontal ou vertical, mas na água do lençol freático que se mantém a uma temperatura constante todo o ano (9 a 12°C ou mais consoante a região). Este sistema bombeia a água por perfuração num primeiro furo a montante do lençol freático é em seguida depositada num segundo furo ou num poço perdido perto do lençol freático.

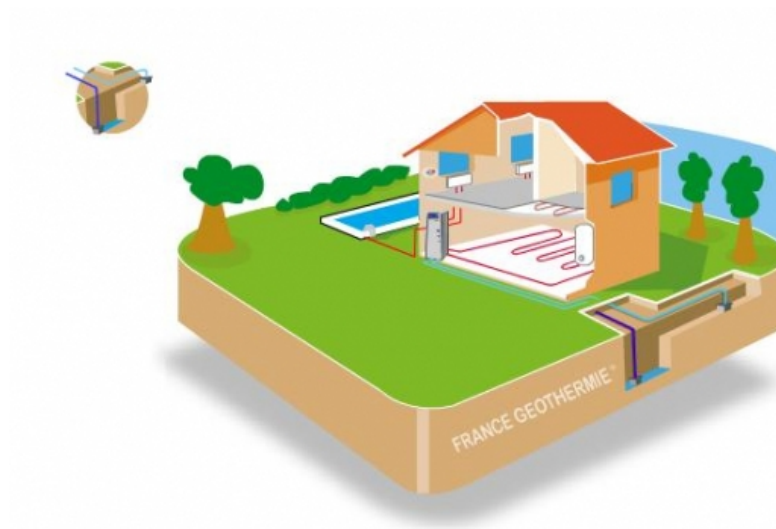


Figura 3. Lençol Freático (Fonte - <http://www.dern.pt/index.php?pg=6&lng=pt>)

---

## 2. HISTÓRIA DA GEOTERMIA

O termo Geotérmico vem do grego “*geo*” que significa terra e “*terme*” que significa calor, temperatura. Por isso, geotérmica literalmente significa terra calor ou calor a partir da Terra. Este calor com origem no núcleo da Terra, onde as temperaturas atingem 7000 graus centígrados, e são continuamente conduzidas para a parte de fora da superfície. O calor no núcleo da Terra é mantido através do constante emissão de elementos radioactivos no núcleo.

Há cinco fontes potenciais de energia geotérmica: hidrotermal, reservatórios hidrotérmicos, energia da terra, salmoura geopressurizada, pedra quente e seca e magma. As duas primeiras fontes já estão em uso generalizado enquanto os três últimos só podem ter acesso por tecnologias avançadas e técnicas de engenharia. Estas tecnologias são apenas teóricas ou experimentais actualmente.



Figura 4. Reservatórios hidrotérmicos (Fonte - [http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/nanoestruturas\\_podem\\_tornar\\_a\\_energia\\_geotermica\\_mais\\_segura\\_imprimir.html](http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/nanoestruturas_podem_tornar_a_energia_geotermica_mais_segura_imprimir.html))

Reservatórios hidrotérmicos são grandes piscinas de vapor ou água quente, aprisionado em rochas porosas, que tem sido aquecido pela energia a partir do núcleo da Terra. Eles só podem ser encontrados em algumas áreas do mundo, por exemplo, Japão, Nova Zelândia, e de outros países situados na região do ‘Anel de Fogo’ no Pacífico. Há também pontos

---

quentes geotérmicos em lugares como Havai e Parque Nacional de Yellowstone, nos EUA. Outros importantes reservatórios hidrotérmicos podem ser encontrados em países como a Islândia, Itália ou aqueles, ao longo do cinto geotérmico do Himalaia. (Fonte - Wikipedia)

A energia da Terra pode ser encontrada praticamente em qualquer parte do mundo, e remete para a "massa térmica" superficial do solo. Isto significa que o solo e águas subterrâneas, a uma profundidade superficial, de cerca de 10 metros abaixo da superfície, mantêm uma temperatura constante de cerca de 10 a 16 graus Célsius durante o ano todo. Nós somos capazes de usar essa energia em nossa vantagem no fornecimento económico de calor e de frio.

## **2.1.História**

A data do uso directo de energia geotérmica é datada de milhares anos atrás. Por exemplo, existem evidências de que os japoneses usavam fontes térmicas para tomar banho e cozinhar desde 11.000 aC. É também conhecido que os Índios Nativos Americanos acampavam perto de fontes térmicas na América do Norte por volta de 3.000 aC e utilizavam as fontes para se banhar e para propósitos medicinais.

Grandes ‘banhos romanos’ utilizando água quente natural foram construídos durante o império Romano a mais de 2000 anos atrás. A água era usada para aspectos medicinais, assim como para aquecimento.

A partir do século IX dC, as pessoas na Islândia plantavam suas culturas em terreno naturalmente aquecido. Isso teve o efeito de promoção de crescimento vegetal e trazendo uma colheita mais cedo. Um pouco mais tarde, em áreas de actividade geotérmica importante na Nova Zelândia, o povo Maori utilizava o solo aquecido para a cozedura a vapor.

Quase setecentos anos atrás, água quente, de até 85 graus Célsius a partir da bacia sedimentar Paris, em França, foi utilizada para aquecer edifícios. SPAS minerais se tornaram extremamente popular em toda a Europa durante os últimos trezentos anos.

---

A energia geotérmica foi primeiramente utilizada para gerar energia eléctrica em 1904 na Itália, utilizando aquilo que é conhecido como um "vapor seco". O campo geotérmico, em Lardarello na Toscana, ainda está em uso hoje. (Fonte - bcdjmenenergia.blogspot.com)

## 2.2. Uso directo da energia geotérmica

Água quente vinda do subterrâneo, mas perto da superfície da Terra é canalizada directamente nas instalações onde será usado. Usos comuns incluem SPAS, aquecimento de edifícios, estufas, piscicultura, estradas e vias. Outros usos incluem lavagem de lã, pasteurização de leite, desidratação de fruta, produção de papel e vários processos industriais. (Fonte - bcdjmenenergia.blogspot.com)

Às vezes, uma extensa rede de canos pode ser utilizada para entregar água quente para todos os edifícios de um subúrbio ou cidade. Isso é chamado de um "regime de aquecimento urbano" e o melhor exemplo é a actual cidade de Reykjavik, capital da Islândia, onde praticamente todos os residentes recebem água quente canalizada.



Figura 5. Reykjavik (Fonte - icelandquest.com – Fotos de Kevin Agosto 2010)

---

A energia da Terra é utilizada directamente pelas bombas de calor geotérmico (GHP's) para fornecer aquecimento ou esfriamento de baixo custo para um edifício. Tal como referido acima, no terreno logo abaixo da superfície da Terra mantém uma temperatura constante durante todo o ano, que pode ser usado para a nossa vantagem.

Existem essencialmente três componentes de uma GHP. Em primeiro lugar existe um permutador de calor, que é um sistema de tubos chamado um loop, enterrado no solo superficial perto do edifício que está a ser aquecido ou resfriado. Uma mistura de água e anticongelante é circulada pelo tubo e este líquido ou absorve calor ou libera calor no solo.

O segundo componente de uma GHP é um sistema de ductos no interior do edifício, através da qual ar quente ou frio pode ser circulado. O terceiro componente é uma bomba de calor, que transfere calor entre o circuito e os ductos.

No inverno, porque o solo é mais quente que o ar, o calor da terra é transferido para o edifício, e este processo é invertido no verão. Como a electricidade está sendo usada apenas para mover o calor em vez de o gerar, a GHP é mais eficiente e rentável do que os métodos tradicionais de controlo da temperatura.

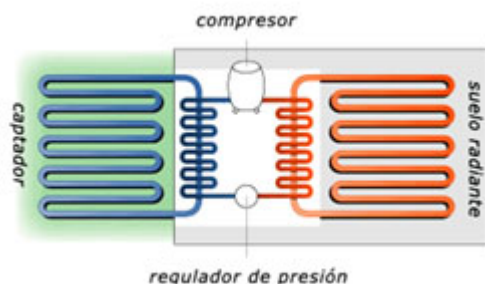


Figura 6. Bomba de Calor Geotérmico (GHP) (Fonte - <http://www.isempa.com>)

### 2.3. Gerando electricidade com a energia geotérmica

As centrais eléctricas drenam vapor ou água muito quente de poços perfurados de reservatórios geotérmicos que estão pelo menos a 1,5 km abaixo da superfície. Actualmente existem três tipos diferentes de energia geotérmica em funcionamento comercial.



---

### 2.3.1. Plantas secas pelo vapor

O vapor é canalizado directamente de um reservatório de energia geotérmica para ligar a turbina ao gerador na superfície. Nota-se que o vapor seco é um recurso de alto grau mas relativamente raro. Por exemplo, nos EUA só existe uma área onde o vapor seco está disponível para uso comercial, sendo este o campo de ‘Geysers’ no norte da Califórnia. (Fonte - <http://www.portalsaofrancisco.com.br>)

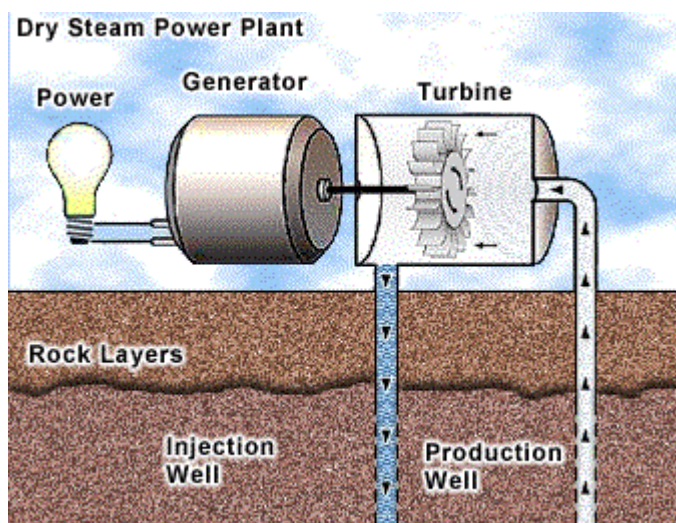


Figura 7. Esquema de funcionamento (Fonte - <http://www.g-sat.net/geotermica-biomassa-2417>)

### 2.3.2. Plantas vaporizadas

Estes são os tipos mais comuns de energia geotérmica por plantas. Eles absorvem água super aquecida, de pelo menos 182 graus C (360 graus F) de um reservatório bem fundo onde a água está sob alta pressão. A pressão previne a água de se tornar vapor, embora esteja mais quente do que o normal ponto de ebulição.



---

### 2.3.3. Ciclo de plantas binário

Neste ciclo a temperatura da água está na faixa de 107 e 182 graus C (ou 225 a 360 F). Isto não é suficientemente quente para a água se transformar em vapor mas o calor pode ser usado para ferver um fluido secundário. O fluido secundário tem um ponto de ebulição muito mais baixo do que o da água e normalmente é um composto orgânico como isopentano e isobutano. A água geotérmica é canalizada junto com o fluido secundário, em um permutador de calor, aquecendo o fluido secundário e tornando-se vapor, que é então utilizado para accionar as turbinas. (Fonte - <http://www.g-sat.net/geotermica-biomassa-2417>)

A água é injectada de volta ao solo para ser reaquecida enquanto o líquido secundário é recompensado em um líquido para ser reutilizado. Não existem emissões causando poluição do ar desse tipo de energia.

## 2.4. Uso de energia geotérmica

Em 1999, a capacidade instalada total de electricidade produzida a partir da energia geotérmica em todo o mundo foi de pouco mais de 8000 mega watts (MW). Isso equivale a cerca de um quarto de um por cento do total da capacidade de geração de electricidade instalada no mundo.

Os EUA respondem por pouco mais de um terço da capacidade mundial instalada geotérmica. A partir de 1998, os EUA tinham uma capacidade de cerca de 3000 MW. Dito de outra forma, aproximadamente 0,4% da electricidade produzida nos EUA anualmente provém de fontes geotérmicas. Tratar-se-ia de ter evitado a queima de 60 milhões de barris de petróleo para produzir a mesma quantidade de electricidade.

As maiores centrais de energia geotérmica em todo o mundo estão localizadas na área dos Géisers, no norte da Califórnia, EUA. A produção começou aqui em 1960 e mesmo que a pressão do vapor e consequentemente da produção de electricidade tenham diminuído desde 1989, os campos ainda tinham uma capacidade de cerca de 1100 mega watts em 1998.

---

Das tecnologias de energias renováveis, a geotérmica é a terceira mais popular, depois de hidroeletricidade e da biomassa. Embora o potencial da energia geotérmica esteja praticamente ilimitado, ele irá exigir progressos significativos nos métodos de engenharia e tecnologia antes que seja possível lhes ter acesso em pleno.

O uso directo de energia geotérmica para aquecimento e outros propósitos fornecem o equivalente a quase 10000 mega watts térmicos, em todo o mundo em 1998.

## 2.5. Os benefícios da energia geotérmica



Figura 8. Geysers (Fonte - <http://www.ruadireita.com/energias-renovaveis/info/energia-geotermica/>)

□ Limpa - Emite vapor de água e não emitem gases. Eles também conservam os combustíveis fósseis não renováveis e compensam as emissões de dióxido de carbono que teriam sido produzidos por uma fábrica de produção da energia convencional uma quantidade equivalente de electricidade.

- 
- Ocupação de terreno – A central geotérmica exige apenas uma média de 400 metros quadrados de terreno.
  - Confiável - centrais de energia geotérmica pode operar 24 horas por dia e não são afectados da mesma maneira que a energia solar ou eólica plantas pode ser alimentada por mau tempo.
  - Económica – Existe uma necessidade menor da importação de óleo ou outros combustíveis fósseis para gerar electricidade quando se tem energia geotérmica à disposição e a própria tecnologia pode ser vendida para outros países.
  - Remotas - Centrais de energia podem ser instaladas em áreas remotas e, portanto, levar electricidade para pessoas que estão longe dos centros populacionais. Isto é particularmente útil para as pessoas em países em desenvolvimento.

## **2.6. As desvantagens potenciais de energia geotérmica**

- Área específica – Reservatórios geotérmicos utilizáveis só podem ser encontradas em certas áreas. Os lugares disponíveis podem ser em áreas protegidas silvestres como o Parque Nacional de Yellowstone nos EUA ou podem ser distantes das áreas de demanda de consumidores.
- Depleção – Reservatórios geotérmicos podem ser esgotados quando a quantidade de vapor ou água retirada é maior do que pode ser recarregado ou artificialmente re-injetado. Uma vez que está completamente esgotado, o reservatório geotérmico pode levar séculos para se recarregar.
- Emissões de ar – Pode ter sulfureto de hidrogénio, dióxido de carbono ou outras emissões tóxicas, principalmente a partir de plantas secas a vapor.

---

□ Lixo – Com algumas plantas, sólidos e resíduos tóxicos podem ser trazidos à superfície com a água geotérmica. Pode haver dificuldade de escoamento dos resíduos e ele também pode danificar a própria unidade.

(Fonte - <http://energiaecologia304.blogspot.com>)

## **2.7. O custo da produção de electricidade a partir da energia geotérmica**

Actualmente, o custo da geração de electricidade varia de 5 a 8 centavos de Dólar americanos por quilowatt/hora (kWh), a comparar com 1.5 centavos americanos por kWh de energia convencional. Centrais de energia geotérmica recentes são muitas vezes mais caras porque são obrigadas a utilizar reservatórios geotérmicos que são mais profundos e/ou mais frios que os recursos utilizados anteriormente por plantas anteriores. Mais e mais poços profundos têm que ser perfurados para produzir a quantidade equivalente de electricidade das antigas centrais eléctricas. (Fonte - <http://bcdjmenenergia.blogspot.com/>)

## **2.8. O futuro para a energia geotérmica**

Existem recursos de rocha quente e seca em todos os lugares ao longo de todo o mundo a uma profundidade de 5 a 10 km. O futuro da energia geotérmica reside em ser capaz de chegar a esses recursos. Isso seria realizado pela perfuração de poços nas rochas em dois locais, injectando água fria num poço antes de circulá-la pela rocha e retirando a água agora aquecida do segundo poço. Isto exigiria um processo de manter a rocha mais porosa.

Há também sugestões de um dia retirar energia directamente da rocha fundida que existe em baixo da crosta da Terra. O aprofundamento de pesquisas e desenvolvimento é obviamente necessário antes que isto possa se tornar realidade, mas quando acontecer, iremos ter acesso à energia praticamente ilimitada.

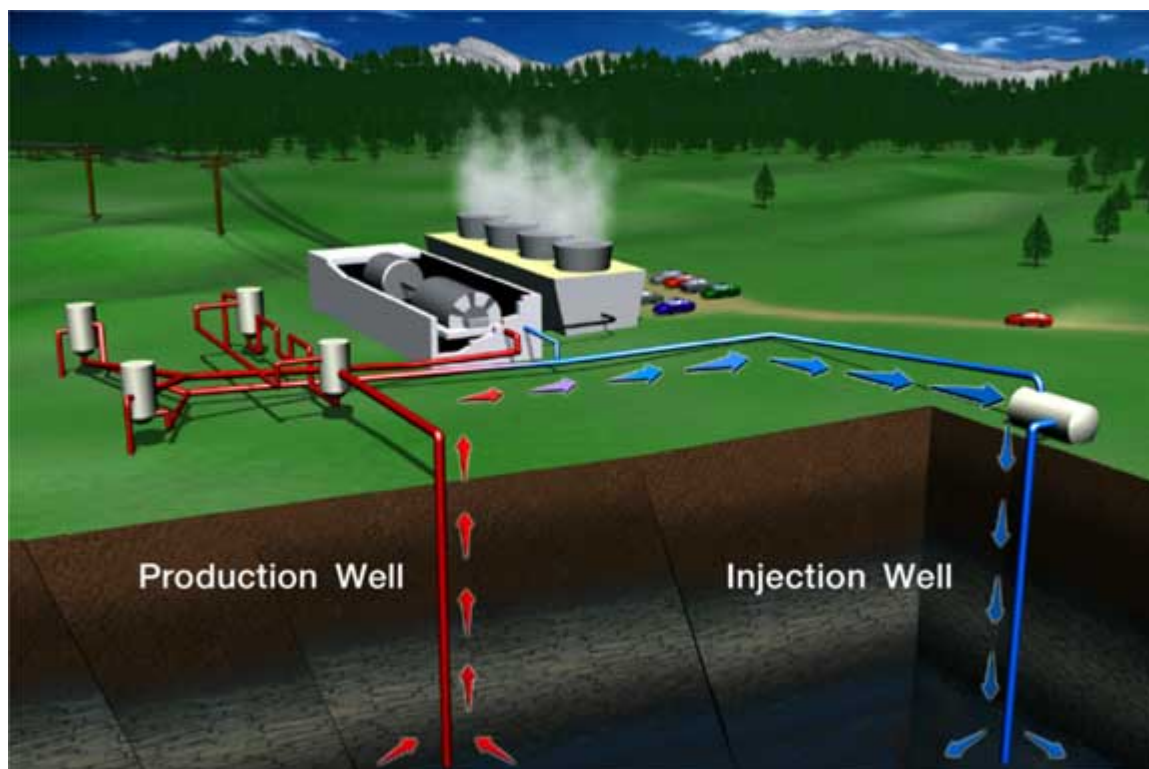


Figura 9. Geotermia (Fonte - <http://camieea.wordpress.com/2010/12/21/energia-geotermica-introducao>)

---

## 3. A GEOTERMIA NA EUROPA

### 3.1. Alemanha

O subsolo do sul da Alemanha guarda uma gigantesca reserva de calor. "Trata-se da maior área contínua de águas termais da Europa. É como se fosse uma esponja, Impregnada com um volume de água comparável ao do Lago de Constança [48 Quilómetros cúbicos], que a 3.500 metros de profundidade atinge 80°C a 150°C", explica Christian Schönwiesner-Bozkurt, coordenador do projecto de geotermia de Unterhaching.

Explorar essa fonte de energia renovável é o que a câmara de Unterhaching está a fazer através do mais ambicioso projecto de geotermia da Alemanha. Além de abastecer a rede de calefação local – como já é feito em outras regiões do país – aqui o calor retirado da terra também será transformado em electricidade.

A ideia inicial era apenas abastecer as repartições públicas municipais com energia livre de emissões de CO<sub>2</sub>. Mas isso deu origem ao "principal projecto do início do terceiro milénio, para mostrar o que precisa ser feito na Alemanha em termos de protecção ao clima", explica o prefeito Erwin Knapek. "Optamos pela geotermia porque conhecíamos o tesouro existente no subsolo de Unterhaching." (Fonte – DW-WORLD.DE, 2007)

#### 3.1.1. Perfuração arriscada

Em 11 de Setembro de 2001, a Câmara Municipal de Unterhachinger deu sinal verde ao projecto, sem, no entanto, imaginar que a conquista do tesouro fosse durar tanto. Somente o planeamento e a perfuração dos poços levaram três anos.

"É que se trata de um projecto-piloto também em termos económicos, o que exigiu a criação de estruturas completamente novas", explica Schönwiesner-Bozkurt. Foi preciso criar, inclusive, uma empresa municipal, a Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG.

A câmara investiu até agora 70 milhões de euros, dos quais 16 milhões só para a construção e a manutenção da central. Para minimizar o risco, foi desenvolvido um seguro especial – inédito no mundo – para o caso de a perfuração não trazer o resultado esperado.

O risco de uma perfuração sem sucesso foi segurado por um apólice de 1,2 milhões de euros, o que acabou sendo desnecessário porque, em 24 de Setembro de 2004, a

---

perfuratriz esbarrou em água de 122 °C a 3.346 metros de profundidade, com uma vazão de 150 litros por segundo à superfície.

Hoje cerca de 140 clientes e aproximadamente 90 estações de transferência estão ligadas à rede de calefação baseada em energia geotérmica. Em médio prazo, deverão ser fornecidos 70 MW (mega watts). "Em cerca de 20 anos, os custos estarão amortizados", diz Knapek. (Fonte – DW-WORLD.DE, 2007)

### 3.1.2. Inovação Tecnológica

Espera-se que a central geotérmica de Unterhaching consolide o uso dessa energia renovável. Outras já existentes na Europa – algumas no Leste Alemão – em regra apenas transferem o calor da Terra para aquecimento das casas.

