

GEOTERMIA

SISTEMAS GEOTÉRMICOS DE BAIXA ENTALPIA E SUA APLICAÇÃO

Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008



O que é a Geotermia?

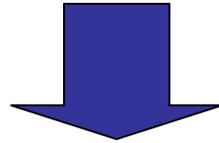
Geotermia é o aproveitamento da energia térmica da terra através da sua captação

Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008

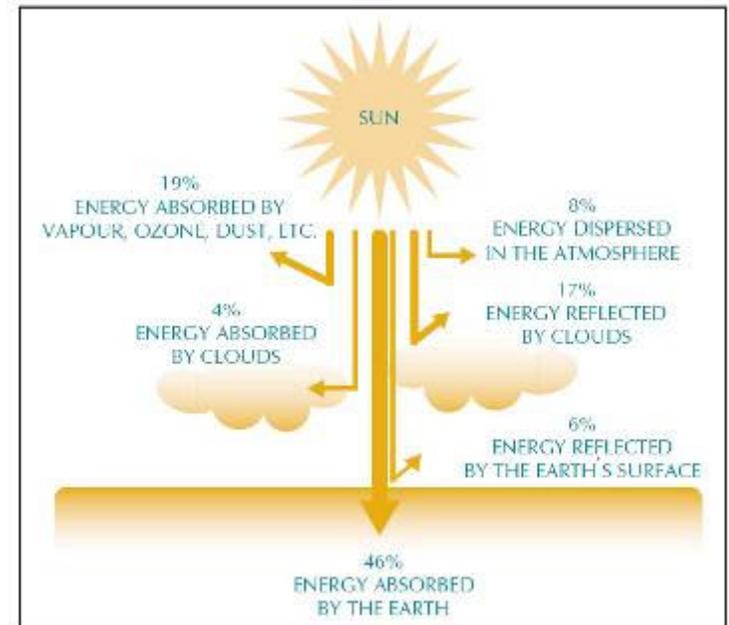
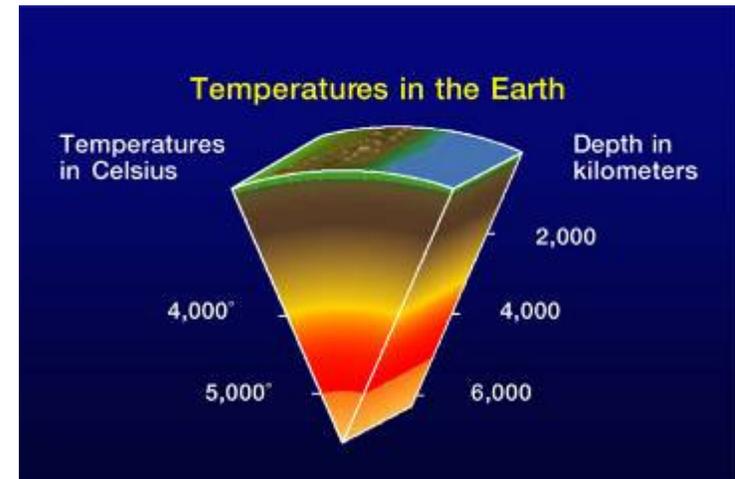
Geotermia

Energia Geotérmica



Calor interno da Terra

Acumulação dos ganhos solares



Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008

A energia geotérmica é uma fonte de energia quase inesgotável, constantemente disponível no tempo, renovável, e com baixo impacto no ambiente

Recursos Geotérmicos

Os recursos geotérmicos são classificados segundo:

- ❑ Temperatura
- ❑ Estado físico da água (líquido/vapor)
- ❑ Aproveitamento energético