A central de Neustadt-Glewe, no estado de Mecklemburgo-Pomerânia Ocidental, até produz um pouco de electricidade (210 quilowatts). A turbina funciona a vapor pelo princípio ORC (Organic Rankine Cycle), considerado ineficiente pelos peritos. Devido à sua baixa temperatura (97°C), a água captada é usada para aquecer uma substância orgânica que evapora a temperaturas bem inferiores a 100° C.

Em Unterhaching a Siemens testa, pela primeira vez na Europa, o chamado sistema Kalina, inventado pelo russo Alex Kalina e pelo qual uma mistura de água com amoníaco é aquecida, evapora, e esse vapor vai para a turbina que acciona o gerador. "Esse processo aumenta a eficiência da geração de energia e pode se tornar um sucesso nas exportações alemãs", diz Schönwiesner-Bozkurt.

A central de Unterhaching, com capacidade para 3,4 MW, a população local poderá economizar 15% dos custos de calefação e ainda reduzir suas emissões de gases do efeito estufa. "Vamos economizar entre 30 mil e 40 mil toneladas de CO2 por ano, o que representa até dois terços dessas emissões no município", diz Knapek. (Fonte – DW-WORLD.DE, 2007)

---

### 3.1.3. Novo Eldorado

Pelo menos 25% das 20 mil casas em Unterhaching serão abastecidas com calor e electricidade "das profundezas da Terra". O projecto transformou a região num eldorado geotérmico. Segundo Schönwiesner-Bozkurt, já foram concedidas mais de 90 permissões para explorar a geotermia na Baviera, com investimentos previstos de até 4 bilhões de euros.

Também em Baden-Württemberg e na Renânia-Palatinado há projectos planeados ou em execução nesse sector, sob condições geológicas até melhores do que na Baviera. No fundo do vale do Alto Reno, a 2.500 metros de profundidade, a temperatura chega a 150°C, em 5.000 metros até 200°C. A única desvantagem é que a geologia nessa região não é tão homogénea como na Baviera. Por isso, os riscos da perfuração são mais imprevisíveis, diz Schönwiesner-Bozkurt.

Pesquisas indicam que a região dos Alpes, o Leste alemão e a Renânia-Palatinado têm as reservas de águas termais teoricamente mais rentáveis. Um estudo do Bundestag estimou o potencial total aproveitável de geotermia na Alemanha em 300 terra watt/hora, o que representaria cerca de metade da energia gerada no país. Só que gerar electricidade a partir da geotermia ainda é mais caro do que usar carvão ou gás nas centrais.

Enquanto os grandes investidores ainda hesitam em apostar em projectos de geotermia profunda, aumenta o uso da assim chamada geotermia de superfície (até 400 m de profundidade) na Alemanha. Em 2006, foram instalados sistemas de calefação geotérmicos em 24 mil casas, indústrias e repartições públicas, o dobro do que no ano anterior, informa a associação das empresas do sector (GtV-BV).

A entidade estima que, actualmente, mais de 100 mil desses sistemas estejam instalados no país, gerando mais de um giga watt de calor a partir de recursos geotérmicos. Isso alimenta o optimismo da câmara de Unterhaching: "A geotermia está avançando. Quanto mais caros se tornarem os combustíveis fósseis tanto mais a geotermia se transformará na energia básica para o aquecimento de nossas casas." (Fonte – DW-WORLD.DE, 2007)



---

## 3.2.Espanha

As galerias das minas subterrâneas que se estão a aproximar da exaustão das suas reservas minerais poderão ser aproveitadas para gerar energia geotérmica, fornecendo electricidade ou água quente para os municípios e propriedades rurais.

A conclusão é fruto de uma pesquisa feita por engenheiros da Universidade de Oviedo, na Espanha. (Fonte - publicado na revista *Renewable Energy*.)

### 3.2.1. Energia geotérmica de minas

No artigo, os pesquisadores descrevem uma técnica que permite estimar a quantidade de calor que pode ser extraída das galerias de uma mina abandonada típica.

"Uma forma de aproveitamento da energia geotérmica de baixa intensidade seria converter as galerias das minas em caldeiras geotérmicas". (Fonte - Rafael Rodríguez e María Belarmina Díaz autores do estudo no fórum da construção no IBDA)

A energia geotérmica consiste no aproveitamento do calor do interior da Terra para aquecimento da água e eventual geração de electricidade. Existem vários projectos ao redor do mundo que procuram extrair o calor das fontes termais. A utilização das minas subterrâneas abandonadas, contudo, está sendo explorada pela primeira vez na Espanha.

### 3.2.2. Calor do subsolo

Rodríguez e sua colega María Belarmina Díaz fizeram uma pesquisa que incluiu cálculos teóricos e experiencias práticas para calcular a quantidade de calor que pode ser extraído de uma galeria de uma mina.

Pesquisando minas ainda em actividade, os pesquisadores tiveram acesso a dados precisos sobre as propriedades e a temperatura das rochas, além da energia necessária para a ventilação das minas.

---

O estudo simula o aproveitamento geotérmico de uma galeria de dois quilómetros de comprimento situada a uma profundidade de 500 metros, o que é considerada uma galeria típica das minas da Espanha. O ganho de temperatura na água, que deve ser injectada por meio de encanamentos, é de cerca de cinco graus Célsius. (Fonte - Rafael Rodríguez e Maria Belarmina Díaz autores do estudo no fórum da construção no IBDA)

### 3.2.3. Caldeiras geotérmicas

Contudo, outra abordagem tida como mais promissora é a construção de caldeiras geotérmicas no interior da mina, onde as próprias galerias funcionariam como um sistema aberto de canalização, "mas sem nenhum risco de contaminação térmica do lençol freático". (Fonte - Rafael Rodríguez e María Belarmina Díaz autores do estudo no fórum da construção no IBDA)

Diferentemente de outras fontes renováveis de energia, a energia geotérmica tem a vantagem de ser independente das condições climáticas, podendo gerar energia continuamente. Outra vantagem, no caso da utilização das minas abandonadas, é a não utilização de novas áreas e a não geração de impactos ambientais.

### 3.2.4. Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na Espanha

Actualmente estão em execução dois principais instrumentos que visam fomentar o desenvolvimento da energia geotérmica. Estes dois instrumentos são o IDAE instrumento financeiro e da regulação dos preços.

#### **Instrumentos financeiros IDA**

<i>Espanha</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Dirigida nível nacional por IDAE (Instituto para a Diversificação e Poupança de Energia)</i></li><li>- <i>Alcance do Projecto... Heizung &amp; Kühlung &amp; Stromerzeugung</i></li><li>- <i>Esquema de Financiamento... Diversos sistemas: empréstimos, a participação em projectos</i></li><li>- <i>Fase do Projecto... Estudos de viabilidade e de investimento</i></li></ul>
----------------	---

Quem se pode candidatar	- Podem candidatar-se Investidores públicos e privados
Âmbito de financiamento	- Depende da negociação

Tabela 1. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

Para a produção de electricidade: O operador da electricidade gerada com a energia geotérmica pode ser apoiado com tarifas bonificadas ou com um bónus dependendo da capacidade da central geotérmica:

#### Capacidade da central

<i>Capacidade da central</i>		
<5 0 Mega Watts	50 < P < 100 Mega Watts	> 100 Mega Watts
Tarifas bonificadas Garantidas ou Bónus pagos em cima do preço derivados do mercado livre	Bónus para a produção de electricidade	Não elegível

Tabela 2. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

Características gerais: Tarifas:

- 90% TMR (variação das tarifas de referência este ano e no próximo ano) para os primeiros 20 anos 80% TMR para o restante.

- Bónus: 40% TMR

- Incentivos: 10% TMR

---

Tarifas reguladas: para os primeiros 20 anos 6.8900 c€/kWh; 6.5100 c€/kWh para o resto.

Bónus de Referência: para os primeiros 20 anos 3.8444 c€/kWh; 3.0600 c€/kWh para o resto.

O bónus de referência pode ser considerado como um bónus especial dedicado a cada projecto que é negociado durante os primeiros 15 anos de exploração

Nos últimos Planos de Energias Renováveis, não foi considerada a energia geotérmica. Actualmente são desenvolvidas na Espanha novas possibilidades de exploração geotérmica, o novo Plano de Energias Renováveis terá em conta a energia geotérmica como uma das mais interessantes fontes de energia para o futuro próximo.

Investigação: O Ministério da Ciência e Inovação propõe três instrumentos diferentes de projectos de I & D que pode ser usado para projectos de energia geotérmica (inovadores ou projectos-piloto), desenvolvidos por organizações públicas e privadas. Os instrumentos arrancam logo que os estudos de viabilidade começam.

- O Plano Nacional de I&D&I pode oferecer subsídios e / ou empréstimo com juros especiais, que pode suportar até 50% do projecto, dependendo da entidades sem montante máximo de apoio.

- A cooperação entre as empresas e as entidades científicas e tecnológicas para os projectos com elevado contributo das novas tecnologias e o desenvolvimento de novos processos (mínimo de 2 M€em 2009) podem ser apoiadas com subsídios para projectos estratégicos únicos no domínio da energia.

- As empresas privadas, em cooperação com organismos públicos, universidades, centros de investigação podem ser apoiadas com subsídios pelo programa CENIT para grandes programas de I&D.

A decisão sobre um desses instrumentos depende do convite à apresentação de propostas (objectivos, âmbito...) e da especificidade do projecto.

---

### 3.3. França

#### 3.3.1. Armazenamento em furos de baixa temperatura (BTES)

O sistema BTES (Borehole Thermal Energy Storage) consiste num número variado de furos fechados e espaçados, normalmente com 50 a 20m de profundidade. Estes furos são utilizados para trocar calor com o solo através de permutadores de calor enterrados (BHE), normalmente com a configuração de U, apesar de serem encontradas no mercado outras configurações.

Geralmente os furos são preenchidos com um material de preenchimento com boa capacidade térmica, para estabilizar e proteger o permutador de calor enterrado e o solo de possíveis fugas, apesar de este enchimento diminuir a eficiência térmica do furo.

#### 3.3.2. Armazenamento em furos de alta temperatura (HT BTES)

O conceito é similar ao BTES com a diferença de que a bomba de calor é substituída por colectores solares ou uma fonte de desperdício de calor. Tipicamente o calor é armazenado a uma temperatura de 70°C. Uma vez que há perdas de calor a temperatura diminui, tornando o que é aproveitado consideravelmente mais baixo. Contudo, as perdas de calor diminuem com o tamanho do local de armazenamento. Por este facto as aplicações mais eficientes terão perdas inferiores a 30%.

Na Europa existem apenas cerca de 10 aplicações deste tipo em funcionamento, estando a tecnologia, para fins comerciais, ainda num estado embrionário de desenvolvimento.

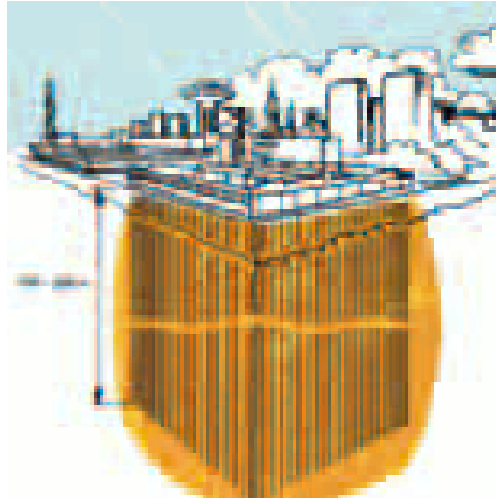


Figura 10. Princípio dos sistemas de HT BTES, neste caso com armazenamento de energia solar. (Fonte - IGEIA – Integration of geothermal energy into Industrial Applications)

### 3.3.3. Fontes Geotérmicas

Do ponto de vista da geotermia, toda a zona azul é favorável à aplicação de sistemas ATEs. Os sistemas BTES podem ser implementados em quase todas as outras zonas.

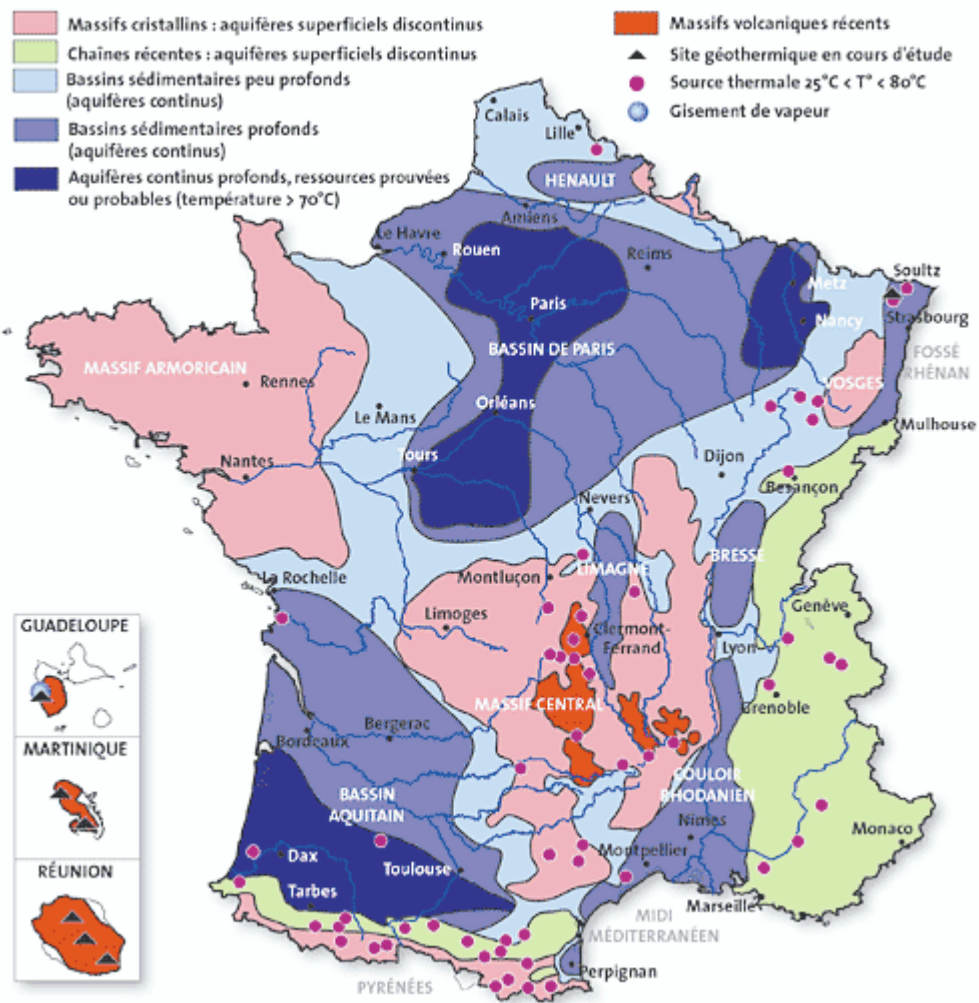


Figura 11. Bacias sedimentares em França (Fonte - BRGM)

---

## **4. EXEMPLOS PRÁTICOS DE RECURSOS, RETORNO E FINANCIAMENTOS NA UTILIZAÇÃO DA GEOTERMIA EM PAÍSES DA EUROPA**

### **4.1. Alemanha**

Situação Geográfica: Rhein-Main (Alemanha)

Sector Industrial: Transportes

Papel do sistema geotérmico: Aquecimento e arrefecimento

Tipo de Aplicação: Permutadores de calor enterrados

Profundidade dos furos: 100 m

Número de furos: 80

Capacidade geotérmica

Aquecimento: 330 kW

Arrefecimento: 300 kW

Custo de investimento: 680 000 euros

Poupança anual: 62 000 euros (consumo de electricidade)

Período de retorno simples: 11 anos (com preços de electricidade constantes e sem incentivos)

(Fonte - IGEIA – Integration of geothermal energy into Industrial Applications)

#### **4.1.1. Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na Alemanha**

A Alemanha oferece um conjunto amplo de instrumentos financeiros para projectos geotérmicos que são descritos de seguida. Renewable Energy Sources Act (EEG): O EEG regulamenta a ligação prioritária das instalações de produção de energia a partir de fontes de energia renováveis para a rede comum de fornecimento de electricidade e regulamenta as tarifas de aquisição. Cada operador de central que opera uma central de produção energética a partir de fontes de energia renováveis ou seja, geotermia) pode beneficiar destas tarifas. A electricidade produzida a partir de energia geotérmica é reembolsada:



---

- 16,0 €c / kWh para os primeiros 10 mega watts de produção;
- 10,5 €c / kWh para a produção acima dos 10 mega watts;
- O reembolso de electricidade aumenta em 4,0 €c / kWh para uma fábrica que começou a funcionar antes de 1 de Janeiro de 2016.

- O reembolso no caso da electricidade produzida em associação com o uso de calor aumenta em 3,0 €c / kWh (uso de calor bónus) para os primeiros 10 mega watts de saída, se pelo menos um quinto da capacidade disponível de calor estiver dissociado.

- O reembolso para a electricidade que é gerada através da utilização de técnicas petro-termicas aumenta em 4,0 €c / kWh (tecnologia bónus) para os primeiros 10 mega watts de produção.

Lei sobre a promoção das energias renováveis no sector do Aquecimento (EEWärmeG): A lei estabelece regras claras para os proprietários de imóveis recém-constituídos que deve cobrir uma parte da energia térmica com a procura de energias renováveis. Em vez de investir directamente em energias renováveis, o proprietário também cumpre a sua obrigação de utilizar energias renováveis, por medidas alternativas, tal como cobrindo a procura a energia térmica directamente a partir de um local ou rede de aquecimento urbano se uma parte substancial do aquecimento for proveniente de energias renováveis. Isso define novas possibilidades também para redes de aquecimento fornecido pelas fontes de calor de energia geotérmica.

Programa de Incentivo ao Mercado: Com base na “Directiva para o financiamento das acções para o uso das fontes de energia renováveis no mercado do aquecimento “ a partir de 20 Fev. 2009 vários instrumentos financeiros para projectos de geotermia de profundidade foram desenvolvidos pelo BMU (Ministério Federal do Ambiente, Natureza Conservação e Segurança Nuclear). Os instrumentos incluem financiamento para perfurações, para redução dos riscos na perfuração fases, concepção e construção de plantas, bem como para redes de aquecimento. O KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau - Banking Group) oferece empréstimos em combinação com o resgate de subvenções. O principal instrumento é o “Programa de promoção das energias renováveis”.

### Programa para Promover Energias Renováveis

Alemanha	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gerido a nível nacional por KfW Bankengruppe</li> <li>- Âmbito do Projecto Foco na produção de calor</li> <li>- Esquema de Financiamento - Empréstimo com juros baixos com resgate de subsídios para projectos de energias renováveis.</li> <li>- Fase do Projecto <i>Erschließungsbohrungen (Wärmeerzeugung), Anlagenbau (Wärmeerzeugung) und den Bau von Infrastruktur (Wärmenetze)</i></li> </ul>
Quem se pode candidatar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Municípios, empresas municipais legalmente dependentes, associações para fins especiais</li> <li>- Pequenas e médias empresas (PME)</li> <li>- Grandes empresas nos casos de elegibilidade de financiamentos especiais</li> <li>- As empresas que são propriedade de participação maioritária de municípios que estejam abaixo dos critérios das PME</li> <li>- Os particulares e fundações privadas que usam a energia produzida exclusivamente para satisfazer as suas próprias necessidades</li> </ul>
Âmbito de financiamento	<p>A participação financeira é de até 100% dos custos elegíveis do investimento líquido. Um montante máximo de empréstimo de geralmente 10 milhões de euros por projecto pode ser concedido pelo KfW. Resgate de subsídios de um valor de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Um máximo de 2 milhões de € para o financiamento de centrais,</li> <li>- Um máximo de 5 milhões de € para financiamento de custos de perfuração (para um gibão)</li> <li>- Um máximo de 2,5 milhões de € para despesas adicionais para perfuração profunda (para um gibão)</li> <li>- Um máximo de 1,5 milhões de € para redes de aquecimento.</li> <li>- a maximum of 5 Mio € for drilling cost funding (for one doublet)</li> <li>- a maximum of 2.5 Mio € for additional expenses for deep drilling (for one doublet)</li> </ul>
Breve descrição adicional	<p>O programa é dividido em duas partes, a parte “standard” (empréstimo) e a parte “premium” (empréstimo com reembolso de</p>

	subsídio). Para operações geotérmicas em grande profundidade a parte “premium” do programa é aplicável.
--	---

Tabela 3. Programa para promover energias renováveis. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

## 4.2. França

Situação Geográfica: Ile-de-France

Sector Industrial: farmacêutica

Papel do sistema geotérmico: Pré-aquecimento de produtos químicos antes da destilação/arrefecimento

Tipo de Aplicação: ATES

Profundidade dos furos: 40 m

Número de furos: 2

Caudal de água: 30 m<sup>3</sup>/h

Capacidade geotérmica

Aquecimento: 220 kW

Arrefecimento: 980 kW

Custos de investimento: 245 000 euros

Poupança anual: 80 800 euros (consumos de água e electricidade)

Período de retorno simples: 3 anos (com preços de energia constantes e sem incentivos)

(Fonte: IGEIA – Integration of geothermal energy into Industrial Applications)

### 4.2.1. Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na França

A nova política energética francesa é impulsionada pela “Grenelle de l’environnement”. Esta mesa redonda, reunindo representantes civis e de serviço público, foi lançada a fim de definir os pontos-chave do governo francês sobre a política ambiental e de desenvolvimento sustentável para os próximos anos. Os resultados da discussão são implementados em legislação e acções concretas. Estes definem novos mecanismos financeiros para aumentar o investimento em energias renováveis e, consequentemente, para a energia geotérmica e estão concluindo o sistema de incentivos fiscais.

---

Incentivos governamentais: O Governo francês apresenta incentivos para projectos de energias renováveis:

- Para aumentar a produção de electricidade a partir de fontes renováveis, a lei francesa obriga o operador de rede eléctrica a comprar electricidade a partir de fontes renováveis a um preço fixo. As chamadas tarifas de aquisição têm sido aumentadas desde 2006. Para a produção de energia geotérmica com contratos assinados desde essa data, a tarifa é fixada em 12 € c / kWh (um bónus entre 0 e 3 € c / kWh, kWh podem ser adicionados se o calor produzido também for utilizado) para centrais metropolitanas (suposto ser ciclos binários) e de 10 € c / kWh para as centrais localizadas no exterior (com o mesmo prémio). Estes valores são para o ano de 2006.

- Para reduzir o preço das energias renováveis, o governo francês reduziu a taxa de IVA para o aquecimento urbano com fontes de produção renováveis. A taxa reduzida de IVA é aplicável a aquecimento renovável, incluindo a energia geotérmica para as duas partes (ligação e energia) dos contratos do utilizador final. A taxa de IVA do consumo de energia diminuiu de 19,6% para 5,5%, se uma média de mais de 60% (50% até ao final de 2009) da energia provier de fontes de energia renováveis.

Subsídios: A Agência Francesa de Gestão do Ambiente e da Energia (ADEME) oferece subsídios especiais para a energia geotérmica, a nível nacional, mas em geral a nível regional (em algumas regiões assistidas pelo Conselho Regional). Estas subvenções estão financiando estudos de viabilidade e investimentos para projectos geotérmicos.

#### **Subsídios da ADEME para estudos de viabilidade**

<i>França</i>	<i>- Dirigida nível nacional e regional por ADEME - Âmbito do projecto - Aquecimento &amp; Electricidade &amp; Cogeração - Esquema de financiamento - Subsídios - Fase do Projecto - Estudos de viabilidade</i>
Quem se pode candidatar	- Operadores públicos e privados podem candidatar-se
Âmbito de financiamento	- Estudos de viabilidade para projectos geotérmicos podem ser concedidos até 50% do custo do estudo, limitado a 300 000 € para a energia geotérmica profunda. Uma subvenção específica pode ser adicionada a um consultor auxiliando o proprietário do projecto

	(30% da soma, limitado a 100 000 €).
--	--------------------------------------

Tabela 4. Subsídios. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

<b>Fond Chaleur (Fundo de aquecimento)</b>	
<i>França</i>	- <i>Dirigida nível nacional e regional por Ministério da Ecologia, Energia, Desenvolvimento Sustentável e Ordenamento do Território (MEEDDAT), Agência Francesa de Gestão do Ambiente e da Energia (ADEME) e Ministério da Agricultura e Pescas (MAP).</i> - Esquema de Financiamento - Subsídios - Âmbito do Projecto - Produção de calor - Fase do Projecto - Investimento
Quem se pode candidatar	- Operadores públicos e privados podem candidatar-se
Âmbito de financiamento	- A taxa de subsídio é calculada da seguinte forma: o montante deve providenciar que o calor seja vendido, pelo menos, 5% mais barato do que se usar energias fósseis (gás sendo normalmente a referência). Todos os projectos serão estudados caso a caso. A verba anual depende da produção real.
Breve descrição adicional	- Para o período 2009-2011 são dedicados 960 Milhões € a este Fundo (para todas as renováveis) pelo direito francês das Finanças para 2009-2011. Foi concebido para atingir gradualmente 800 milhões € / ano. Este Fundo também considera um sistema específico para a rede de aquecimento urbano.

Tabela 5. Fundo. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

Participar no capital social: Algumas instituições financeiras investiram e poderia investir em energia geotérmica, como a Caixa de Depósitos. A Caixa de Depósitos é uma instituição financeira pública que realiza missões de interesse público, em nome dos

---

governos central, regionais e local da França. Está só investir em capital social e principalmente nas empresas semi-públicas (“Sociétés d’Economie Mixte” ao abrigo do direito francês) lidando com a produção de calor para o aquecimento urbano. Outras instituições privadas também estão dispostas a emprestar dinheiro para projectos de energia geotérmica, mas não são propostos instrumentos específicos para a energia geotérmica. Mencionemos que alguns fundos privados tenham sido criados para as energias renováveis, como Eurofideme 2, da Natixis Environnement & Infrastructures ou Demeter & Partners.

### **4.3.Suécia**

Situação geográfica: Kalmar, Småland

Empresa: Atlas Copco

Sector Industrial: Indústria de manufactura

Papel do sistema geotérmico: Arrefecimento de processos industriais (fornos)

Tipo de Aplicação: ATES

Profundidade dos furos: 50 m

Número de Furos: 5

Caudal de água: 36 m<sup>3</sup>/h

Capacidade geotérmica

Arrefecimento: 1 000 kW (800 fornos; 200 AC)

Aquecimento: 300 kW (pré-aquecimento da ventilação)

Poupança energética anual: 520 MWh eléctricos (Arrefecimento) 200 MWh “district heating”

Custos de Investimento: 60 000 euros (investimento adicional em comparação com o convencional)

Poupança anual: Aproximadamente 45 000 euros

Período de retorno: 1,3 anos (preços constantes de energia e sem incentivos)

(Fonte - IGEIA – Integration of geothermal energy into Industrial Applications)

### **4.4.Estónia**

Situação Geográfica: Centro comercial, Paide, Estónia

---

Sector Industrial: Centro comercial

Papel do sistema geotérmico: Aquecimento do edifício

Tipo de Aplicação: BTES

Profundidade dos furos: 90 m

Número de furos: 10 (usados parcialmente)

Capacidade geotérmica

Aquecimento: 80 kW

Arrefecimento: 100 kW (armazenamento de calor no condensador)

Custos de investimento: 50 000 euros

Poupança anual: 10 000 euros (consumo de electricidade)

Período de retorno simples: 5 anos

(Fonte - IGEIA – Integration of geothermal energy into Industrial Applications)

#### **4.5. Portugal**

Como já foi dito, em Portugal não existe nenhuma aplicação, apenas alguns estudos teóricos, utilizando um software específico para o estudo do período de retorno em alguns exemplos de aplicação.

Situação Geográfica: Lisboa

Papel do sistema geotérmico: aclimatização

Tipo de aplicação: GSHP

Profundidade dos furos: 1 285 m

Capacidade geotérmica

Aquecimento: 82.8 kW

Arrefecimento: 89.7 kW

Custos de investimento: 52 900 euros (equipamento e furos)

Poupança anual: 9 824 euros

Períodos de retorno simples: 5 anos (com preços constantes de energia e sem incentivos)

(Fonte - IGEIA – Integration of geothermal energy into Industrial Applications)

---

#### 4.5.1. Sensibilização e Financiamento para a Geotermia em Portugal

Incentivos Governamentais: O Governo Português introduziu um esquema simplificado para aplicação de energias renováveis para produção de electricidade.

O instrumento de financiamento principal é o pagamento de tarifas bonificadas com a obrigação da compra pela rede, que é calculada por uma fórmula baseada em diversos factores como a potência de injeção e a capacidade do sistema. O pagamento é garantido para 15 anos.

O IVA reduzido (12%) é aplicado para a aquisição de novos equipamentos, como máquinas e outros equipamentos desenvolvidos para energia geotérmica.

Novos equipamentos são também dedutíveis em taxas (irs) em 30 % com o limite de €796 do investimento total.

Novos equipamentos para a produção de energias renováveis, equipamentos para a produção de electricidade e energia térmica (cogeração) por microturbinas, com a potência máxima de 100 kW, a gás natural, incluindo equipamentos adicionais indispensáveis para a própria operação.

Subvenções através de Programas Regionais: Os incentivos principais em Portugal são subvenções provenientes de instituições regionais. Os apoios, não apenas dedicados a projectos de energia geotérmica, são os mesmos para todas as regiões, mas as condições variam de região para região. Globalmente:

- Entidades públicas e privadas podem aplicar estes fundos.
- Principalmente dedicados a projectos-piloto e mais particularmente projectos públicos ou de reconhecido interesse público.
- Subvenções podem cobrir até 85% do investimento total do projecto para produção de calor, electricidade e cogeração.

<i>Programa regional</i>	<i>Gerido por:</i>
Programa Operacional de Valorização do Potencial Económico e Coesão Territorial da R.A. da Madeira (INTERVIR+)	Instituto de Desenvolvimento Regional (IDR).
Programa Operacional Regional de Lisboa	Comissão de Coordenação e



2007 - 2013	Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo.
Programa Operacional Regional de Alentejo 2007 - 2013	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo.
Programa Operacional Regional de Algarve 2007 - 2013	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve.
Programa Operacional do Centro 2007 - 2013	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro.
Programa Operacional do Norte 2007 - 2013	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte.
Proconvergência – Programa Operacional dos Açores para a Convergência	Direcção Regional do Planeamento e Fundos Estruturais.

Tabela 6. Programa regional. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

## 4.6. Grécia

### 4.6.1. Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na Grécia

Incentivos Governamentais: A lei de promoção das fontes de energia renovável (lei 3468/2006) define regimes bonificados para a produção de electricidade a partir de energia geotérmica. Num sistema eléctrico interligado, o preço de venda de electricidade é de 7.3 c€/kWh e no sistema eléctrico não interligado das ilhas é de 8.46 c€/kWh. Ambas as tarifas serão alteradas durante 2009.

Nota: Uma modificação da lei geotérmica da Grécia (lei 3175/2003) deve assegurar condições para o financiamento de projectos geotérmicos (aquecimento e arrefecimento usando energia geotérmica, bombas de calor geotérmicas). Posteriormente será possível com um despacho governamental conjunto (Ministro da Economia e Ministro do Desenvolvimento) para definir instrumentos financeiros detalhados como subvenções,

reduções de taxas (incluindo IVA), financiamentos favoráveis, etc. Para utilização e aplicações geotérmicas.

Neste momento, o instrumento principal que pode ser usado (excepto FIT) é: Lei para incentivos a investimentos privados para o desenvolvimento económico e convergência regional: A lei 3299/2004, “Lei para incentivos a investimentos privados para o desenvolvimento económico e convergência regional” é o instrumento de financiamento principal para o desenvolvimento da energia geotérmica em todos os seus usos.

**“Incentivos a investimentos privados para o desenvolvimento económico e convergência regional”**

Âmbito Geográfico	<i>Grécia e outros países onde as pequenas e medias empresas gregas (SME) investem.</i>
Gerido a nível nacional por:	Ministério da Economia Finanças Regionais e Ministério do Desenvolvimento
Âmbito do projecto	- Aquecimento, electricidade e co-geração - Actividades de negócio relacionadas com a energia geotérmica que se enquadrem as provisões de incentivos estão especificadas na lei.
Quem pode candidatar-se	- Empresas privadas.

Tabela 7. Incentivos. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

Baseado nesta lei o governo apoia o planos de investimento segundo as seguintes condições:

<i>Esquema de Financiamto</i>	<i>Subvenções para investimento</i>	<i>Fundos leasing</i>	<i>Redução de impostos em ganhos não distribuídos</i>	<i>Subvenção salarial</i>
Fase de Projecto	Projecto e construção	Investimento em novos equipamentos mecânicos	Operação e manutenção	Operação e manutenção
Âmbito do apoio	O montante do Apoio financeiro é Calculado com base	O montante do apoio financeiro é calculado com base na região	Para Planos de investimento, os juros de empréstimos são	O montante deste apoio financeiro é calculado com

	na região geográfica e do custo de investimento. A percentagem máxima das subvenções em combinação com outros apoios financeiros não deve exceder 55% do custo total do investimento.	geográfica e do custo de investimento. A percentagem do investidor da própria participação em investimentos que estão incluídos nas subvenções e / ou leasing não pode ser inferior a 25% do custo subsidiado.	oferecidos de acordo com a zona e a categoria, entre 50% até 100%	base na região geográfica e do custo de investimento. Subsídio de remuneração para o emprego criado varia de 10% para 40%. Outras subvenções pode ser dada a empresas muito pequenas.
Descrição adicional	Este apoio financeiro é disponibilizado segundo termos e condições que constam da lei de incentivo ao investimento.	Fundos leasing cobrem parte dos custos de instalação pelo governo, através de leasing acordado para o uso de novos equipamentos.	O subsídio é efectivo para os primeiros 10 (dez) anos de funcionamento. É criado através de uma isenção fiscal de reserva. Relativamente aos investimentos que estão incluídos na isenção fiscal, pelo menos, 25% dos custos devem ser cobertos pela participação financeira do investidor, quer através de fundos próprios ou de empréstimo, desde que nenhum subsídio estatal assegure esta Parte	Postos de trabalho relacionados com o investimento são considerados novos quando são criados para apoiar os investimentos nos primeiros três anos e início da operação produtiva.

Tabela 8. Condições. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

## 4.7. Itália

### 4.7.1. Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na Itália

Os Recursos Geotérmica na Itália são utilizados principalmente para a produção de electricidade. A electricidade gerada a partir de fontes de energia geotérmica é promovida principalmente através de um sistema de quotas. Este sistema obriga todos os produtores e importadores de electricidade a gerar uma certa quota de energia eléctrica proveniente de fontes renováveis. Se isso não for possível, os produtores e importadores têm de adquirir uma certa quantidade de certificados verdes. Todas essas empresas que importem ou produzam mais de 100 GWh de electricidade são obrigadas a satisfazer a quota nacional.

### Sistema de Cotas (Certificado Verde)

<i>Itália</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Dirigida nível nacional GME (Gestore do Mercado Eléctrico)</i></li> <li>- <i>Âmbito do Projecto - Produção de Electricidade e Cogeração</i></li> <li>- <i>Esquema de Financiamento - Certificados Verdes</i></li> <li>- <i>Fase do Projecto - Operação e Manutenção</i></li> </ul>
Quem se pode candidatar	- Os operadores privados e públicos que são obrigados a gerar uma quota de electricidade renovável
Âmbito de financiamento	<p>- O montante das cotas depende do período de obrigação. Por exemplo, centrais que têm estado operacionais desde 2008 recebem um número de certificados, que iguala a sua produção líquida multiplicada por 0,9.</p> <p>Como consequência, o valor do kWh gerado a partir de fontes renováveis é a soma do preço base da energia mais o valor de mercado dos certificados verdes (este último é limitado aos primeiros oito anos de operação da central). Em 2007, este mecanismo levou a um preço médio de mercado de 1,3 €c €/ kWh para os certificados verdes, a ser adicionado ao preço médio de venda de electricidade, que era cerca de 7 €c / kWh.</p>

Tabela 9. Sistema de cotas. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

Como alternativa, as pequenas centrais e tecnologias caras podem fazer uso de diversos tipos de regulamentação de preços, o que poderia ser mais custo-eficiente que a participação no sistema de certificação. A regulamentação de preços fornece mecanismos como tarifas bonificadas. As tarifas bonificadas destinam-se a promover pequenos sistemas. Sistemas gerando menos de 1MW podem escolher tarifas bonificadas. O pagamento depende da rentabilidade do sistema, para a energia geotérmica, o montante é fixado em 20 €c / kWh e o período de garantia é fixado em 15 anos.

Para a produção de calor e para a utilização em instalações de aquecimento urbano, existe uma contribuição em forma de um crédito fiscal para os investidores. Estas

subvenções representam cerca de 21 €/ kW para os custos de capital e cerca de 0,0258 €/ kWh em operação de produção anual.

## 4.8. Islândia

### 4.8.1. Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na Islândia

O Fundo Nacional de Energia foi criado pela fusão do antigo Fundo de Electricidade e do Fundo Geotérmico em 1967 e é actualmente o principal instrumento para apoiar projectos de energia geotérmica.

#### Fundo Nacional de Energia

<i>Islândia</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Dirigida nível nacional Autoridade Nacional de Energia</i></li> <li>- <i>Âmbito do Projecto - Aquecimento</i></li> <li>- <i>Esquema de Financiamento - Empréstimo</i></li> <li>- <i>Fase do Projecto - Exploração</i></li> </ul>
Quem se pode candidatar	- Operadores públicos e privados de centrais de energia geotérmica (apenas instituições islandesas, uma vez que é exigido por lei que só pessoas jurídicas islandesas possam ter o direito à produção de energia geotérmica)
Âmbito de financiamento	- O empréstimo do Fundo Nacional de Energia será no máximo 60% dos custos aprovados do Fundo. A taxa de juro dos empréstimos do Fundo Nacional de Energia é de 6%.

#### Fundo Nacional de Energia

<i>Islândia</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Dirigida nível nacional Autoridade Nacional de Energia</i></li> <li>- <i>Âmbito do Projecto - Aquecimento e Electricidade e Cogeração</i></li> <li>- <i>Esquema de Financiamento - subsídio</i></li> <li>- <i>Fase do Projecto - Exploração</i></li> </ul>
Quem se pode candidatar	- Operadores públicos e privados de centrais geotérmicas (apenas instituições islandesas, uma vez que é regulado por lei que só as pessoas jurídicas possam ter o direito à produção de energia geotérmica)

Âmbito de financiamento	- A subvenção do Fundo Nacional de Energia não deve exceder 50% dos custos estimados de cada projecto.
<b>Fundo Nacional de Energia</b>	
<i>Islândia</i>	- <i>Dirigida nível nacional Autoridade Nacional de Energia</i> - <i>Âmbito do Projecto - Aquecimento e Electricidade e Cogeração</i> - <i>Esquema de Financiamento - Empréstimo</i> - <i>Fase do Projecto - Exploração</i>
Quem se pode candidatar	- Operadores públicos e privados de centrais geotérmicas (apenas instituições islandesas, uma vez que é regulado por lei que só as pessoas jurídicas possam ter o direito à produção de energia geotérmica.

Tabela 10. Fundo nacional de energia. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

Observação: Glitnir, o banco da Islândia, propôs um veículo híbrido de financiamento para suavizar as barreiras de financiamento, sob o nome de Empréstimo de Verificação de Recursos, o qual financia projectos na sua fase.

## 4.9. Eslováquia

### 4.9.1. Sensibilização e Financiamento para a Geotermia na Eslováquia

Incentivos governamentais: Lançados vários instrumentos para promover energias renováveis:

Tarifas bonificadas: As tarifas bonificadas foram instaladas para apoiar a produção de electricidade. Para beneficiar desta obrigação de compra, a capacidade da central deverá ser superior a 5 MW. Se a fábrica recebe um investimento concedido pelo Estado ou pela União, o montante do pagamento diminui. Decreto de RONI de 28 jul 2008 n.º 2/2008, que estabelece a regulamentação dos preços no sector eléctrico para a energia geotérmica, que é definido para 5 900 Sk/MWh (corresponde a 19,584 €/kWh, a partir de 1 de janeiro de 2009). Este preço é fixo para os próximos 12 anos após iniciar a operação. No entanto, se a

instalação (ou renovação) do equipamento geotérmico foi apoiada pelo Governo ou por fundos da UE, o preço fixo é reduzido, em conformidade com a seguinte tabela:

**Apoios do governo ou EU para partilhar custos de aquisição [%]**

Até 30	4
Até 40	8
Até 50	12
Mais de 50	16
Plus de 50	16

Tabela 11. Apoios. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

Nota: Actualmente, existe um “Projecto de lei sobre apoio às energias renováveis” que aguarda a aprovação no Parlamento eslovaco, aguardando-se a sua vigência a partir de 1 de Janeiro de 2010. No Projecto de Lei a redução de preço fixo é definido por método diferente. Há uma sugestão para a a redução do período de preço fixo garantido.

Redução de impostos: Na Eslováquia, a electricidade está sujeita a um imposto sobre o consumo, excepto se for produzida por energias renováveis. A energia geotérmica apresenta isenção do imposto sobre o consumo. O montante do imposto é calculado com base no valor das tarifas de electricidade.

Os operadores geotérmicos podem obter subsídios através do Fundo Social Europeu, através de convites que lhes são propostos.

**Programa Operacional para a competitividade e crescimento económico**

O espaço de convergência da Eslováquia engloba certas regiões no centro, este e oeste do país	- Dirigida nível nacional pelo Ministério da Economia. A Agência de Energia da Eslováquia é o interlocutor do financiamento. - Âmbito do Projecto - Produção de electricidade e produção de calor para aquecimento de espaços e água. - Esquema de Financiamento - subsídio - Fase do Projecto – Fase de investimento
Quem se pode	- Pequenas e medias empresas

candidatar	
Âmbito de financiamento	- O subsídio varia de 20 k€ a 200 k€ para pequenos projectos e de 60k€ a 5m€ para projectos maiores. Não deve exceder 40% do custo elegível do projecto para a região de Bratislava ou 50% dos custos elegíveis do projecto para outras regiões da Eslováquia. Por exemplo, um projecto geotérmico (exploração da energia geotérmica em Bardonov) foi apoiado pelo somatório aprox. 3,9 Milhões €
Descrição adicional	- Os fundos são parte dos fundos atribuídos pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), os subsídios atribuídos através de convites para a aplicação.

Tabela 12. Programa. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias)

#### 4.10. Bulgária

O Governo búlgaro concede incentivos para promover o investimento em projectos geotérmicos. As medidas tomadas são as seguintes:

- A redução das taxas alfandegárias nos produtos importados
- A livre utilização dos poços existentes
- A redução do Imposto sobre o Valor Acrescentado (IVA) em 2%
- Redução de imposto de renda de 3%
- Negociação de reduções de outros impostos que se apliquem.

Além desses incentivos, existem instrumentos que oferecem apoio financeiro para os investidores em projectos de energia geotérmica.

Tarifas bonificadas: A implementação da “Portaria relativa à definição e Aplicação de Preços e Tarifas de Energia Eléctrica” que consta da lei sobre a energia renovável e fontes alternativas de energia, aponta que será dada preferência tarifária a energia gerada a partir de fontes renováveis, mas por outro lado, as entidades de transmissão e a distribuição serão obrigadas a comprar a totalidade da energia renovável produzida através de uma taxa fixa. Os incentivos consistem também na obrigatoriedade dos produtores de energias renováveis estarem ligados à rede, com um preço bonificado para a venda de energia e um tratamento preferencial para aqueles produtores.