Alta Entalpia

Temperaturas > 150°C

Água no estado de vapor

Baixa Entalpia

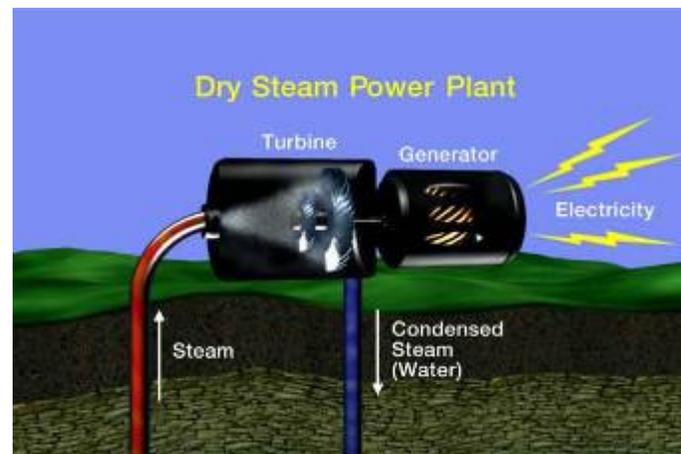
Temperaturas < 150°C

Água no estado vapor/líquido

Tipos de Aproveitamento

Alta Entalpia

Produção de energia eléctrica

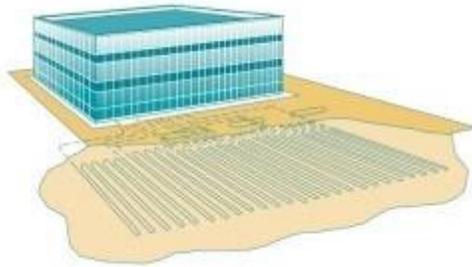


Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008

Tipos de Aproveitamento

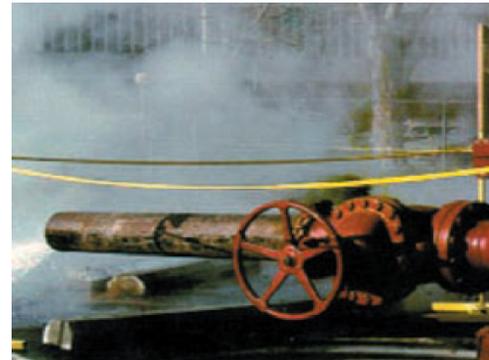
Baixa Entalpia



Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008

Climatização em Edifícios habitacionais e Comerciais

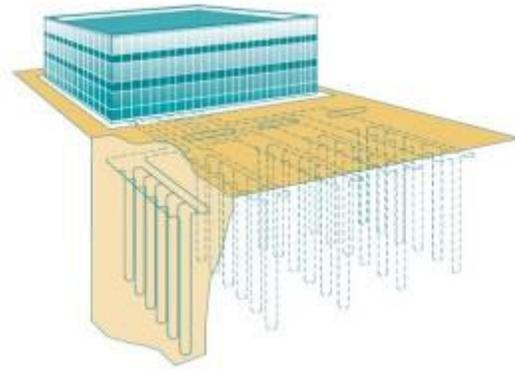


Aquecimento em processos Industriais