Promoção de investimentos: Para reforçar os investimentos em projectos, incluindo projectos de energia geotérmica, o Ministério da Economia e da Energia aprovou uma lei sobre a promoção de investimentos para reforçar o mercado interno da energia.

### **Lei de Promoção de Investimento**

Bulgária	- Dirigida nível nacional pelo Ministério da Economia e Energia. - Âmbito de apoio - 60% do investimento - Esquema de Financiamento - Aquecimento, electricidade e cogeração. - Fase do Projecto – Desenvolvimento de poços geotérmicos
Quem se pode candidatar	- Investidores privados
Âmbito de financiamento	- O subsídio.
Descrição adicional	- Pelo menos 40% dos custos de investimento devem ser financiados pelos privados ou por terceiros, por empréstimo.

Tabela 13. Lei de promoção de investimento. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

### **EBRD com o Banco da Bulgária desenvolveu uma Linha de Crédito de apoio à eficiência energética e energias renováveis (BEERECL):**

Bulgária	- Dirigida nível nacional por DAI Europe in cooperação com EnCon Services e ESBI como especialista independente em energia. - Âmbito do projecto - Cogeração (projectos industriais) e projectos geotérmicos em geral. - Esquema de Financiamento - Empréstimo com subvenções. - Fase do Projecto – Desenvolvimento de poços geotérmicos
Quem se pode candidatar	- Investidores privados
Âmbito de apoio	- Existe um limite para o montante do empréstimo principal, em que a subvenção pode ser recebida. Esse limite varia entre €150.000 e

	<p>€2.000.000, dependendo dos bancos participantes. Além disso, os promotores do projecto recebem uma subvenção mediante conclusão do projecto. Esta subvenção oferece:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 15% Do empréstimo principal, a projectos industriais de eficiência energética</li> <li>- 20% Do empréstimo principal para pequenos projectos ligados a fontes renováveis.</li> </ul>
Descrição adicional	- A empresa, para ter financiamento do BEERECL deve ter pelo menos 51% de capital privado.

Tabela 14. Linha de crédito. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

#### 4.11. Hungria

O principal apoio para a energia geotérmica é o Programa Operacional para a Energia e Ambiente (KEOP) que é um de 6 programas operacionais do Programa de Desenvolvimento da Hungria 2007-2013 e que é sustentado fundamentalmente por fundos estruturais e de coesão da União Europeia:

##### **Programa Operacional para a Energia e Ambiente (KEOP)**

Hungria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dirigida nível nacional por Agência Nacional para o Desenvolvimento</li> <li>- Âmbito do projecto - Aquecimento, electricidade e cogeração A energia produzida será para cobrir as necessidades das populações locais, instituições e indústrias</li> <li>- Esquema de Financiamento - Subvenções, créditos, instrumentos de garantia, sujeitas a convite para aplicação.</li> <li>- Fase do Projecto – Sujeitas a convite para aplicação.</li> </ul>
Quem se pode candidatar	- Públicos e privado
Âmbito de apoio	- O valor total para as energias renováveis é de 253 m€ Os apoios

---

	concedidos dependem do programa operacional.
Descrição adicional	- As aplicações estão a decorrer em períodos de dois anos. Uma nova aplicação está agendada para Março de 2009.

Tabela 15. Programa. (Fonte – projecto GEOFAR (Financiamento Geotérmico e Sensibilização nas Regiões Europeias))

---

## 5. LOCALIZAÇÃO E MÉTODOS DE OCORRÊNCIA (CAPTAÇÃO DE LENÇOL FREÁTICO EM PORTUGAL)

### 5.1. Temperaturas das ocorrências termais

Se considerar como água termal a água de origem subterrânea, cuja temperatura de emergência excede os 20°C (convenção adoptada no “Atlas dos Recursos Geotérmicos da Europa” (CEC, 1988), poder-se-á dizer que este tipo de ocorrências está largamente espalhado em Portugal Continental. Contudo, a temperatura de emergência nunca excede os 80°C, verificando-se existir uma predominância entre os 20°C e os 40°C. Estas ocorrências encontram-se desigualmente distribuídas em todo o território, observando-se uma concentração mais pronunciada a Norte, motivada, fundamentalmente, pelo facto de Portugal se encontrar dividido em grandes zonas cujas características geológicas e estruturais diferem significativamente.

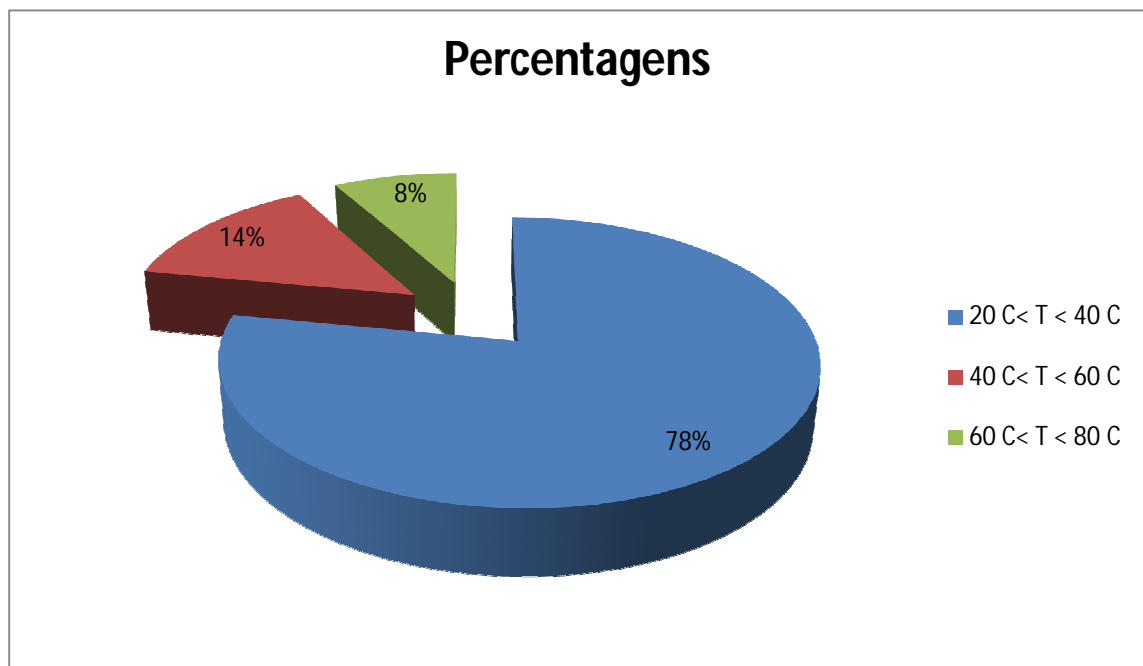


Figura 12. Distribuição das temperaturas das ocorrências termais (Fonte – XV encontro nacional do colégio de engenharia geológica e de minas da ordem dos engenheiros).



**INSTITUTO GEOLÓGICO E MINEIRO**  
MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
DIVISÃO DE RECURSOS HIDROGEOLÓGICOS  
E GEOTÉRMICOS

### OCORRÊNCIAS TERMAIS $T > 20^{\circ} \text{C}$

- 1 - Monção
- 2 - Chaves
- 3 - Gerês
- 4 - Carvalhos
- 5 - Caldas
- 6 - Eiroga
- 7 - Taipas
- 8 - S. Miguel das Aves
- 9 - Vizela
- 10 - Caldinhas
- 11 - Carlão
- 12 - São Lourenço
- 13 - Canavezes
- 14 - Moledo
- 15 - Fonte Santa do Seixo
- 16 - Aregos
- 17 - Langroiva
- 18 - S. Jorge
- 19 - Carvalhal
- 20 - Cavaca
- 21 - S. Pedro do Sul
- 22 - Alcatáche
- 23 - SanGemil
- 24 - Cró
- 25 - Felgueira
- 26 - Manteigas
- 27 - Luso
- 28 - São Paulo
- 29 - Unhais da Serra
- 30 - Amieira
- 31 - Bicanha
- 32 - Azenha
- 33 - Monfortinho
- 34 - Fonte Quente
- 35 - Salgadas
- 36 - Envendos
- 37 - Piedade
- 38 - Salir
- 39 - Caldas da Rainha
- 40 - Arrábidos (Gasiras)
- 41 - Vimeiro
- 42 - Cucos
- 43 - Alcaçarias
- 44 - Hospital Força Aérea
- 45 - Oeiras - S.S.F.A.
- 46 - Estoril
- 47 - Santa Comba
- 48 - Malhada Quente
- 49 - Alferce
- 50 - Monchique
- 51 - Santo António
- 52 - Fonte Santa Quarteira

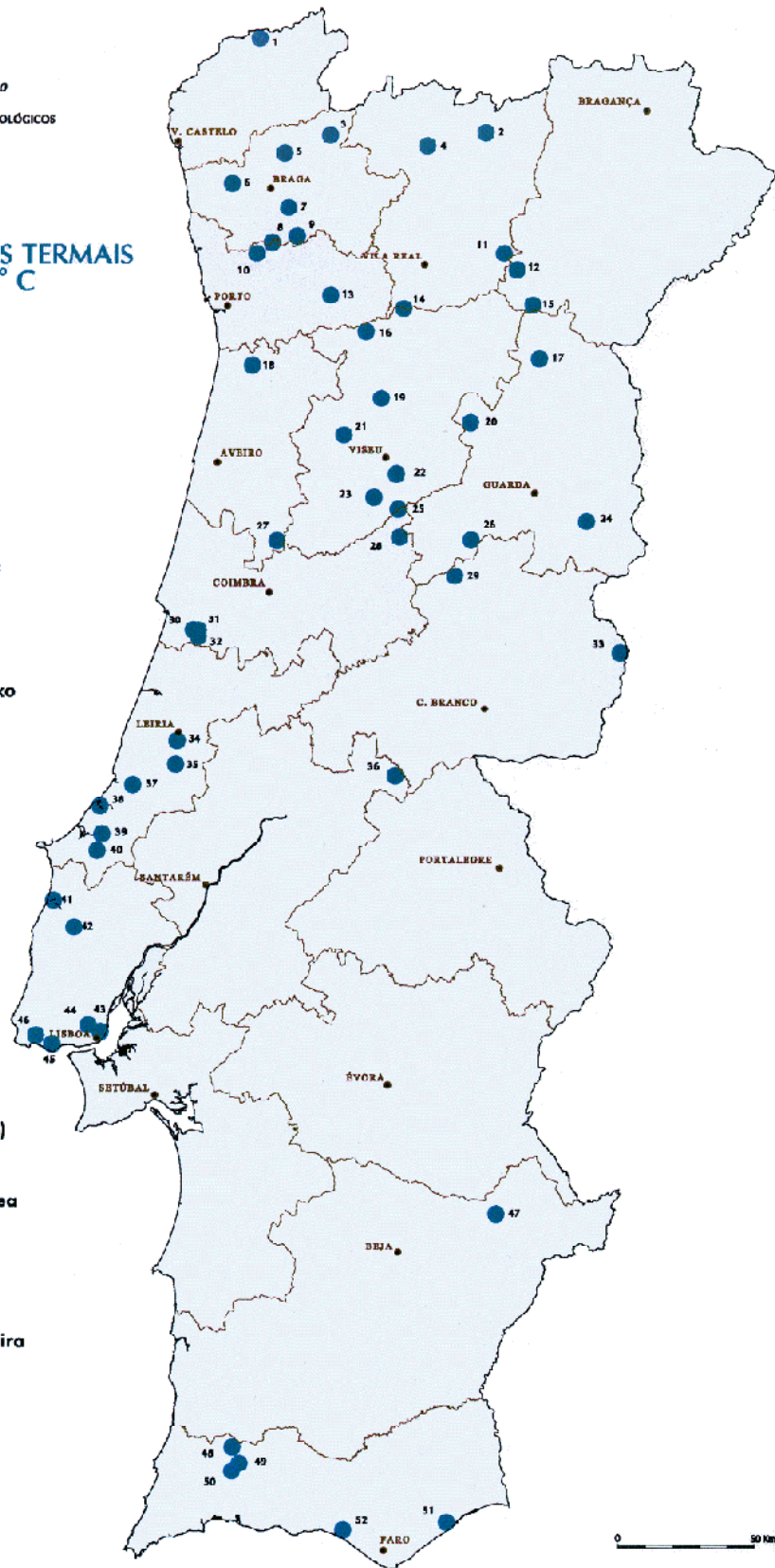


Figura 13. Localização das ocorrências termais (Fonte – XV encontro nacional do colégio de engenharia geológica e de minas da ordem dos engenheiros)

As emergências termais identificadas no presente trabalho constituem um número superior a 100, quer naturais, quer provenientes de furos; muitas constituem grupos que, para uma melhor simplificação, se consideram numa emergência “tipo”. Estas ocorrências encontram-se referenciadas no Quadro em baixo, e reportam-se a águas que, de alguma forma, são ou foram inventariadas como recursos geológicos e/ou usadas em tempo em tratamentos termais.

Numero	Emergência Termal	Temp.
1	Monção	50°
2	Chaves	46°
3	Geres	47°
4	Carvalhelhos	22°
5	Caldelas	33°
6	Eirogo	25°
7	Taipas	32°
8	S. Miguel da Aves	22°
9	Vizela	62°
10	Saude	30°
11	Cartão	29°
12	São Lourenço	30°
13	Canavezes	35°
14	Moledo	45°
15	Fonte Santa do Eixo	21°
16	Aregos	62°
17	Longroiva	34°
18	S. Jorge	23°
19	Carvalhal	41°
20	Cavaca	29°
21	São Pedro do Sul	69°
22	Alcafache	51°
23	Sangemil	50°

Numero	Emergência Termal	Temp.
27	Luso	27°
28	São Paulo	23°
29	Unhas da Serra	37°
30	Amieira	27°
31	Bicanho	28°
32	Azenha	29°
33	Monfortinho	28°
34	Fonte Quente	24°
35	Salgadas	23°
36	Evendos	22°
37	Piedade	27°
38	Salir	20°
39	Caldas da Rainha	36°
40	Arrábidos	29°
41	Vimeiro	26°
42	Cucos	40°
43	Alcaçarias	30°
44	Hospital força Aérea	50°
45	Oeiras S.S.F.A.	30°
46	Estoril	35°
47	Santa Comba	22°
48	Malhada Quente	28°
49	Alferce	27°

24	Cró	23°
25	Felgueira	36°
26	Manteigas	48°

50	Monchique	32°
51	Santo António	25°
52	Fte. Santa Quarteira	21°

Tabela 16. Emergências termais, temperatura máxima registada e características químicas da água. (Fonte – XV encontro nacional do colégio de engenharia geológica e de minas da ordem dos engenheiros)

É geralmente no cruzamento entre as grandes falhas regionais e suas conjugadas que se criam as condições mais adequadas para a ascensão dos fluidos termais provenientes de zonas profundas da crosta, exibindo à superfície alterações mais ou menos acentuadas. As nascentes termais localizam-se principalmente na zona norte e centro do Maciço Hespérico, designadamente na Zona Centro-Ibérica.

Desta forma, sobressaem em Portugal algumas áreas cujo potencial geotérmico se encontra directamente relacionado com aspectos essencialmente tectónicos, que favorecem a circulação ascendente rápida dos fluidos, constituindo anomalias geotérmicas locais que se afastam dos valores regionais de gradiente geotérmico em Portugal. Esta circulação ascendente, conjugada com as formações geológicas atravessadas pelo fluido, constitui factores fundamentais para a caracterização do mesmo. (Fonte – XV encontro nacional do colégio de engenharia geológica e de minas da ordem dos engenheiros)

---

## 6. A GEOTERMIA NOS AÇORES

### 6.1. Introdução

A geotermia afigura-se como uma das formas possíveis e viáveis no aproveitamento do vasto leque de energias que o nosso planeta nos oferece. Os Açores constituem a zona com maior potencial e afirmam-se como o principal nome de referência na exploração deste recurso.

Aproveitar a energia limpa e inesgotável que a Terra nos oferece. Este é o mote que rege a utilização das energias renováveis e um lema que encaixa à letra na energia geotérmica. Isto porque a geotermia consiste no aproveitamento energético do calor proveniente do interior da terra, que resulta do fluxo das camadas mais profundas da crosta terrestre e da radioactividade natural das rochas. Esta é uma autêntica “dádiva natural”, que é passível de ser aproveitada para diversas aplicações de usos directos e para a produção de electricidade. No primeiro caso, a partir de recursos de baixa entalpia – com temperaturas entre 30° C e 120° C – que resultam da circulação de água de origem meteórica em falhas e fracturas. O aproveitamento deste calor pode ser realizado directamente para aquecimento ambiente, de águas, pisciculturas ou processos industriais. No segundo caso, através de recursos de alta temperaturas – superiores a 120° C – que estão normalmente associadas a áreas de actividade vulcânica, sísmica ou magmática.

O método mais simples de aproveitamento desta energia consiste na utilização das águas quentes e vapores naturais que são emanados do interior da terra para accionar turbinas que, à superfície, estão acopladas a alternadores. É também possível rentabilizar este recurso através de abertura de furos a grande profundidade: este método consiste no bombeio de água para o interior desses buracos que, ao descer, aquece e passa da forma líquida a vapor, que, por sua vez, é utilizado para accionar turbinas que movem os geradores.





Figura 14. Géisers (Fonte - <http://www.portal-energia.com>)

## 6.2. O potencial Açoriano

Em Portugal continental existem essencialmente explorações de energia geotérmica de baixa temperatura ou termais, que podem ser divididas em dois tipos: aproveitamento de pólos termais existentes (com temperaturas entre os 20 e os 76° C) e aproveitamento de aquíferos profundos de bacias sedimentares. No primeiro caso, podem-se citar como exemplo os aproveitamentos em Chaves e S. Pedro do Sul, a funcionar no segundo destaca-se o projecto geotérmico do Hospital da Força Aérea do Lumiar, em Lisboa. Esta instalação, a operar desde 1992, obtém energia através de um furo com cerca de 1500 metros de profundidade, com temperaturas superiores a 50° C.

As explorações mais interessantes na área da geotermia são realizadas nas ilhas dos Açores, onde actualmente estão inventariados 235,5 MWt. O enquadramento geoestrutural do arquipélago junto da Crista Médio Atlântica, na confluência de três placas tectónicas – americana, africana e eurasiática, proporciona uma intensa actividade vulcânica, bem como outros fenómenos que demonstram bem a grande quantidade de energia que subsiste no subsolo. Por outro lado, a produção de energia eléctrica nos Açores possui condições peculiares, derivadas do facto de a região estar fora da rede nacional e europeia, existindo nove sistemas electroprodutores independentes de reduzida escala. (Fonte - [siaram.azores.gov.p](http://siaram.azores.gov.p); Eng.º Carlos Bicudo SOGEO)

---

### 6.3. Central da Ribeira Grande

A ilha de São Miguel é aquela onde se verifica actualmente um maior potencial, e subsequente aproveitamento da energia geotérmica. O processo iniciou-se em 1973, quando, durante a execução de uma sondagem geológica efectuada pela universidade canadiana de Dalhousie, foi descoberto um reservatório geotérmico de alta entalpia com temperatura superior a 200° C. Anos depois foram efectuados estudos de prospecção na zona envolvente, que culminaram no arranque, em 1980, da Central Geotérmica Piloto de Pico Vermelho, uma estrutura que hoje em dia tem uma potência nominal de 3 MW.

A instalação mais importante do arquipélago é a Central Geotérmica da Ribeira Grande, em São Miguel. Esta estrutura, também instalada pela Ornat, possui actualmente uma capacidade de geração de 13 MW tendo sido instalada em duas fases: em 1994, a Fase A constituída por dois grupos de turbo-geradores (2x4 MW). O equipamento electromecânico instalado inclui os sistemas auxiliares transformadores, disjuntores, grupo Diesel de emergência, sistema de combate a incêndio e a linha de interligação à rede de transportes. Situada no sector de Cachaços-Lombadas do campo geotérmico, a central é servida por um parque de quatro poços de produção (CL1, CL2, CL3 e CL5) que produzem para um colector comum que alimenta os permutadores de calor e um poço de injeção (CL4) destinado a receber o caudal total de efluente líquido. A tecnologia do equipamento de produção é baseada num sistema binário, segundo o ciclo de Rankine, e utiliza um fluido orgânico intermédio. Esta tecnologia de conversão de energia eléctrica supõe um processo de transferência de calor que se desenvolve em três níveis: o primeiro é a transferência de calor remanescente do vapor expandido na turbina (fluido intermédio), o segundo, da água (brine) e o último, do vapor geotérmico. (Fonte - siaram.azores.gov.p; Eng.º Carlos Bicudo SOGEO 2010)



Figura 15. Central de energia geotérmica de Ribeira Grande (Açores). (Fonte - <http://cm-ribeiragrande.azoresdigital.pt/>)

### 6.3.1. Princípio de Funcionamento

O sistema de funcionamento da central pode ser descrito da seguinte forma: o fluido geotérmico bifásico, proveniente dos poços, entra primeiro no separador, que separa a fase líquida (brine) do vapor saturado e gases não-condensáveis (NCG). Depois de separado, o vapor geotérmico entra no vaporizador, sendo uma pequena percentagem expelida para a atmosfera conjuntamente com gases não-condensáveis, através de uma válvula de descarga. Em resultado da transferência de energia calorífica para o fluido intermédio, ocorre a condensação do vapor geotérmico que é conduzido para a entrada do pré-aquecedor juntando-se ao brine, participando na transferência de calor entre a fase líquida e o fluido intermédio. Depois, o fluido intermédio no nível mais elevado de entalpia, sob a forma de vapor, é dirigido para a turbina, onde se expande e acciona a turbina acoplado ao alternador. Finalmente, o fluido intermédio é condensado por arrefecimento a ar, através dos aero-condesadores que funcionam como a fonte fria, após ter permutado o calor no recuperador com o próprio fluido de trabalho no início de um novo ciclo.

(Fonte - [siaram.azores.gov.p](http://siaram.azores.gov.p); Eng.º Carlos Bicudo SOGEO 2010)

---

No ciclo, o fluido orgânico funciona em circuito fechado, nunca entrando em contacto com o fluido geotérmico ou com a atmosfera. O fluido geotérmico, após passagem por um pré-aquecedor, é conduzido numa linha de descarga para uma caixa em betão, que por sua vez está ligada ao poço de reinjecção CL4, onde é reinjectado.

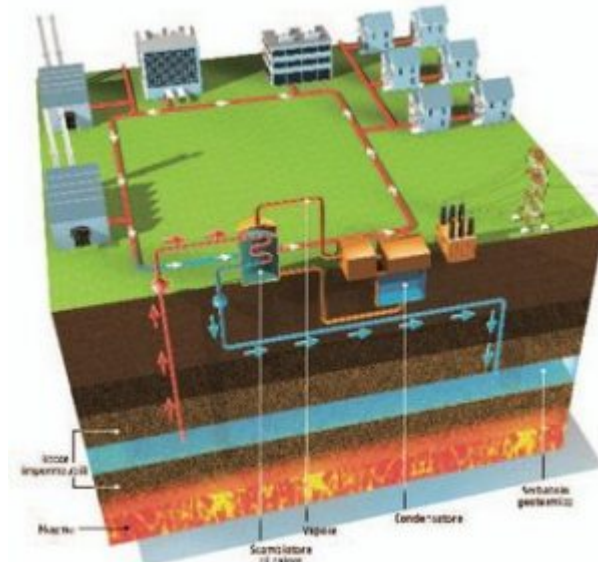


Figura 16. Princípio de funcionamento (Fonte - <http://radioattiviamoci.wordpress.com>)

#### **6.4. Central Geotérmica Piloto de Pico Vermelho**

Foi anunciada a instalação de uma terceira estação geotérmica para a produção de electricidade em São Miguel. O valor total do contrato, atribuído pela SOGEO – subsidiária da EDA-Electricidade dos Açores – à multinacional israelita Ornat, é superior a 19 milhões de Euros, e a instalação deverá ficar completa em 19 meses. Paralelamente, deverá também entrar em funcionamento dentro de quatro anos a primeira estrutura deste género na ilha Terceira, uma central que terá uma capacidade de produção de 12 MW. (Fonte - [siaram.azores.gov.p](http://siaram.azores.gov.p); Eng.º Carlos Bicudo SOGEO 2010)



Figura 17. Central Geotérmica Piloto de Pico Vermelho (Fonte - [http://siaram.azores.gov.pt/energia-recursos-hidricos/geotermia/\\_texto.html](http://siaram.azores.gov.pt/energia-recursos-hidricos/geotermia/_texto.html))

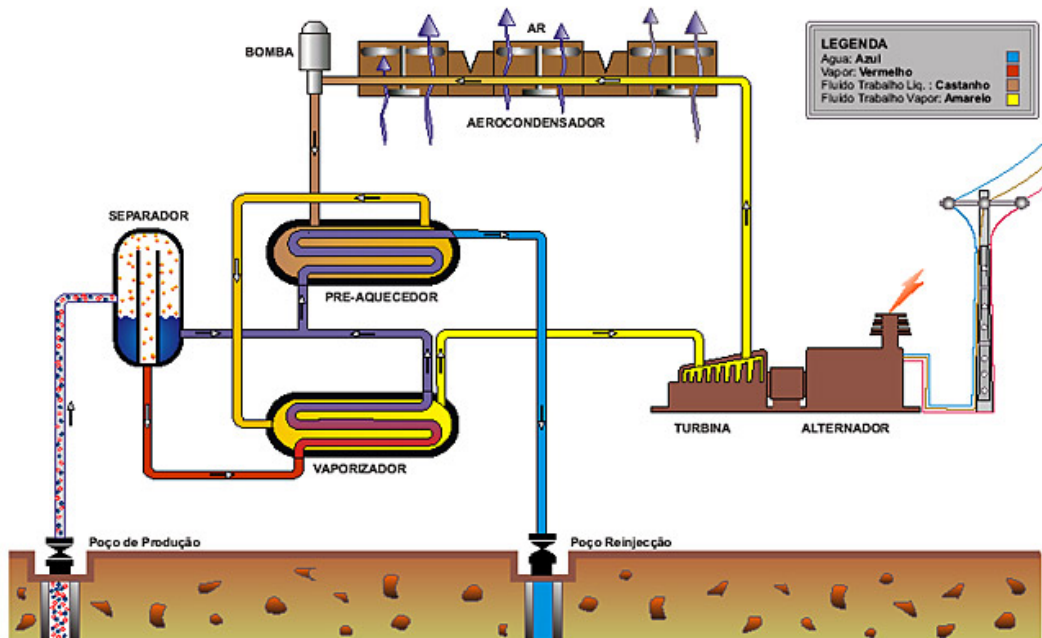


Figura 18. Esquema de Funcionamento da central energética de Pico Vermelho (Fonte - [http://siaram.azores.gov.pt/energia-recursos-hidricos/geotermia/\\_texto.html](http://siaram.azores.gov.pt/energia-recursos-hidricos/geotermia/_texto.html))

---

## 6.5. Ilha Terceira

Já na Ilha Terceira, a Geoterceira, empresa detida pela EDA e pela EDP, desenvolve o Projecto Geotérmico da Terceira, que compreende a execução dos poços de produção e de reinjecção e a construção de uma central geotérmica de 12 MW. Com a entrada em exploração desta central, prevista para o final de 2011, estima-se que esta fonte de energia contribuirá, no ano seguinte, em 38 por cento na estrutura de produção da ilha.

Segundo refere a mesma fonte, para além dos benefícios de índole ambiental e de uma poupança anual de cerca de 40 mil toneladas de combustível derivado do petróleo, a produção geotérmica ao nível do arquipélago contribui com 21 por cento na estrutura de produção, o que somado à produção hídrica e eólica, proporciona uma autonomia energética de cerca 27 por cento, factos que demonstram a importância que o aproveitamento da energia geotérmica tem na economia dos Açores. (Fonte - <http://efab3ei1.webnode.pt/news>)

Os trabalhos de prospecção no Campo Geotérmico do Pico Alto, na ilha Terceira, têm decorrido de acordo com o programa definido, mas os resultados não são os esperados. Face às condições logísticas do local, à sua sensibilidade ambiental, às condições geológicas difíceis do ponto de vista de perfuração de poços geotérmicos e à disponibilidade de oferta de serviços de perfuração no mercado internacional, têm sido introduzidas algumas alterações ao projecto inicial. Esta situação originou algum atraso nos trabalhos, sendo a Geoterceira a primeira entidade penalizada, face ao elevado montante do investimento, sendo que no Pico Alto o recurso geotérmico de mais alta temperatura até hoje identificado nos Açores, superando os 300°C.

A produtividade destes poços geotérmicos ainda se encontra a ser avaliada mas, efectivamente, face aos resultados obtidos até ao momento, não possui a mesma abundância de vapor do que, por exemplo, os poços geotérmicos do Pico Vermelho e do Campo Geotérmico da Ribeira Grande.

Em resumo, os trabalhos de prospecção e pesquisa no Campo Geotérmico do Pico Alto, levados a cabo pela GeoTerceira, têm sido executados conforme o planeado e dentro

---

dos montantes de investimento orçamentados, estando a ser ainda avaliadas as características particulares do reservatório e dos poços geotérmicos executados. Leonildo Vargas, responsável pela GeoTerceira, uma possível Central Piloto, e como referiu Carlos Bicudo só estará prevista para 2012, vigorará com um terço da potência prevista em relação à Central planeada anteriormente.

Leonildo Vargas referiu ao “Diário dos Açores” que “em termos gerais depois de se ter feito os poços as nossas esperanças não foram totalmente satisfeitas. Nós esperávamos que os poços rendessem mais, de modo que iremos partir para uma central de menor capacidade do que aquela que estava prevista” disse.

“O que se pensa fazer é depois de termos instalado esta central iremos fazer depois novos ensaios, novas prospecções de modo a tentar que naquelas imediações as condições sejam melhores para outros poços que possivelmente possam abrir”, afirmou o responsável pela GeoTerceira.

Leonildo Vargas explicou o processo até às conclusões que chegaram e com resultados menos positivos. “Os estudos e processos recomendados, gradualmente, o primeiro com estudos físicos onde se determinou a zona de maior probabilidade de existir um fluxo geotérmico ou depósito geotérmico, depois os furos termométricos até 600 metros que nos indicaram boas temperaturas, e com a temperatura nós não nos podemos queixar, até se chegar a fazer, mais tarde, a realização de 5 poços”.

Leonildo Vargas explica que em primeiro lugar foram feitos dois poços de avaliação que em caso de bons resultados serviriam também para produção. “Um dos poços não teve sucesso e nunca entrou em produção, o outro entrou em produção”, acrescentando que “em 2009 fizeram-se 3 poços que melhoraram as condições de produção, mas a produção que eles dão não é a suficiente para permitir fornecer uma central de 12 Mega watt como o previsto.

“Optamos por efectuar uma central com, mais ou menos, um terço da potência da que

---

estava prevista. À medida que se for obtendo mais certeza de energia disponível vai-se aumentando a capacidade da central”, afirmou Leonildo Vargas.

O responsável da GeoTerceira conta que, ainda assim, todo o processo correu bem, mas se os poços produzissem o suficiente para por a central de 12 Mega watt, que era o esperado, seria benéfico para todos.

Carlos Bicudo, em entrevista ao “Bom Dia Açores”, explicava todo o processo necessário, cumprindo todas as condições.

Assim, para que seja possível estabelecer o aproveitamento geotérmico é preciso estabelecer várias condições: “existir uma fonte de calor, ou seja, calor disponível nas formações. Nessas formações é necessário que resida água que constitui um aquífero e disponham de um fecho de fracturas, de falhas, que permitam a circulação da água que é o veículo de transporte do calor para a superfície, em que facilitando essa circulação, se abastece face ao esforço da extracção, e ainda uma quarta condição que é a existência de uma rocha de cobertura impermeável”.

Carlos Bicudo explica que no caso da Terceira, “confirma-se a existência do calor em abundância para abastecer essa central planeada. Confirma-se a existência da temperatura no intervalo de 280°, 293° graus, superior a existência dos poços de São Miguel, contudo a produtividade destes poços não é suficiente para abastecer a potência da central, explicado pela falta de permeabilidade, falta de existência de um fecho de fracturas que facilita a circulação da água, e, que face à extracção haja a compensação e garantindo a estabilidade do débito”, diz.

“No fundo a energia em contínuo, não é suficiente para ser transformando em electricidade”, conclui Carlos Bicudo.





Figura 19. Possível localização da central eléctrica (Fonte - <http://pda.auniao.com>)

---

## 7. COMO UTILIZAR O CALOR RETIRADO DO SUBSOLO

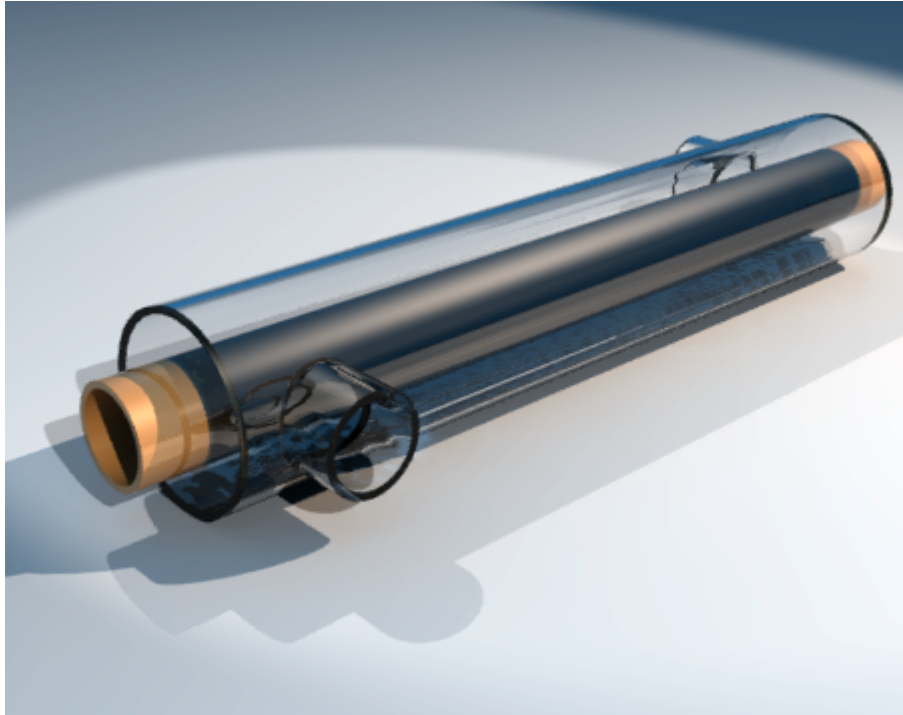


Figura 20. Permutador de calor (Fonte - [http://pt.wikipedia.org/wiki/Permutador\\_de\\_calor](http://pt.wikipedia.org/wiki/Permutador_de_calor))

Um **permutador de calor** ou **permutador de calor** é dispositivo para transferência de calor eficiente de um meio para outro. Tem a finalidade de transferir calor de um fluido para o outro, encontrando-se estes a temperaturas diferentes. Os meios podem ser separados por uma parede sólida, tanto que eles nunca se misturam, ou podem estar em contacto directo. Um permutador de calor é normalmente inserido num processo com a finalidade de arrefecer (resfriar) ou aquecer um determinado fluido. São amplamente usados em aquecedores, refrigeração, condicionamento de ar, centrais de geração de energia, plantas químicas, plantas petroquímicas, refinaria de petróleo, processamento de gás natural, e tratamento de águas residuais. Em muitos textos em inglês é abreviado para HX (*heat exchanger*).

Um exemplo comum de permutador de calor é o radiador de um carro, no qual a fonte de calor, a água, sendo um fluido quente de refrigeração do motor, transfere calor para o ar fluindo através do radiador (*i.e.* o meio de transferência de calor). Noutras aplicações são

---

usados para refrigeração de fluidos, sendo os mais comuns, óleo e água e são construídos em tubos, onde, normalmente circula o fluido refrigerante (no caso de um permutador para refrigeração). O fluido a ser refrigerado circula ao redor da área do tubo, isolado por outro sistema de tubos (similar a uma Serpentina (ducto)) que possui uma ampla área geometricamente favorecida para troca de calor.

O material usado na fabricação de permutadores de calor, geralmente possui um coeficiente de condutibilidade térmica elevado. Sendo assim, são amplamente utilizados o cobre o alumínio e suas ligas.

Dentro da teoria em engenharia, é um volume de controlo, sendo que este equipamento normalmente opera em regime permanente, onde as propriedades da secção de um fluido não se altera com o tempo.

A eficiência de um permutador de calor depende principalmente:

- Do material utilizado para construção;
- Da característica geométrica;
- Do fluxo, temperatura e coeficiente de condutibilidade térmica dos fluidos em evidência;

Genericamente, para melhorar a troca de calor, são colocados aletas em toda a área da tubulação. Estas aletas fazem com que o fluido se disperse em áreas menores, facilitando assim a troca de calor. As aletas, consistem em células interligadas entre si, onde circula fluido. São construídas em materiais de excelente condutibilidade térmica. O seu uso, acarreta uma grande desvantagem num sistema termodinâmico, pois reduzem drasticamente a pressão com relação a entrada e saída. A maioria dos permutadores de calor, utilizam tubos com geometrias que favorecem a troca de calor, onde internamente, há em sua área aletas.



Figura 21. Um permutador de calor de placas intercambiáveis. (Fonte - [http://pt.wikipedia.org/wiki/Permutador\\_de\\_calor](http://pt.wikipedia.org/wiki/Permutador_de_calor))

Os permutadores de calor existem em várias formas construtivas consoante a aplicação a que se destinam, sendo as principais:

- Permutador de calor de carcaça e tubos (em inglês *shell and tube heat exchanger*)
- Permutador de calor de placas (*plate heat exchanger*)
- Permutador de calor de placas brasadas com aletas (*brazed plate fin heat exchanger*)

Quanto às fases, existem 2 tipos de permutadores de calor:

- Monofásico, onde não há mudança de fase no fluido a ser refrigerado ou aquecido;
- Multifase, onde há mudança de estado físico do fluido;

Exemplo de permutadores de calor monofásicos: Radiador de água e *intercooler* (ou radiadores a ar).

Exemplo de permutadores de calor multifase: Condensador e evaporadores.

Existem duas classificações primárias de permutadores de calor de acordo com seus arranjos de fluxos. Em permutadores de calor de *fluxo paralelo*, os dois fluidos entram no

---

permutador do mesmo lado, e fluem em paralelo. Em permutadores de calor *contracorrente* os fluidos entram no permutador de lados opostos. O projecto contracorrente é mais eficiente, neste pode-se transferir a maior parte do calor do meio quente (de transferência). Ver troca em contracorrente. Em permutadores de calor *contracorrente*, os fluidos fluem aproximadamente perpendiculares entre si através do permutador. (Fonte - [http://pt.wikipedia.org/wiki/Permutador\\_de\\_calor](http://pt.wikipedia.org/wiki/Permutador_de_calor))

Para maior eficiência, permutadores de calor são projectados para maximizar a área de superfície da parede entre os dois fluidos, enquanto minimiza a resistência ao fluxo do fluido através do permutador. O desempenho do permutador também pode ser afectado pela adição de aletas ou ondulações em um ou ambos os sentidos, o que aumenta a área de superfície e pode aumentar o fluxo em canal do fluido ou induzir turbulência. A temperatura de condução através da superfície de transferência de calor varia com a posição, mas uma temperatura média adequada pode ser definida. Na maioria dos sistemas simples, esta é a diferença de temperatura média logarítmica (LMTD, *log mean temperature difference*). Às vezes, o conhecimento directo da LMTD não está disponível e o Método das NTU (número de unidades de transferência, em inglês *Number of Transfer Units*) é usado.

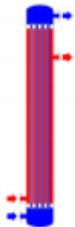


Figura 22. Permutador de calor casco e tubos, passagem única (fluxo paralelo 1-1) (Fonte - [http://pt.wikipedia.org/wiki/Permutador\\_de\\_calor](http://pt.wikipedia.org/wiki/Permutador_de_calor))



Figura 23. Permutador de calor casco e tubo, 2 passagens pelos tubos (fluxo contracorrente 1-2) (Fonte - [http://pt.wikipedia.org/wiki/Permutador\\_de\\_calor](http://pt.wikipedia.org/wiki/Permutador_de_calor))



Figura 24. Permutador de calor casco e tubo, 2 passagens pelo casco, 2 passagens pelos tubos (fluxo contracorrente) (Fonte [http://pt.wikipedia.org/wiki/Permutador\\_de\\_calor](http://pt.wikipedia.org/wiki/Permutador_de_calor))

## 8. A UTILIZAÇÃO DAS FUNDAÇÕES NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

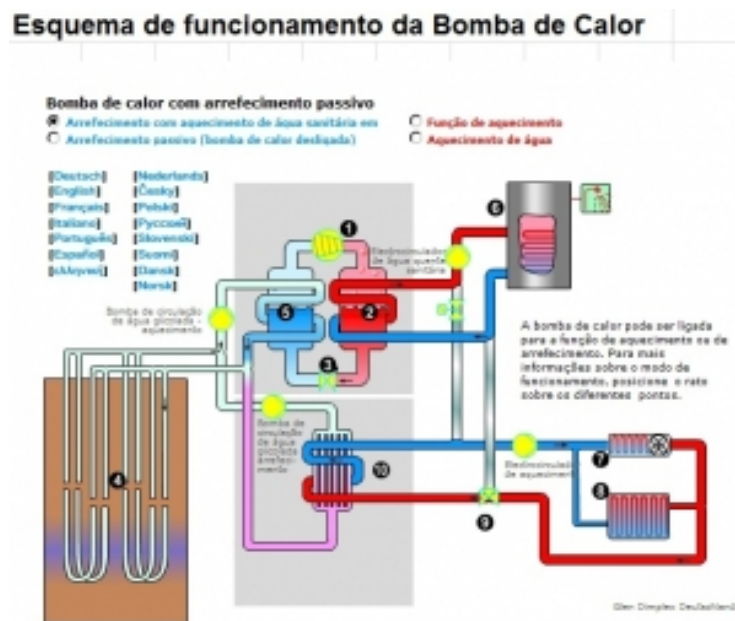


Figura 25. Esquema de funcionamento

- 1 – COMPRESSOR
- 2 – CONDENSADOR (permutador de calor)
- 3 – VÁLVULA DE EXPANSÃO
- 4 – SONDAS GEOTÉRMICAS
- 5 – EVAPORADOR (permutador de calor)
- 6 – VÁLVULAS COMUTADORAS
- 7 – VENTILADOR CONVETOR
- 8 - PISO RADIANTE
- 9 – VÁLVULAS COMUTADORAS
- 10 – PERMUTADOR DE CALOR

A figura 25 apresenta um sistema geotérmico, com aquecimento ambiente e de águas sanitárias e arrefecimento ambiente, este sistema permite aproveitar a energia das sondas

---

geotérmicas (4) para aquecer ou refrigerar a habitação, sondas estas que vão ser instaladas aquando a execução das fundações do edifício, seguidamente será explicado tanto o funcionamento do sistema como a utilização das fundações na recolha da energia das sondas.

## **8.1. Arrefecimento passivo**

As sondas geotérmicas (4) enviam a água á temperatura do terreno activando a bomba de circulação/arrefecimento de água glicolada e enviando-a para o permutador de calor (10), a energia da água de aquecimento é transferida para o circuito da água glicolada dentro do permutador de calor e dissipa-se no solo, a água fria vai circular pelo ventilo convector (7) que envia, através do seu ventilador, para o ar ambiente uma frescura agradável e retira o calor existente e/ou a água arrefecida vai circular pelo piso radiante (8), pelas paredes ou pelo tecto arrefece de maneira agradável a superfície da divisão do edifício. Esta superfície funciona como permutador de calor retirando calor do espaço ambiente. A água depois de passar por este circuito já esta arrefecida e volta através das válvulas comutadoras (9) que conduzem a água de aquecimento através do permutador passivo de calor e arrefecem-no.