Climatização de Estufas

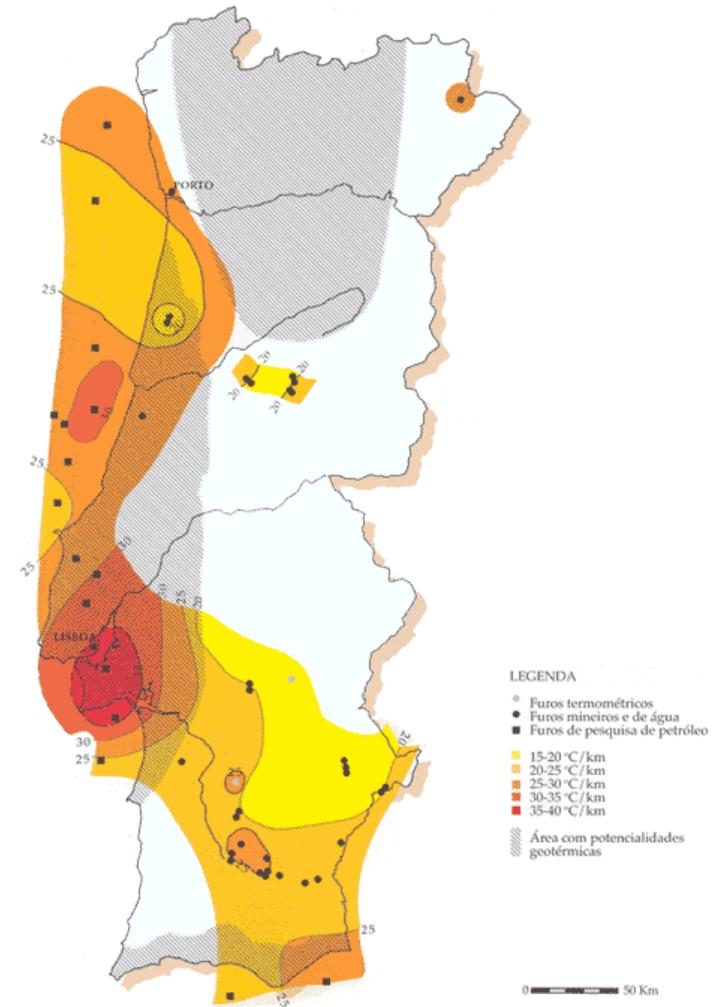
Baixa Entalpia em Portugal



Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

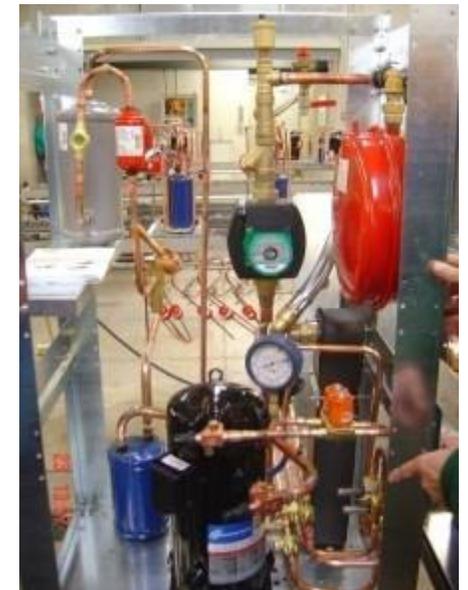
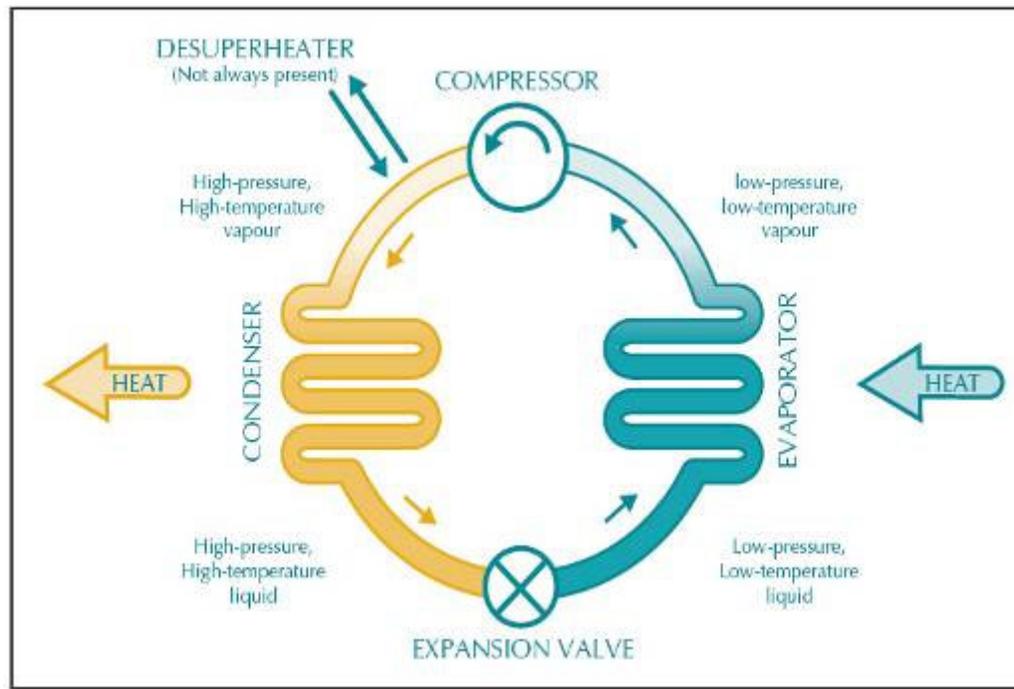
Lisboa
3 de Dezembro 2008

Encontram-se temperaturas médias de 10-14°C a partir de 1 metro de profundidade.



Bomba de Calor

A **Bomba de calor geotérmica** é uma máquina, composta basicamente por um circuito frigorífico, que aproveita as mudanças de estado de um fluido (cujas propriedades são conhecidas), para através de uma baixa injeção de energia eléctrica produzir uma elevada quantidade de calor.



Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008

Vantagem da Bomba de Calor Geotérmica

- Sendo a Terra uma fonte de calor estável, com reduzidas amplitudes térmicas, o seu aproveitamento térmico permite-nos obter rendimentos estáveis mesmo com temperaturas negativas do ar.
- Esta situação não se aplica às bombas de calor aerotérmicas cuja eficiência (COP) varia em função da temperatura, estando ainda limitada ao ponto de congelação da água (4°C).

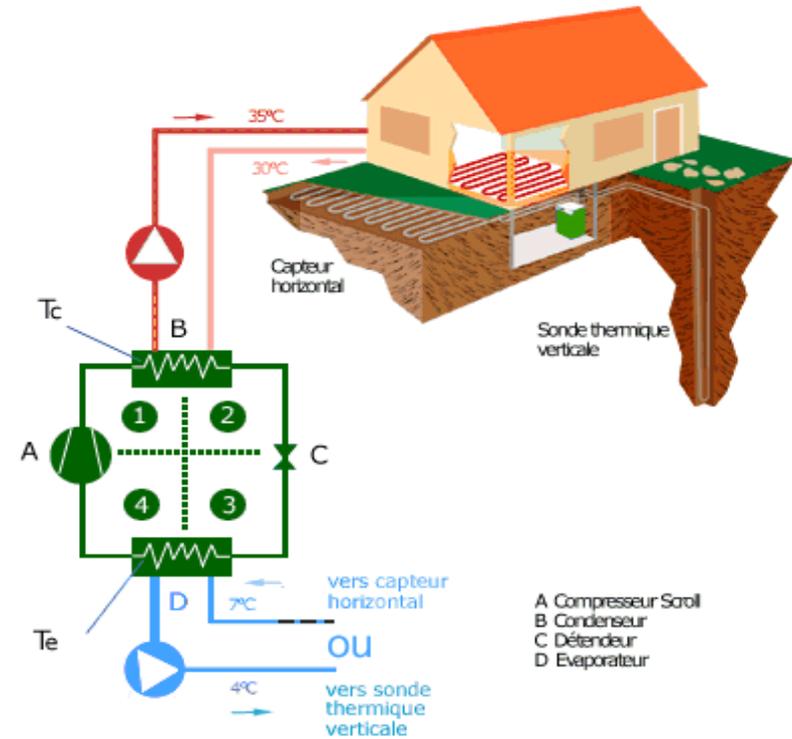
Sistema geotérmico

□ Captação exterior

Constituída por um conjunto de tubos (cobre ou polietileno) enterrados a uma profundidade superior a 60 cm.

□ Difusão

-Depósito de A.Q.S.
-Pavimento radiante, radiadores ou ventilo convectores.

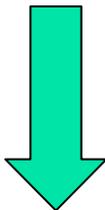
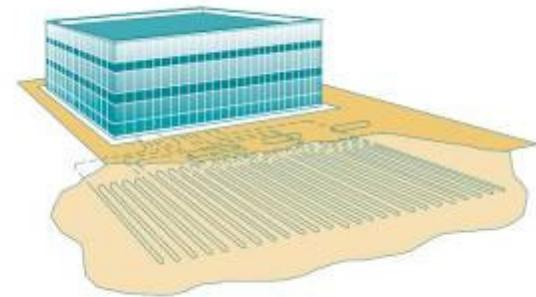


Tipologia da captação geotérmica

A Captação Geotérmica pode ser:



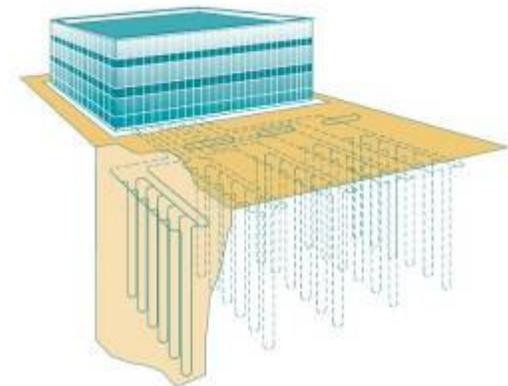
HORIZONTAL



VERTICAL

Circuito fechado

Circuito aberto



Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

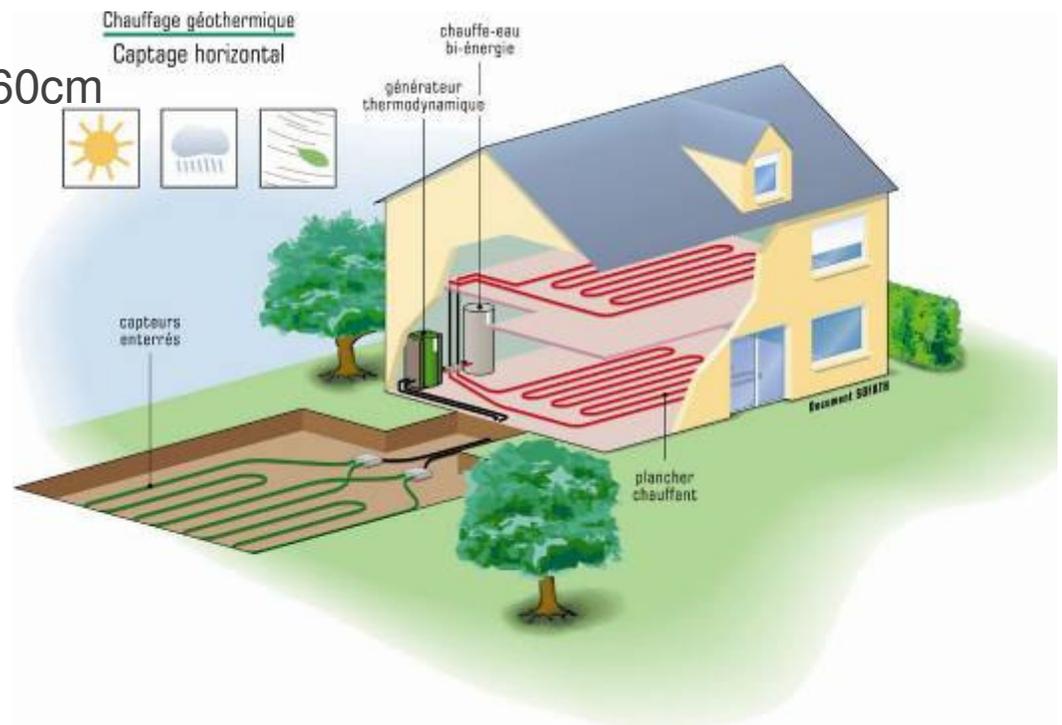
Lisboa
3 de Dezembro 2008

Captação geotérmica

Captação Horizontal

Na tubagem enterrada na terra, circula água glicolada ou fluido refrigerante.

Profundidade mínima 60cm



Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008

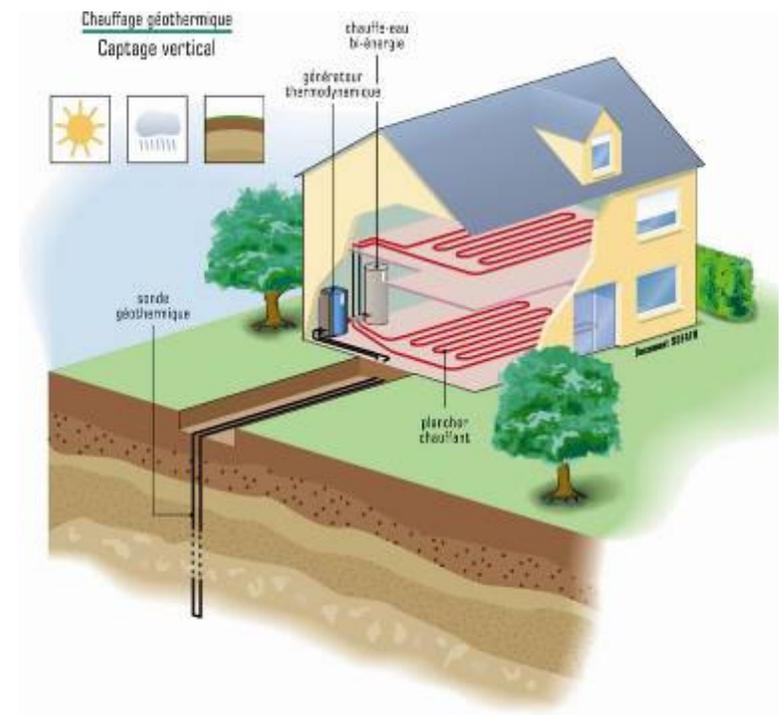
Captação geotérmica

Captação Vertical

Circuito fechado

Inserção de sondas geotérmicas num furo vertical, onde se faz circular água glicolada a -15°C .