## **8.2. Aquecimento**

As sondas geotérmicas (4) enviam a água á temperatura do terreno activando a bomba de circulação/arrefecimento de água glicolada e enviando-a para o evaporador (permutador de calor) (5) a energia captada pela sonda geotérmica é transferida para o fluido frigorífico, este aquece e evapora-se. O compressor (1) faz com que o fluido frigorífico, que circula em circuito fechado, atinja pressão e temperatura elevadas. No condensador (permutador de calor) (2) o calor é transferido para o aquecimento central. O fluido frigorífico arrefece e liquefaz-se e é enviado para o ventilo convector (7) que ao ser percorrido pela água de aquecimento envia, através do seu ventilador, ar quente para o meio ambiente e/ou a água de aquecimento ao circular pelo piso radiante, fornece um aquecimento suave, uniforme e homogéneo. A água depois de passar por este circuito já esta arrefecida e volta através das



---

válvulas comutadoras (9) que bloqueiam o permutador de calor para o arrefecimento passivo.

### **8.3. Aquecimento das águas sanitárias**

As sondas geotérmicas (4) enviam a água á temperatura do terreno activando a bomba de circulação/arrefecimento de água glicolada e enviando-a para o evaporador (permutador de calor) (5) a energia captada pela sonda geotérmica é transferida para o fluido frigorífico, este aquece e evapora-se. O compressor (1) faz com que o fluido frigorífico, que circula em circuito fechado, atinja pressão e temperatura elevadas. No condensador (permutador de calor) (2) o calor é transferido para o aquecimento central. O fluido frigorífico arrefece e liquefaz-se para a preparação da água quente sanitária, o aquecimento central é desligado pela paragem do seu electrocirculador e entra em funcionamento o electrocirculador das águas quentes sanitárias, as águas ao baixarem a temperatura passam para a válvula de expansão (3), o líquido frigorífico expande-se (queda de pressão) e arrefece, e volta ao circuito inicial.

### **8.4. A utilização das fundações na instalação das sondas geotérmicas**

#### **8.4.1. Captação horizontal**



Figura 26. Colocação de sondas geotérmicas (Fonte – Obras particulares)

---

Para a colocação das sondas geotermias de captação horizontal, necessitamos de uma área muita das vezes idêntica á área de implantação do edifício, neste capítulo pretendesse demonstrar como podemos utilizar o processo de abertura das sapatas para a instalação das sondas geotérmicas.



Figura 27. Abertura de sapatas isoladas (Fonte – Obras particulares)



Figura 28. Abertura de sapatas com vigas de fundação (Fonte – Obras particulares)



Figura 29. Ensoleiramento geral (Fonte – Obras particulares)

Nos três exemplos em cima expostos temos três situações distintas mas que caso se queira utilizar estes trabalhos e colocar umas sondas geotérmicas podem ser tratados como um só tipo de trabalho, ou seja, aquando a abertura das fundações se em todas as situações for aberto uma única caixa em toda a área do edifício na qual instalarmos as sondas geotérmicas e posteriormente colocarmos a solução de sapatas adoptada não só estamos a deixar a possibilidade de um aproveitamento energético para o edifício em causa, pois esta escavação tinha de ser feita e a diferença em termos de trabalho não será tão significativa quanto isso e logo economicamente também não o é, como posteriormente temos uma climatização do edifício com consumos em tudo mais económicos, utilizando um sistema básico como o que está demonstrado no início deste capítulo, consegue garantir uma temperatura constante durante todo o ano independentemente da temperatura exterior, assim como o aquecimento das águas sanitárias.

---

#### 8.4.2. Captação vertical



Figura 30. Captação vertical

Para a colocação das sondas de captação vertical precisamos de furos que podem andar entre os 50 a 100 m de profundidade, neste capítulo pretendesse demonstrar como podemos utilizar o processo de abertura das fundações para a instalação das sondas geotérmicas.

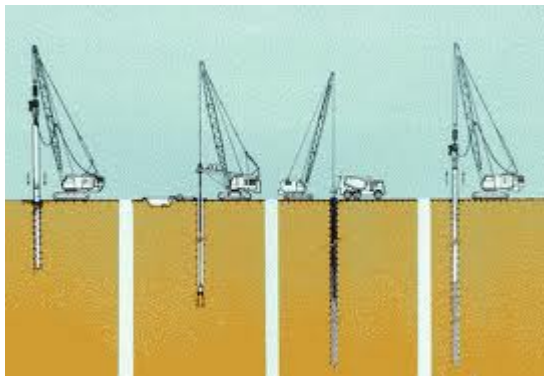


Figura 31. Abertura de furo para implantação de estacas moldadas

Se a opção das fundações do edifício forem estacas, no processo de construção das mesmas, pode-se utilizar a perfuração para colocar sondas de captação vertical, e assim de uma forma mais económica, pois temos a deslocação do equipamento já prevista, podemos instalar as sondas e á posteriori temos uma climatização do edifício com consumos em

---

tudo mais económicos, utilizando um sistema básico como o que está demonstrado no início deste capítulo, consegue garantir uma temperatura constante durante todo o ano independentemente da temperatura exterior, assim como o aquecimento das águas sanitárias.

#### 8.4.3. Captação em lençol freático.



Figura 32. Captação em lençol freático (Fonte – [www.ccc.com](http://www.ccc.com))

Para a colocação das sondas de captação em lençol freático precisamos de furos que atinjam o lençol freático que geralmente estão entre 8 a 50 m segundo as regiões, e estão a temperaturas que rondam os 9 a 12° durante todo o ano, neste capítulo pretendesse demonstrar como podemos utilizar o processo de abertura das fundações para a instalação das sondas geotérmicas.

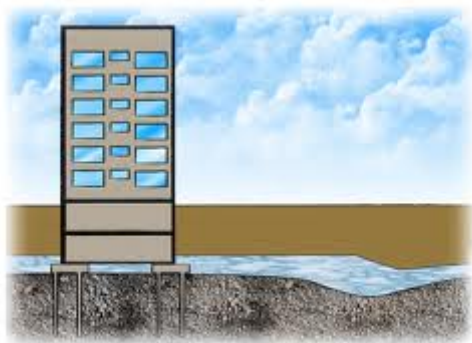


Figura 33. Edifício e sapatas com atravessamento de nível freático. (Fonte – [www.ccc.com](http://www.ccc.com))

---

Se a solução de fundações do edifício for ou estacas que atravessem o nível freático ou as próprias sapatas que estejam assentes no maciço rochoso e tenham atravessado o nível freático como é o caso do edifício (figura 33.) pode-se utilizar a perfuração para colocar sondas de captação em lençol freático, e assim de uma forma mais económica, pois temos a deslocação do equipamento já prevista, podemos á posteriori ter uma climatização do edifício com consumos em tudo mais económicos, utilizando um sistema básico como o que esta demonstrado no inicio deste capítulo, consegue garantir uma temperatura constante durante todo o ano independentemente da temperatura exterior, assim como o aquecimento das águas sanitárias.

---

## **9. EXEMPLO PRÁTICO EM PORTUGAL DE HABITAÇÃO COM SISTEMA GEOTÉRMICO “CASA DA FIDALGUIA”**

A Casa da Fidalguia é uma residência para seniores localizada em Rua da Florida, Quinta de Santa Isabel 2070 Pontével-Cartaxo, que conta com uma área de implantação de 1500 m<sup>2</sup> integrados num espaço de 12640 m<sup>2</sup> e com uma área activa de climatização de 1000 m<sup>2</sup>, dispõe de capela, ginásio, sala de convívio, sala de refeições, espaço de leitura e internet, casas de banho femininas, masculinas de deficientes, 17 quartos, individuais e duplos todos com casa de banho privativa. Todo o edifício é climatizado com um sistema de geotermia vertical em circuito fechado executado com um tubo permutador PEAD 40 x 3,7 mm num total de 7 furos com 99 m cada, que se vão ligar a uma bomba WATERKOTTE serie DS 5051 com uma potência de aquecimento de 50 kw e de arrefecimento de 25 kW.

Este sistema fornece 3 tipos de climatização:

- Sistema de piso radiante hidráulico
- Sistema de águas quentes sanitárias com 2000 l de depósito
- Aquecimento com tecnologia Waterkotte anti-legionella através de permutador de placas instantâneo de 347 kW.

O objectivo deste estudo é não só explicar todo o funcionamento do sistema e suas características técnicas, mas também tirar uma conclusão dos custos inerentes a instalação e ao consumo do sistema para finalmente poder comparar com outros sistemas e ver as vantagens da utilização da geotermia.





Figura 34. Casa da Fidalguia

## 9.1. Especificações técnicas do sistema

### 9.1.1. Casa das máquinas

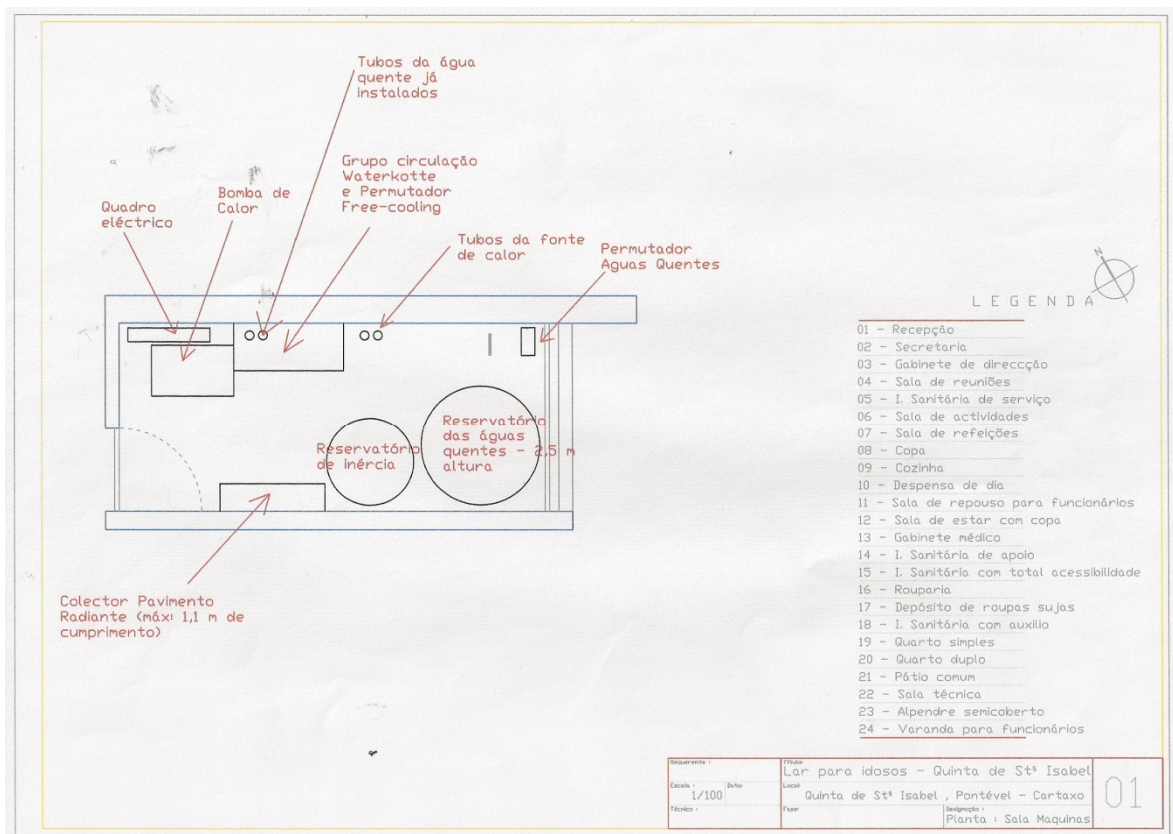


Figura 35. Planta Casa das máquinas



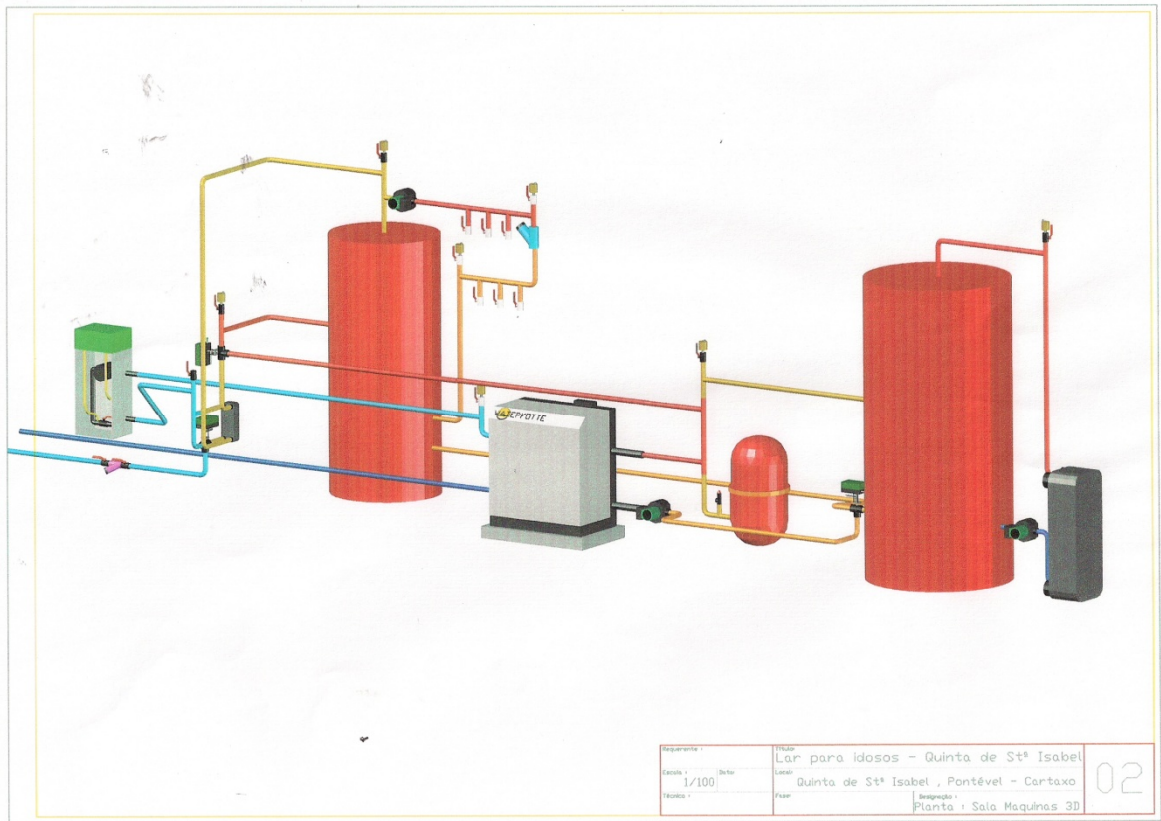


Figura 36. Casa das máquinas



Figura 37. Casa das máquinas

### 9.1.2. Fonte de calor

O sistema de produção de calor é composto por um gerador termodinâmico (Bomba de calor água/água), de ciclo reversível.

O gerador termodinâmico é constituído por um circuito frigorífico clássico, com permutadores tubulares quer na evaporação quer na condensação.

Aos permutadores estão associados circuladores e “flow-switch” que permitem fazer circular a água quer no circuito de aquecimento (interior da casa) quer no circuito de captação (horizontal/vertical).

---

Os captadores são constituídos por tubo PEAD, onde circula água glicolada (70% água; 30% Glicol) e no caso da captação vertical, são parte integrante da sonda de captação. A distância mínima entre os furos deverá ser de 3 metros, para o máximo rendimento da instalação. O enchimento deverá ser feito com betonilha convencional que cobrirá o furo até à superfície.

O sistema de produção de energia geotérmica é do tipo vertical. Para isso, foram executadas 9 perfurações verticais com uma profundidade unitária de 99 metros, para a colocação das respectivas sondas verticais em U e perfazer a profundidade total de 891 m.

O sistema de captação vertical será constituído pelos seguintes componentes e acessórios

Sonda de captação com diâmetro 40x3.7, em PEAD;

Tubagem de ligação Colector da fonte/cabeça do furo PEAD 40x7.7;

Uniões;

Curvas;

Colector;

Anticongelante;

Enchimento e drenagem

Em cada circuito não serão permitidas quaisquer junções, ou emendas.

### 9.1.3. Circuito de refrigeração em pormenor

No processo de funcionamento de um aparelho de refrigeração – e é disso que se trata no caso do aquecimento com bombas de calor – recorre-se aos fenómenos físicos da evaporação, compressão, condensação e expansão, para se conseguir transferir calor de baixa para alta temperatura.

O circuito de refrigeração constituído por: evaporador, compressor, condensador e válvula de expansão (onde ocorrem os fenómenos já mencionados) é preenchido com um líquido, designado por gás refrigerante, que possui um ponto de evaporação muito baixo. Dependendo do tipo de gás refrigerante, a temperaturas de evaporação poderá ser de -50 °C ou inferior.

---

Durante a evaporação, o gás refrigerante absorve calor do meio. Com o auxílio do compressor, o gás refrigerante que se encontra no estado de vapor é então comprimido, atingindo uma pressão elevada à saída do compressor. Durante a compressão, o nível de fricção entre as moléculas do gás aumenta de forma significativa e conseqüentemente dá-se um aumento da sua temperatura. Posteriormente, o gás é arrefecido no condensador. Neste processo dá-se uma transferência de calor do gás refrigerante para o fluído que se pretende aquecer (água quente para aquecimento central, por exemplo). Após a condensação, o gás passa por uma válvula de expansão, onde sofre uma redução brusca pressão entrando novamente no evaporador, sendo possível desta forma iniciar o ciclo novamente.

O que significa isto em concreto no caso de uma bomba de calor? Tal como o frigorífico retira calor do seu interior, a bomba de calor faz o mesmo ao ambiente. Ela retira calor, por exemplo, da água subterrânea ou, também, do subsolo. O calor é retirado destes elementos através do processo de evaporação e levado até um nível superior de temperatura por meio do compressor. O calor presente no condensador é, depois, libertado: por exemplo, para o circuito de aquecimento ou para o reservatório de água quente.

Desta forma, é possível aquecer o ambiente e tomar banho explorando o calor contido no solo que se renova continuamente de modo natural.

Para os sistemas de aquecimento com bombas de calor WATERKOTTE é utilizada, principalmente, a energia solar acumulada no subsolo ou na água subterrânea. A temperatura constante no subsolo em qualquer altura do ano e em qualquer parte do mundo a uma profundidade de aproximadamente 10 metros é de 12 °C. Quer esteja sol quer não esteja. E quaisquer que sejam as temperaturas exteriores na altura. Mesmo no Inverno sueco a temperaturas exteriores de até -30 °C.

#### 9.1.4. Furos de captação Vertical

A localização da perfuração vertical depois de executada poderá ser terraplanada e transformada num jardim como figura em baixo.



Figura 38. Furos de captação vertical

#### 9.1.5. Bomba de calor geotérmica

A bomba de calor é fornecida no interior de uma carcaça de design moderno.

A carcaça está montada numa estrutura base estável constituída por um perfil em forma de L.A. concepção em duplo chassis protege a unidade da propagação de ruídos e vibrações através da estrutura em contacto com as partes mecânicas da bomba de calor.

O revestimento da carcaça protege contra ressonância e perda de calor. O revestimento é amovível, permitindo total acesso a todas as partes interiores, sem a necessidade de se interromperem as ligações das tubagens.

O circuito de refrigeração da bomba de calor é composto por 2 permutadores de calor em aço inoxidável de elevada qualidade V4A: Evaporador, Condensador.

Dependendo do nível de potência, os compressores são herméticos do tipo screw ou pistão de elevada eficiência e encontram-se fixos ao chassis interno através de ligações flexíveis.

O escalonamento da potência em dois níveis ou mais é possível em opção. Todos os componentes dispensam manutenção e possuem um elevado tempo de vida útil.



---

O circuito de arrefecimento foi testado a estanqueidade 2 vezes em vácuo e á pressão e automaticamente enchido com gás refrigerante.

**Sistema de Controlo:**

Regulação por microcomputador RESÜMAT CD 4 usando a tecnologia DDC, compatível com bus, RS 232 para PC. 11 Entradas analógicas e 8 digitais, modem de embutir em opção para visualização e controlo remoto do sistema, 2 transdutores de pressão para o gás refrigerante, sensor de temperatura exterior, controlo do sentido de rotação do compressor e de interrupção de fase, software para controlo optimizado da operação com modo de funcionamento para baixos consumos de energia, possibilidade de Flash PROM Service.



Figura 39. Bomba de calor geotérmico

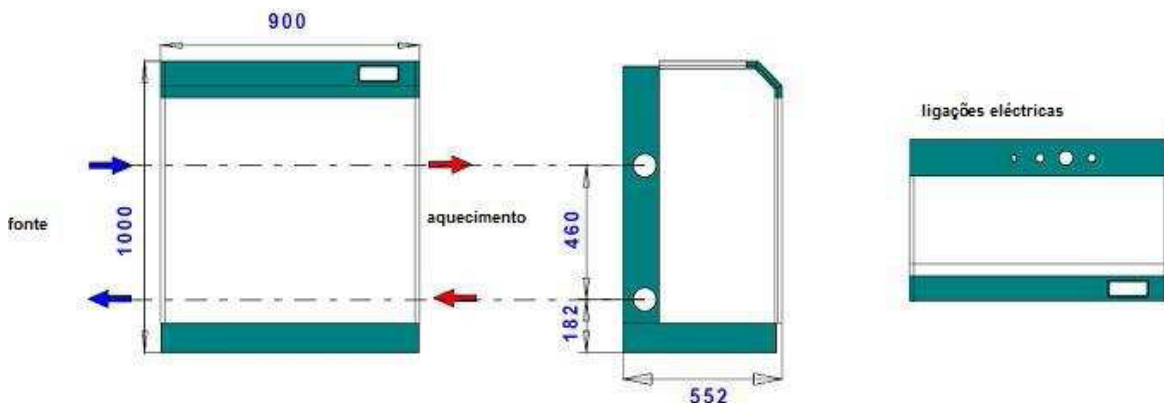


Figura 40. Bomba de calor geotérmico DS 5051.3 com R407C

Bombas de calor DS 5051.3: as bombas de calor Waterkotte são concebidas para operar num sistema do tipo água/água (**W10/W35** = água subterrânea como fonte de calor com 10°C na entrada do evaporador, e aproveitamento do calor da água do circuito de aquecimento a 35 °C) ou num sistema do tipo água-etilenoglicol/água (25% glicol) (**B0/W35** = água-etilenoglicol da fonte de calor com 0 °C á entrada do evaporador, e aproveitamento do calor da água do circuito de aquecimento a 35 °C). O gás refrigerante usado é R407C.

Os caudais volúmicos tomados como base correspondem a um arrefecimento de 4 K para a fonte de calor (10°C/6°C o 0°C/-4°C) e a um reaquecimento de 5 K p ara o aquecimento (30°C/35°C) (condições de funcionamento optimizados).

Valor nominal	5025.3	5030.3	5034.3	5043.3	5051.3
Cons./caudal. pot. <b>W10/W35</b> , kW de acordo EN 255	5,0 / 25,9	5,9 / 31,2	6,8 / 36,1	30-12-99	9,9 / 53,3
Caudal da água freática , m³/h (W10/W35)	4,5	5,4	6,3	7,7	9,3
perdas de carga no evaporador em m.c.a	2,0	2,0	1,5	1,6	2,3
Caudal de água no lençol freático, mínimo m³/h (W10/W35)	3,0	3,6	4,2	5,1	6,2
Caudal água de aquecimento, m³/h (W10/W35)	4,5	5,4	6,3	7,7	9,3
perdas de carga no condensador em m.c.a	5,0 / 19,6	5,9 / 23,5	6,8 / 27,1	8,4 / 33,6	9,9 / 39,8
potência absorvida/calorífica <b>B0/W35</b> kW segundo EN 255	5,0 / 19,6	5,9 / 23,5	6,8 / 27,1	8,4 / 33,6	9,9 / 39,8
Caudal água-glicol, m³/h (B0/W35)	3,3	4,0	4,7	5,8	7,1
perdas de carga no evaporador em m.c.a	1,3	1,4	1,2	1,1	1,4
Caudal água de aquecimento, m³/h (B0/W35)	3,3	4,0	4,7	5,8	7,1
perdas de carga no condensador em m.c.a	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
<b>condições limites</b>	<b>B-5/W50 , W5/W55</b>				
<b>compressor</b>	Hermético				

Figura 41. Características da bomba

9.1.6. Tabela dos custos de operação

<b>Aquecimento</b>	
Necessidades Energéticas Anuais, em kWh	55100
Consumo Anual de electricidade, em kWh	11020
Consumo Anual de combustível, em kWh	-
Consumo Anual de electricidade, em litros	-
<b>Custos da Operação</b>	<b>961 €/Ano</b>
<b>Arrefecimento</b>	
Necessidades Energéticas Anuais, em kWh	3000
Consumo Anual de electricidade, em kWh	500
Consumo Anual de combustível, em kWh	-
Consumo Anual de electricidade, em litros	-
<b>Custos da Operação</b>	<b>54 €/Ano</b>
<b>AQS</b>	
Necessidades Energéticas Anuais, em kWh	16128
Consumo Anual de electricidade, em kWh	4244
Consumo Anual de combustível, em kWh	-
Consumo Anual de electricidade, em litros	-
<b>Custos da Operação</b>	<b>260 €/Ano</b>
<b>Total</b>	<b>1257 €/Ano</b>

Tabela 17. Custos de operação



---

### **Equipamento eléctrico:**

O painel de comando encontra-se instalado na parte frontal da estrutura de protecção da bomba de calor e possui ligações eléctricas aos dispositivos de segurança e ao compressor da bomba de calor.

O controlo da bomba de calor usa as tecnologias de controlo de última geração. Sensores são instalados no circuito refrigerante da bomba de calor, garantindo uma análise contínua do seu funcionamento, desta forma, as deficiências de funcionamento são detectadas no início desencadeando o processamento de mensagens de erro.

Esta tecnologia de controlo permite ainda a ampliação e integração de mais elementos no mesmo sistema.

### **Características:**

- Dimensões: 1565x1400x850.
- Compressor de parafuso
- Estrutura exterior desmontável para acesso a todos os componentes da bomba de calor.
- Unidade com isolamento acústico e térmico.
- Construção em chassis duplo em “L” com ligações flexíveis.
- Ligações entre o compressor e chassi internam com apoios flexíveis duplos.
- Condensador e evaporador em aço inoxidável de elevada qualidade.

### **Deverá incluir os seguintes Acessórios:**

- Modem interno para controlador (WPCU).
- Tecnologia e materiais para a fonte de calor
- Módulo hidráulico da fonte de calor.
- Jogo de ligações rápidas para AQS e aquecimento.
- Circuito refrigerante testado 2 vezes em vácuo, sob pressão e carregado automaticamente.
- Teste eléctrico de segurança e arranque.



Figura 42. Quadro eléctrico

### **Depósitos de inércia**

Estes serão de montagem vertical no solo para circuitos de água quente e água fria. A sua construção será em aço ao carbono de elevada qualidade com revestimento interno em Vitroflex HI-TECH.

Deverão ser isolados com poliestireno de no mínimo 50 mm de espessura, para funcionamento a 8 bar e temperatura máxima de 99°C.



Figura 43. Depósito de água Fria



Figura 44. Depósito de água quente

---

### 9.1.7. Caixas Porta – Colectores

Da casa das máquinas saem 4 linhas independentes de água quente e de água fria, essas conforme figura em baixo.



Figura 45. Saída da casa das máquinas

Estas linhas de água quente e água fria vão abastecer as caixas porta-colectores, como se pode ver no desenho seguinte, assim sendo a primeira linha alimenta 4 Caixas, a segunda linha 3 caixas, a terceira linha 3 caixas e a quarta linha 3 caixas, perfazendo um total de 13 caixas porta-colectores (CPC) na figura seguinte mostramos uma destas caixas.

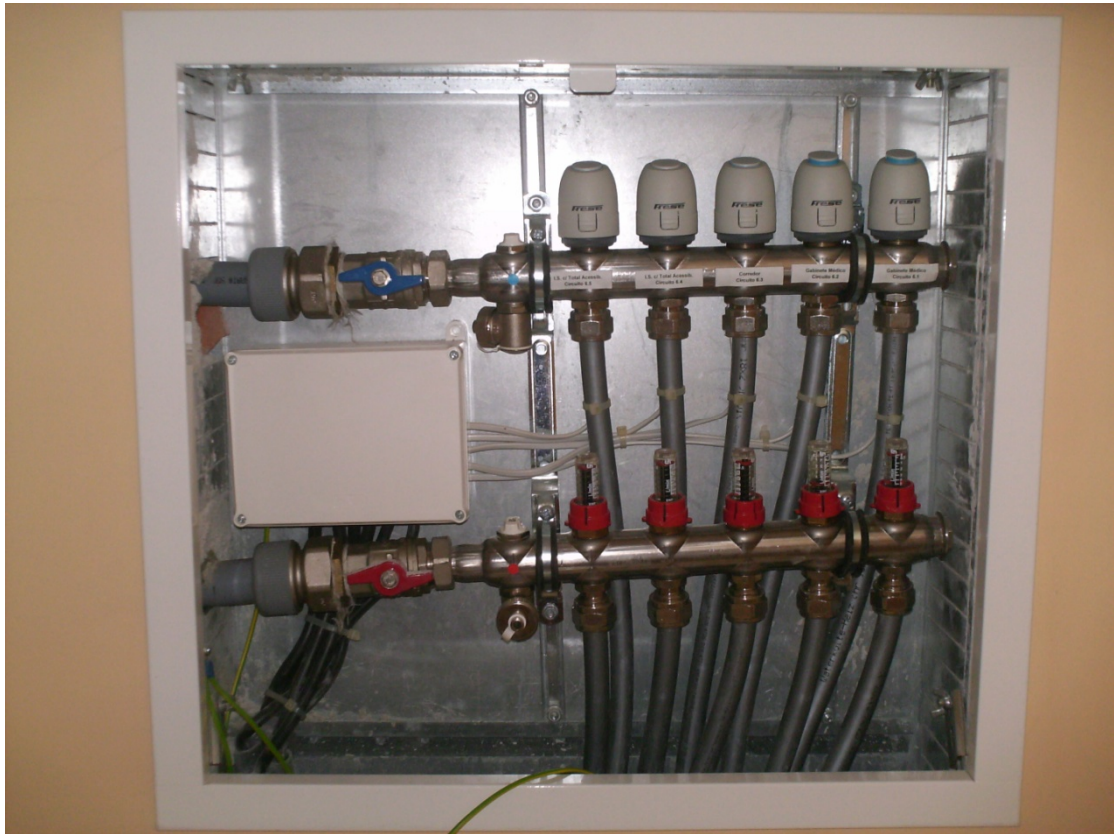


Figura 46. Caixas porta-colectores (CPC4)

Da CPC4 saem circuitos de água fria e água quente que vão alimentar as várias divisões do Lar de idosos, como se pode ver no desenho seguinte as tubagens de chegada PB DIM 32x29 mm, alimentam a CPC4 que por sua vez vai alimentar 4 zonas distintas como indica a azul a imagem seguinte:



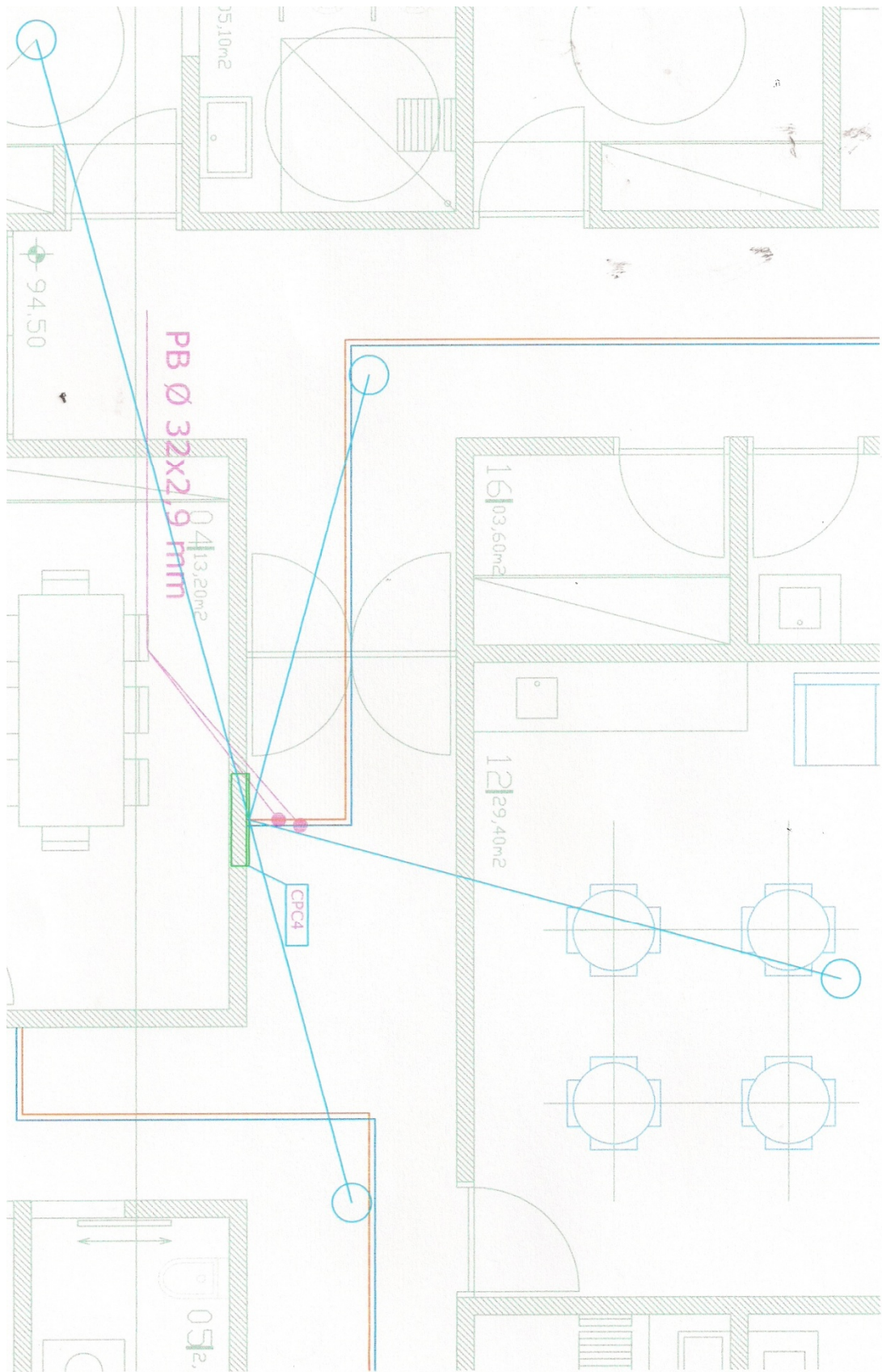


Figura 47. Localização da CPC4 e derivações

Cada uma das zonas assinaladas a azul alimenta um circuito. Na imagem anterior temos 4 zonas distintas que vão alimentar os circuitos N.º 4.2, N.º 4.3, N.º 4.6, N.º 4.4, que se apresentam na imagem seguinte, temos por exemplo o circuito N.º 4.2 que tem uma Área de 5,6 m<sup>2</sup>, com tubagens de diâmetro 150 mm a fazer o piso radiante e um comprimento total de 61 m.

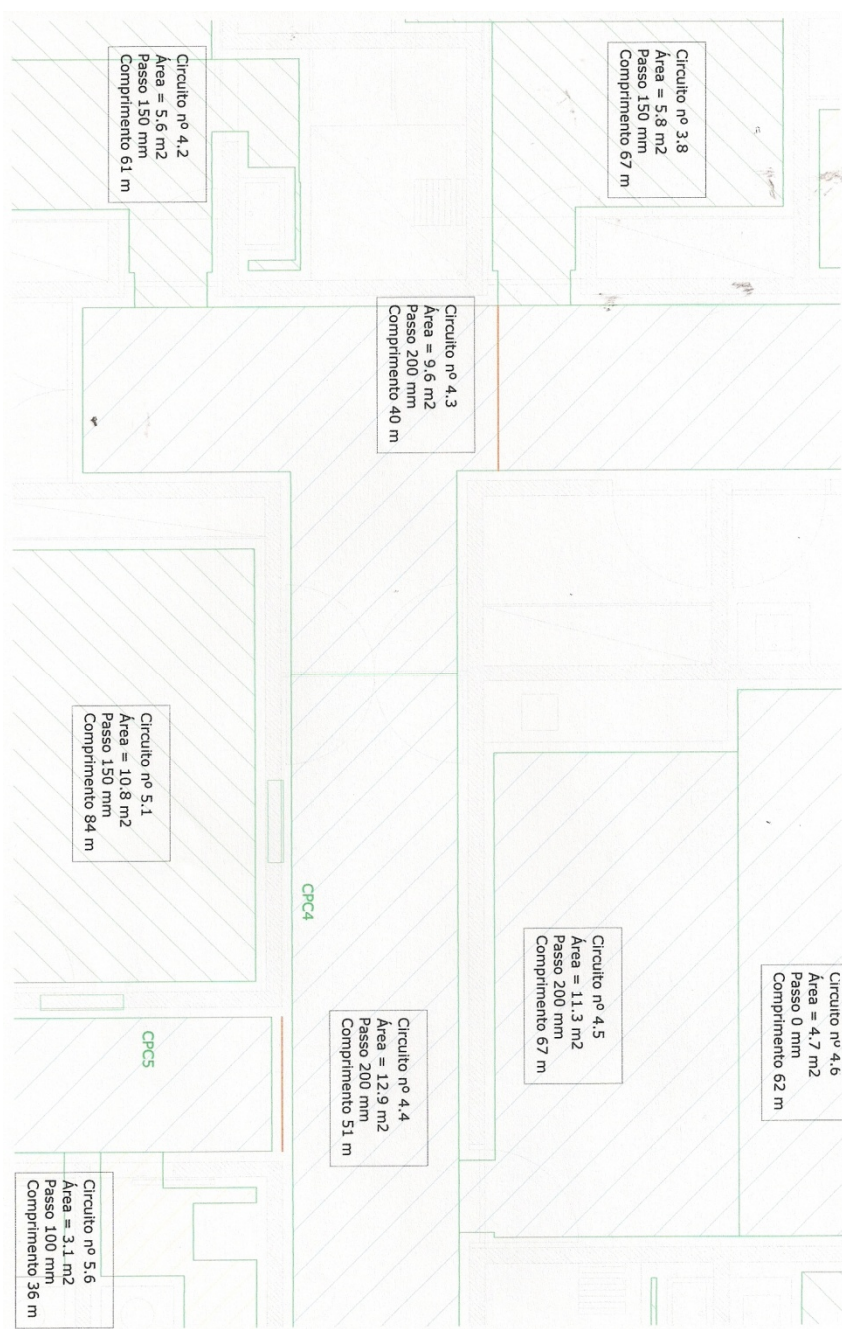


Figura 48. Circuitos de aquecimento







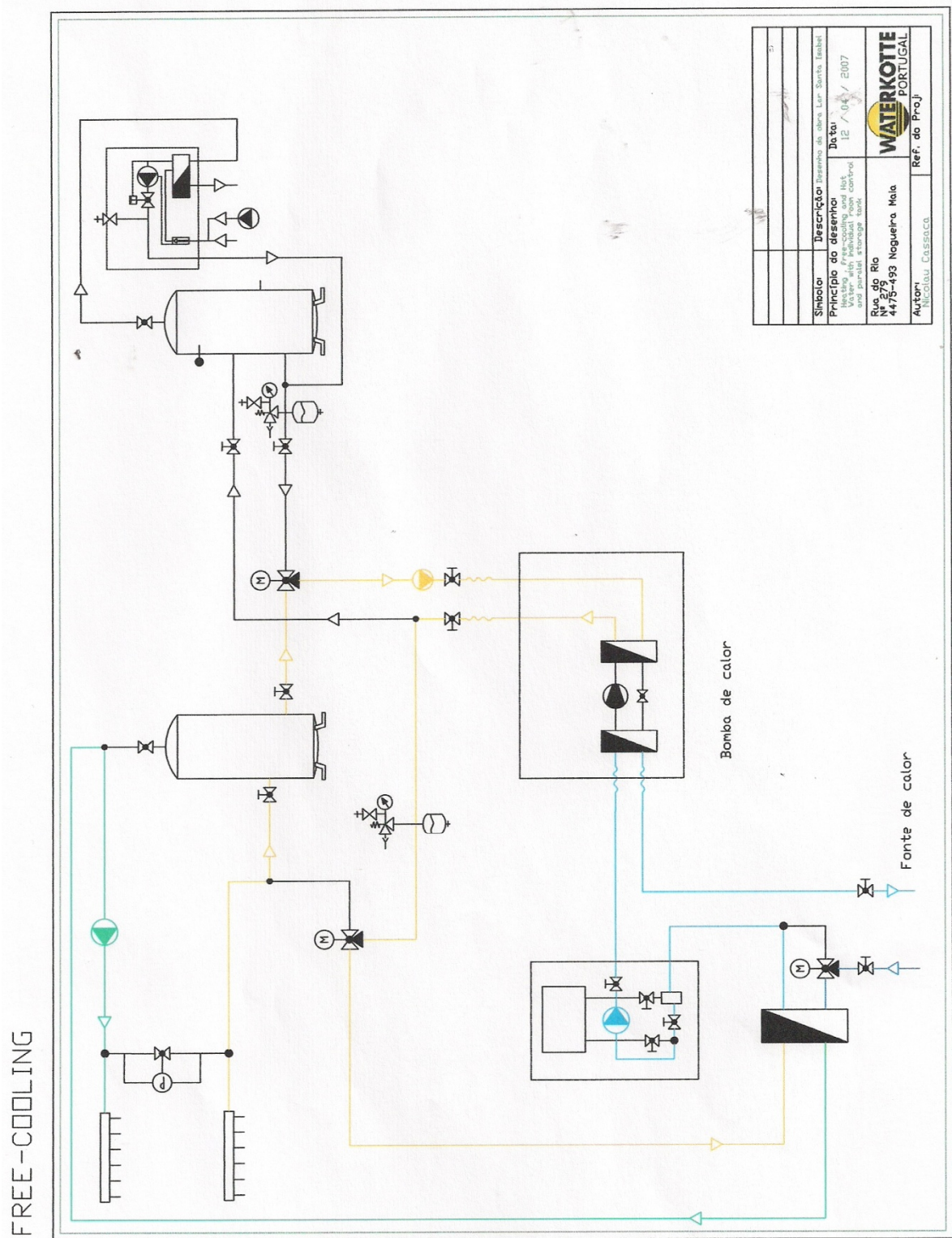


Figura 50. Free-cooling

### 9.1.9. Orçamento do sistema geotérmico instalado

<b>Ref.</b>	<b>Grupo Energético</b>	<b>Preço / Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Total</b>
DS04331	Bomba de calor Waterkotte Modelo DS 5051.3	15.272,00 €	1	15.272,00 €
Z14104	Bomba de circulação	500,00 €	1	500,00 €
Z13026	Sensor de temperatura exterior	47,50 €	1	47,50 €
Z13677	Modem Interno	133,00 €	1	133,00 €
Z14900	Programa de serviço	403,50 €	1	403,50 €
Z13850	Tela de isolamento	60,00 €	1	60,00 €
				<b>16.416,00 €</b>
<b>Ref.</b>	<b>Sistema de pavimento radiante</b>	<b>Preço / Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Total</b>
Z13553	Conjunto de rolos	1.972,00 €	4	7.888,00 €
Z14644	Bases de fixação	322,00 €	10	3.220,00 €
Z14647	Pinos de fixação	103,50 €	7	724,50 €
Z14541	Colector em monobloco	347,50 €	12	4.170,00 €
Z14628	Caixa porta colectores	147,50 €	12	1.770,00 €
				<b>17.772,50 €</b>
<b>Ref.</b>	<b>Sistema de regulação de temperatura dos espaços</b>	<b>Preço / Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Total</b>
Z13217	Actuadores eléctricos de válvulas	40,50 €	96	3.888,00 €
Z13219	Termóstatos	49,50 €	32	1.584,00 €
Z12525	Reservatório de inércia de 900 l	1.713,50 €	1	1.713,50 €
				<b>7.185,50 €</b>
<b>Ref.</b>	<b>AQS (Aguas quentes sanitárias)</b>	<b>Preço / Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Total</b>
Z12443	Reservatório AQS 950 l	2.863,50 €	1	2.863,50 €
F10597	Kit permutador de caor	1.405,50 €	2	2.811,00 €
Z11401	Vaso de expansão 18l	50,50 €	2	101,00 €
Z10753	Válvula de 3 Vias	697,00 €	1	697,00 €
F10523	Relé para válvula de 3 vias	67,00 €	1	67,00 €
				<b>6.539,50 €</b>
<b>Ref.</b>	<b>Circuito Hidráulico de Arrefecimento</b>	<b>Preço / Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Total</b>
Z14247	Permutador de calor para arrefecimento	1.023,50 €	1	1.023,50 €
Z10523	Válvula de 3 vias	647,50 €	2	1.295,00 €
F10523	Relé para válvula	67,00 €	2	134,00 €
				<b>2.452,50 €</b>

<b>Fonte de calo geotérmica – Captação vertical</b>	<b>Potencia instalada</b>	<b>Custo da fonte</b>	<b>Total</b>
Sondas de captação de energia geotérmica em PEAD, incluindo anticongelante á base de etileno, colector, modulo hidráulico, material de enchimentos e todos os trabalhos necessários á boa execução do produto final.	55,10 kW	415 €/kW	22.866,50 €
			<b>22.866,50 €</b>

Tabela 18. Orçamento do sistema Geotérmico

## 9.2. Sistema a gás

Foi também efectuado um circuito de uma caldeira que alimenta a gás para a eventualidade de o circuito de geotermia ter uma avaria ou estar em manutenção, na conclusão deste estudo irei demonstrar as diferenças de custos entre os dois sistemas, pois durante um mês o circuito esteve parado e teve de se accionar o sistema a gás.