O furo deve ser cheio com bentonite, por forma a evitar o contacto entre os diferentes leitos freáticos e aumentar a superfície de permuta.

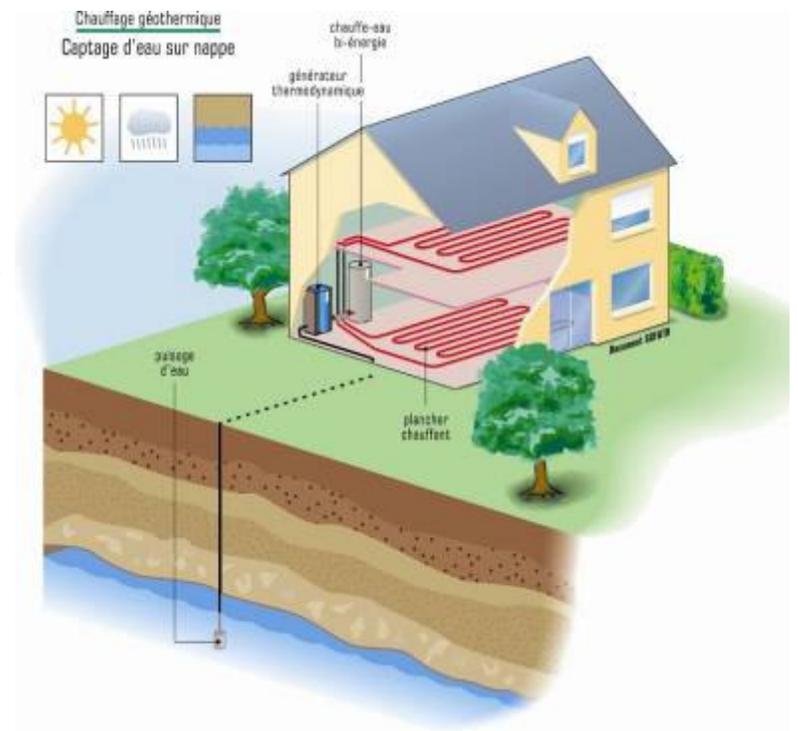


Captação geotérmica

Captação Vertical

Circuito aberto

Inserção de uma bomba submersível num furo ou poço de profundidade não superior a 20 m, de onde se bombeia a água que circula pelo gerador termodinâmico.

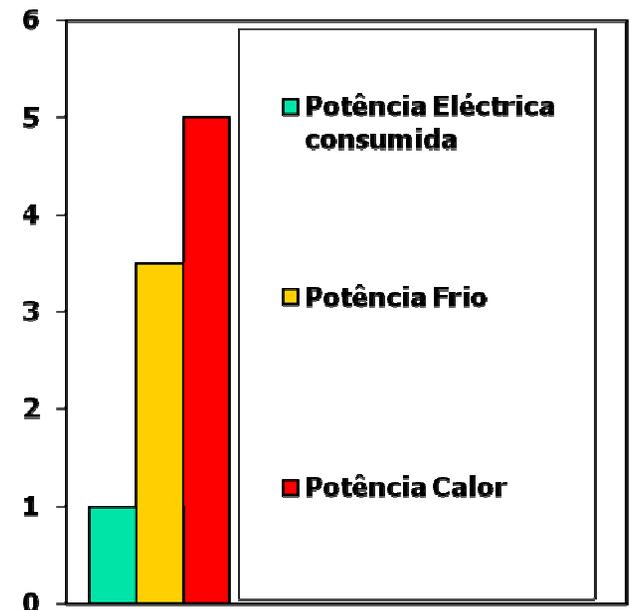


Sistema Geotérmico - Vantagens

Economia

- Utilização de uma **fonte de calor estável** e de um **grupo termodinâmico** que permitem **custo de exploração largamente inferiores** aos sistemas tradicionais.
- 1KW** de electricidade consumido pelo grupo, produz entre **4 a 5KW** de calor e **3,5 KW** de frio.