### 9.2.1. Caldeira de aquecimento

A caldeira de água quente é do tipo mural, electrónica de combustão estanque, alimentada a gás, de fabrico de série e de marca conceituada. É uma unidade própria para realizar o aquecimento das águas de consumo e/ou aquecimento ambiente, com prioridade para as primeiras.

Incorporará os seguintes componentes:

- \* Corpo em chapa de aço isolado termicamente com lã de vidro;
- \* Acendimento automático, sem chama piloto;
- \* Segurança de chama por sonda de ionização;
- \* Segurança anti-bloqueio do circulador;
- \* Régua de ligações equipada com válvulas de fecho e esgoto;
- \* Pressostato de segurança por falta de água no circuito de aquecimento;
- \* Segurança por sobreaquecimento do circuito de aquecimento;
- \* Válvula automática de 3 vias para regulação do aquecimento de água de consumo ou aquecimento central;

- 
- \* Termóstato de regulação e controlo de água quente de consumo;
  - \* Válvula de gás, com modulação de caudal desde 3/3 a 1/3;
  - \* Desgasificador centrífugo com purga de ar automática;
  - \* Vaso de expansão fechado;
  - \* Manómetro e termómetro;
  - \* Ventilador
  - \* Kit hidráulico individual
  - \* Sonda exterior
  - \* Sonda AQS directa

O revestimento exterior será em chapa pintada, com a qualidade tal que possa ser integrada à vista.

A chaminé da caldeira mural, deverá ser do tipo concêntrico com admissão de ar de combustão pela zona anelar e escape pelo centro.



Figura 51. Caldeira a gás



Figura 52. Localização das garrafas de gás

### **9.3. Utilização do sistema da caldeira a gás com a geotermia desligada**

Este sistema geotérmico foi instalado com grande sucesso como refere a proprietária, até á data não teve qualquer problema com o mesmo, consegue garantir uma temperatura bastante agradável a todo o lar sem a utilização de outras fontes de energia.

Somente á dois anos o sistema esteve parado durante um mês, o que a obrigou a colocar o sistema de aquecimento da caldeira a gás em funcionamento tendo um custo nesse mês na ordem de 1.300 € em gás, o custo mensal em electricidade das máquinas da geotermia é em media de 106,25 €

Através da empresa GUDENERGY tive acesso a um simulador de consumos para o aquecimento do lar em questão respectivamente com a utilização de gás propano, gasóleo e gás natural, os resultados finais são os seguintes:



Consumos anuais para aquecimento do lar com área activa de climatização de 1000 m2 no concelho do Cartaxo	
Gás propano	10.017,71 €
Gasóleo	7.257,43 €
Gás natural	3.977,54 €
Geotermia	1.275,00 €
Quanto vai economizar utilizando a geotermia em vez das outras soluções ao fim de 15 Anos	
Gás propano	131.178,00 €
Gasóleo	89.774,00 €
Gás natural	40.573,00 €

Tabela 19. Consumos anuais do Lar

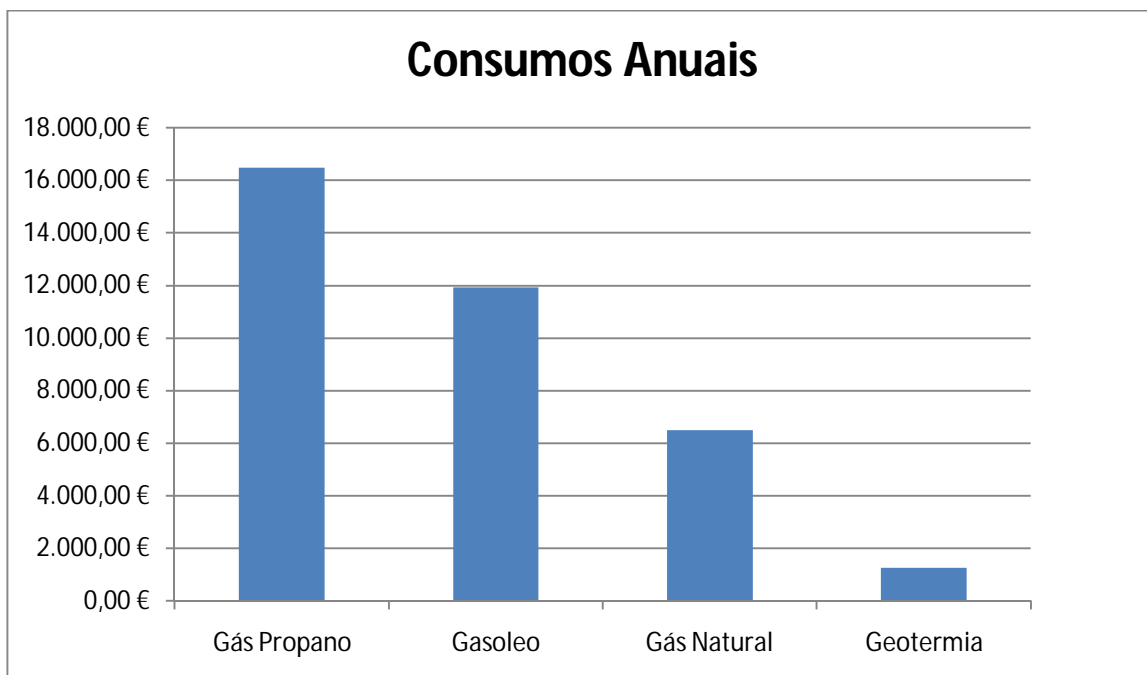


Figura 53. Consumos Anuais

---

## 9.4. Sistema de AVAC

Face à especificidade funcional dos diversos serviços que coexistirão no edifício foram consideradas instalações independentes que irão servir respectivamente os Espaços Comuns e Gabinetes assim como os 17 quartos.

As instalações que servirão as primeiras áreas atrás referidas serão independentes entre si e serão de expansão directa, do tipo RCV bomba de calor, constituídas, cada uma delas, por uma Unidade Condensadora, colocada no exterior na cobertura e associada a diversas Unidades Evaporadoras colocadas nos espaços a tratar.

A Unidade Exterior e as Unidades Interiores estarão interligadas através da rede de fluido frigorigéneo, em tubo de cobre isolado termicamente, além da rede eléctrica de comando e controle.

Será feita a renovação do ar interior sendo insuflado ar exterior, tendo em vista a obtenção de condições de conforto e de acordo com a legislação em vigor. Para o efeito serão consideradas redes de condutas de insuflação e de extracção que ligarão a recuperadores de calor do tipo de fluxos cruzados onde se fará a recuperação do calor do ar extraído para o ar novo a insuflar.

Para o tratamento de ar será considerada a existência de uma Unidade de Ar Condicionado (UAC) autónoma do tipo “roof-top”, onde se fará o tratamento do ar a insuflar no ambiente. Esta UAC estará associada a condutas de insuflação e retorno sendo aquelas equipadas com difusores de insuflação. Este ar será depois conduzido à UAC através de uma conduta. Quer a conduta de insuflação quer a de retorno serão isoladas térmicamente com manta de lã mineral com produto betuminoso e folha de alumínio na face exposta e protegida com chapa de alumínio ou chapa de aço inox.

A UAC será equipada com sistema de “free-cooling” tendo em vista a obtenção de poupanças energéticas.

<u>Ident.</u>	<u>Descrição / Referencia</u>	<u>Totais</u>	<u>Un</u>	<u>Preço por Unidade</u>	<u>Total do Artigo</u>
	<b>INSTALAÇÕES DE AVAC</b>				
<b>1</b>	<b>UNIDADES DE VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO</b>				
1.1.1	UVRec.1	Un	1,00	2.317,50 €	2.317,50 €
1.1.2	UVRec.2	Un	1,00	4.045,00 €	4.045,00 €
<b>1,2</b>	<b>EXTRACTORES TIPO DE CASA DE BANHO</b>				
	SILENT -100 CDZ DA MARCA S&P ou equivalente	Un	24,00	119,48 €	2.867,40 €
<b>1,3</b>	Ventiladores de Conduta (in-line) MARCA S&P MODELO: TD 160/100N	Un	2,00	147,13 €	294,25 €
<b>1,4</b>	<b>SITEMA MULTI V</b>				
	UE	Un	1,00	12.537,00 €	12.537,00 €
<b>1,5</b>	Unidade interior				
	UI .1	Un	1,00	990,00 €	990,00 €
	UI .2	Un	1,00	700,90 €	700,90 €
	UI .3	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .4	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .5	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .6	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .7	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .8	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .9	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .10	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .11	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .12	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .13	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .14	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .15	Un	1,00	765,00 €	765,00 €
	UI .16	Un	1,00	630,00 €	630,00 €
	UI .17	Un	1,00	900,00 €	900,00 €
	UI .18	Un	1,00	675,00 €	675,00 €
	UI .19	Un	1,00	585,00 €	585,00 €
	UI .20	Un	1,00	765,81 €	765,81 €
	UI .21	Un	1,00	765,00 €	765,00 €
<b>1,6</b>	<b>TUBAGEM DE COBRE E ACESSORIOS</b>	VG	1,00	10.192,50 €	10.192,50 €
<b>2</b>	<b>REDES DE AR DE ACORO COM CTE</b>				
2.1	CONDUTAS SEM ISOLAMENTO				
2.1.1	Ø 100 mm	ml	77,30	2,79 €	215,67 €



2.1.2	Ø 150 mm	ml	104,00	4,32 €	449,28 €
2.1.4	Ø 200 mm	ml	57,50	5,27 €	302,74 €
2.1.5	Ø 250 mm	ml	19,50	6,21 €	121,10 €
2.1.6	Ø 300 mm	ml	19,50	7,25 €	141,28 €
<b>3</b>	<b>CONDUTAS COM ISOLAMENTO DEACORDO COM CTE</b>				
3.2.1	Ø 100+i	ml	94,90	3,87 €	367,26 €
3.2.3	Ø 150+i	ml	23,50	5,49 €	129,02 €
3.2.4	Ø 200+i	ml	17,00	6,71 €	113,99 €
3.2.5	Ø 250+i	ml	3,00	7,11 €	21,33 €
3.2.6	Ø 300+i	ml	13,00	8,19 €	106,47 €
3.3	CONDUTAS NÃO METÁLICAS (LIG. FLEXÍVEIS)	Cj	1,00	1.039,50 €	1.039,50 €
3.3.1	CURVAS E DERIVAÇÃO DE VARIOS DIAMETROS DE ACÓRDO COM P.D E CTE	Cj	1,00	810,00 €	810,00 €
3.3.2	OG DE TRANSFORMAÇÃO E PLENOS DE LIGAÇÃO	Cj	1,00	1.710,00 €	1.710,00 €
3.4	GRELHAS E DIFUSORES				
3.4.1	Grelhas de Insuflação				
3.4.1.3	GI4515 (450*150)mm	Un	27,00	22,10 €	596,81 €
3.4.2	Grelhas de Retorno/Extracção c/ registo de caudal				
3.4.2.8	GE + FILTRO (700*150)mm	Un	22,00	56,43 €	1.241,46 €
3.4.6.1	GE (400*150)mm	Un	28,00	37,67 €	1.054,62 €
3.5.	GRELHAS DE EXTERIOR	Cj	3,00	42,00 €	126,01 €
3.6	CHAPEUS DE COBERTURA TIPO DH Ø 100	Cj	1,00	140,40 €	140,40 €
3.7	REGISTOS CORTA FOGO COM FUSIVEL TERMICO Ø 250	Cj	3,00	178,02 €	534,06 €
<b>4</b>	<b>ACESSORIOS</b>				
4.1.1	PLENOS 450*150	Un	50,00	60,90 €	3.045,00 €
4.1.2	ACESSORIOS DE SUSPENÇÃO E PORTAS DE VISITA	Cj	1,00	1.260,00 €	1.260,00 €
<b>6</b>	<b>DIVERSOS</b>				
	Q.E AVAC	Un	1,00	1.890,00 €	1.890,00 €
	CABELAGEM DE LIGAÇÃO DAS UNIDADES DE A/C EM CAMINHO DE CABOS	Cj	1,00	1.310,67 €	1.310,67 €
	TELAS FINAIS INCLUINDO MANUAIS DE FUNCIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS	vg	1,00	585,00 €	585,00 €
<b>TOTAL GLOBAL DO EQUIPAMENTO (ACRESCE O IVA)</b>					<b>63.362,01 €</b>

Tabela 20. Orçamento AVAC

<b>MAPA DE CONSUMOS</b>						
<b>Unidades Interiores</b>	<b>P. Frig.</b>	<b>P.Calorif.</b>	<b>P.Est.Dispo</b>	<b>Caudal</b>	<b>CONSUMO EM W</b>	<b>CONSUMO Amp</b>
	<b>KW</b>	<b>KW</b>	<b>(Pa)</b>	<b>(m3/h)</b>		
UI 1.1	10.6	11.9	50	1740	450	2,00
UI 1.2	3.6	4.0	50	570	30	0,13
UI 1.3	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI 1.4	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI 1.5	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI 1.6	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI 1.7	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI1.8	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI.1.9	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI 1.10	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI 1.11	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI 1.12	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI 1.13	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI 1.14	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI 1.15	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI 1.16	7.1	8	50	1020	30	0,13
UI1.17	3,6	4.0	50	570	30	0,13
UI1.18	8.2	9.2	50	1446	450	2,00
UI 1.19	4.5	5.0	50	630	30	0,13
UI 1.20	2.8	3.2	50	510	30	0,13
UI 1.21	2.8	3.2	50	510	30	0,13
					<b>TOTAL</b>	<b>6,47 kW/h</b>
UE						26,5 Amperes por FASE

Tabela 21. Consumos AVAC

O sistema de AVAC tem um consumo de 6,47 kW/h, mas as maquinas trabalham em media 8 horas diárias, pois elas so são activadas quando a temperatura baixa ou sobe dentro dos parâmetros escolhidos, o preço do kW é de 0,148 €, assim sendo temos um consumo por dia de 6,47 kW/h x 8 horas x 0,148 € = 7,66 €/dia totalizando um consumo anual de 2.803,56 €/ Ano.

---

## 10. CONCLUSÃO

Para finalizar gostaria de dar como exemplo o objecto do meu estudo o lar “Casa da Fidalguia” com varias opções:

Mantendo o sistema existente de piso radiante, permutadores de placas e águas quentes sanitárias, mas alterando a solução de aquecimento por gás propano, gásóleo, e gás natural, os resultados obtidos são os seguintes:

Na solução da geotermia com um investimento inicial de 41.735,00 € correspondente á fonte de calor e ao grupo energético, temos um consumo anual de energia de 1.275,00 € o que nos dá que ao fim de 10 anos o nosso investimento total é de 54.485,00 €

Na solução de gás propano com um investimento inicial de 16.750,00 € correspondente ao sistema da caldeira e acessórios, temos um consumo anual de energia de 10.017,71 € o que nos dá que ao fim de 10 anos o nosso investimento total é de 116.927,10 €

Na solução de gásóleo com um investimento inicial de 17.250,00 € correspondente ao sistema da caldeira e acessórios, temos um consumo anual de energia de 7.257,43 € o que nos dá que ao fim de 10 anos o nosso investimento total é de 89.824,39 €

Na solução de gás natural temos um investimento inicial de 16.750,00 € temos um consumo anual de energia de 3.977,34 € o que nos dá que ao fim de 10 anos o nosso investimento total é de 56.523,40 €

Alterando todo o sistema para um sistema de AVAC convencional os resultados obtidos são os seguintes:

Na solução da geotermia com um investimento inicial de 66.693,00 € referente ao orçamento da geotermia, retirando as AQS, temos um consumo anual de energia de 1.275,00 € o que nos dá que ao fim de 10 anos o nosso investimento total é de 79.443,00 €

---

Na solução de AVAC com um investimento inicial de 63.362,01 € referente ao orçamento em cima descrito, temos um consumo anual de energia de 2.803,56 € o que nos dá que ao fim de 10 anos o nosso investimento total é de 91.397,61 €

Como se pode concluir com os resultados obtidos a solução da geotermia é em tudo melhor, pois não só em termos monetários ao fim de 10 anos supera a segunda solução mais económica, a nível ambiental não é poluente e é um sistema com um consumo constante de energia, não afectando o equipamento com picos de potencia como o sistema de AVAC que ao fim de 10 anos tem um custo elevado de manutenção sendo muitas das vezes necessário substituir os equipamentos pois os mesmos encontram-se sujeitos a impactos ambientais e acabam por se danificar, a nível de conforto como pude verificar no decorrer deste ano que passou tanto no inverno como no verão mantém uma temperatura agradável e não nos podemos esquecer que estamos a falar de um lar de idosos em que a temperatura é factor fundamental para o bem-estar das pessoas que se encontram no lar.

---

## 11. BIBLIOGRAFIA

### Referências bibliográficas

- 1 - *E-GEO sistema nacional de informação geocientífica (2005)* – Catalogo de recursos geotécnicos em Portugal.
- 2 - *XV Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Geológica e de Minas da Ordem dos Engenheiros*, realizado em Ponta delgada, de 26 a 29 de Maio de 2005.
- 3 - *DGEG direcção geral de energia e geologia* <http://www.dgge.pt>.
- 4 - *Erlangen AG Technologie Scouting & Marketing* (Alemanha)
- 5 - *Bureau de Recherches Géologiques et Minières* (França)
- 6 - *Institute of Energy for South-East Europe* (Grécia, com competência em vários países)
- 7 - *Institute of Geology and Mineral Exploration* (Grécia)
- 8 - *Instituto Geológico y Minero de España* (Espanha)
- 9 - *Rödl & Partner GmbH* (Alemanha)
- 10 - *A.Cavaco. (1991)* – “Projecto geotérmico de São Pedro do Sul”
- 11 - *Atlas de recursos geotérmicos da Europa* – Projecto JOU2 – CT93 – 0298 – DG WSME

---

12 - *Carvalho J. M. (1994)* – “The air force Hospital – geothermal project in Lisbon  
“Geothermics’94 in Europe. Document BRGM n.º 230 Editions BRGM, Orleans pp 441-  
448

13 - *Lourenço M. C. (1998)* – “Recursos Geotérmicos de baixa entalpia em Portugal  
continental, 4º congresso de água, Lisboa, 23 a 27 de Março de 1998, 11p.

14 - *Costa L. R. e Cruz, J. A. (2000)* – “Geotermia de baixa entalpia em Portugal, situação  
presente e perspectivas de evolução” Boletim de minas, Vol. 37 – nº 2 Instituto Geológico  
e Mineiro.

15 - DW-WORLD.DE, 2007 – Projecto Alemão ([Christian Schönwiesner-Bozkurt](#))

16 - Analysis of the utilization of mine galleries as geothermal heat exchangers by means a  
semi-empirical prediction method - (Rafael Rodríguez, María B. Díaz Renewable Energy)

17 - “Geothermal Electricity and Combined heat and Power”, EGEC, 2007

18 - “The Investor’s Guide to Geothermal Energy, How to capitalize on the heat beneath  
your feet”, Forseo, 2008.

19 - “A geothermal Europe –EGEC Brussels Declaration”, EGEC, 2009 - [http://res-  
legal.eu/](http://res-legal.eu/)

20 - IGEIA – Integration of geothermal energy into Industrial Applications

21 - [siam.azores.gov.p](http://siam.azores.gov.p); Eng.º Carlos Bicudo SOGEO

22 - Sites: <http://www.isempa.com>; <http://www.portalsaofrancisco.com.br>; [http://www.g-  
sat.net/geotermica-biomassa-2417](http://www.g-sat.net/geotermica-biomassa-2417); <http://energiaecologia304.blogspot.com>;  
<http://bcdjmenergia.blogspot.com/>