Relação Energia Consumida/Energia Libertada



Sistema Geotérmico- Vantagens

Versatilidade

Com um único sistema praticamente invisível resolve-se o problema da **climatização (aquecimento e arrefecimento), águas quentes sanitárias, aquecimento e desumidificação de piscinas.**

Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008



Sistema Geotérmico- Vantagens

“Amigo do ambiente”

É um sistema limpo, sem combustões e sem emissões de CO₂.

Actualmente os gases utilizados nos grupos termodinâmicos não degradam a camada do ozono.



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

- A eficiência energética dos Grupos termodinâmicos Geotérmicos é certificada pela EUROVENT, de acordo com as normas europeias e internacionais.



Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008

COP arrefecimento = 3,2

COP aquecimento = 4,11

Tcond= 35°C

Tevap.= -5°C

Exemplo de Aplicação

Hotel de 4 estrelas

180 Quartos

Operador THOMSON



Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008

SISTEMA CONVENCIONAL

No Verão:

- Ar condicionado – 2chillers 250KW
- Caldeira: AQS e Piscina Interior

No Inverno:

- Caldeira: Produção de AQS+Piscina interior+Ar condicionado

NECESSIDADES ENERGÉTICAS de A.O.S.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Taxa de Ocupação %	84,0	87,0	82,0	78,0	85,0	92,0	94,0	99,0	89,0	87,0	75,0	95,0
Rácio pessoas/quarto	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Consumo de água quente/dia (m3/dia)	17,1	17,7	16,7	15,9	17,3	18,8	19,2	20,2	18,1	17,7	15,3	19,4
Temperatura da água fria °C	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	14,0	14,0	14,0	12,0	12,0	12,0
Diferença de temperatura °C	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	41,0	41,0	41,0	43,0	43,0	43,0
Necessidade térmica KWh/dia	856,1	886,7	835,7	795,0	866,3	937,7	913,5	962,1	864,9	886,7	764,4	968,2
Perda na distribuição (KWh/dia)	128,4	133,0	125,4	119,2	129,9	140,6	137,0	144,3	129,7	133,0	114,7	145,2

PRODUÇÃO de A.O.S.

Necessidade Total KWh/dia	984,6	1.019,7	961,1	914,2	996,3	1.078,3	1.060,6	1.106,4	994,6	1.019,7	879,1	1.113,6
Necessidade Total Kw/mês	29.536,4	30.591,3	28.833,2	27.426,7	29.888,0	32.349,4	31.515,3	33.191,7	29.839,0	30.591,3	26.371,8	33.404,3
Custo actual de aquecimento a GPL (€)	2.244,8	2.324,9	2.191,3	2.084,4	2.271,5	2.458,6	2.395,2	2.522,6	2.267,8	2.324,9	2.004,3	2.538,7

27.628,9

MONITORIZAÇÃO DOS CONSUMOS ENERGÉTICOS

CONSUMOS MONITORIZADOS	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Arrefecimento AVAC KWh/mês	6.914,0	13.426,0	21.967,0	30.158,0	33.006,0	52.264,0	64.734,0	76.268,0	56.594,0	40.652,0	10.542,0	7.834,0
Aquecimento AVAC KWh/mês	60.144,0	35.762,0	32.220,0	11.640,0	16.556,0	7.246,0	4.504,0	3.898,0	6.012,0	14.956,0	34.682,0	54.766,0
Input caldeira (KWh/mês)	99.644,9	73.725,9	67.836,9	43.407,4	51.604,5	43.994,9	40.021,5	41.210,7	39.834,4	50.608,1	67.837,6	97.967,0
Input Chiller (Kw/mês)	3.006,1	5.837,4	9.550,9	13.112,2	14.350,4	22.723,5	28.145,2	33.160,0	24.606,1	17.674,8	4.583,5	3.406,1

Exemplo de Aplicação

SOLUÇÃO GEOTÉRMICA

No Verão:

Geração de calor

- Produção de AQS+Piscina interior+Geotermia

Geração de frio

- Ar condicionado

•No Inverno:

Geração de calor

- Produção de AQS+Piscina interior+ar condicionado

Geração de frio

- Geotermia



Investimento: 158.409€

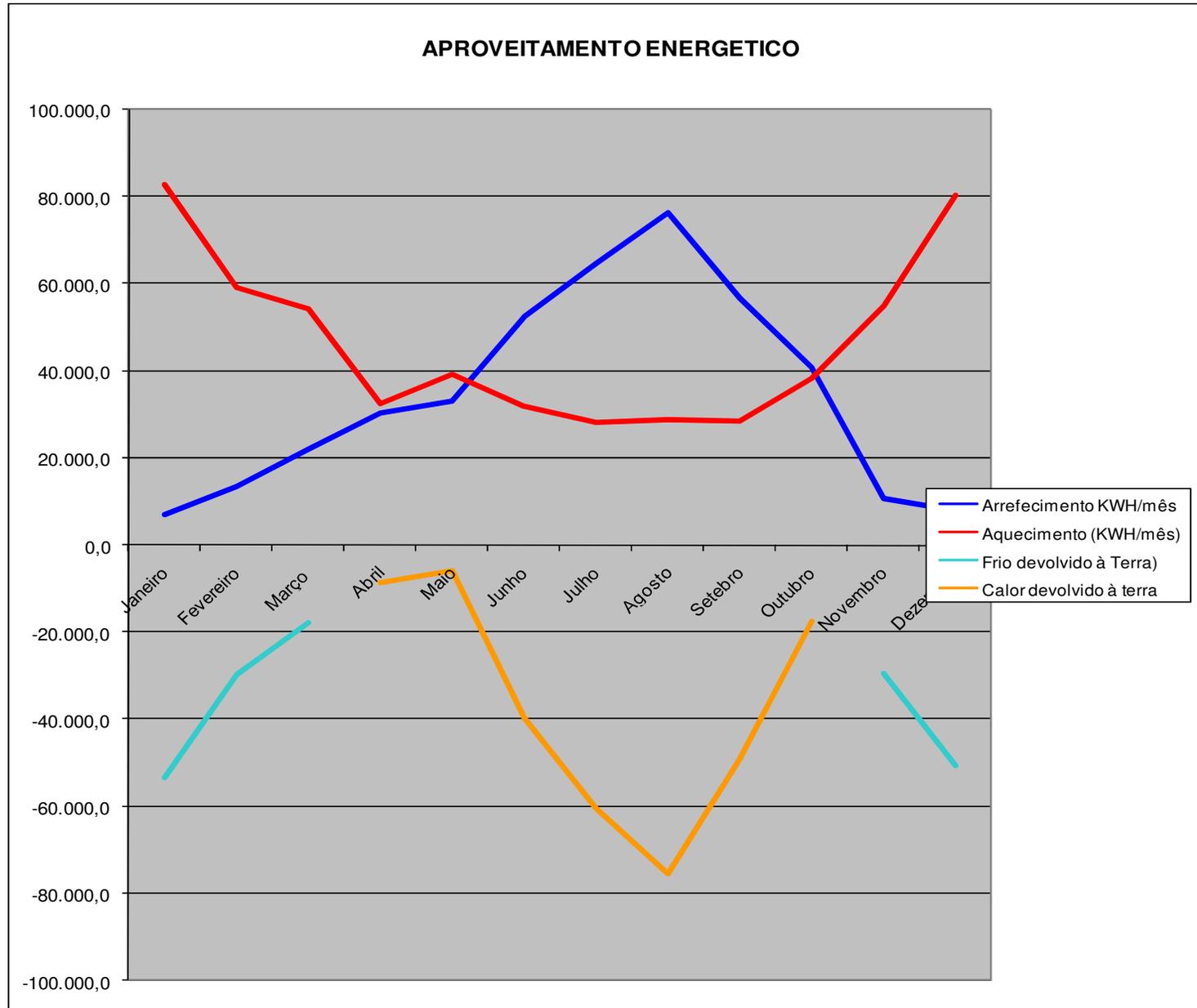
Retorno; 1,3 anos

AVALIAÇÃO DAS SOLUÇÕES

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
SOLUÇÃO CONVENCIONAL													
Frio													
Arrefecimento AVAC KWH/mês	6.914,0	13.426,0	21.967,0	30.158,0	33.006,0	52.264,0	64.734,0	76.268,0	56.594,0	40.652,0	10.542,0	7.834,0	
Input Chiller (Kw/mês)	3.006,1	5.837,4	9.550,9	13.112,2	14.350,4	22.723,5	28.145,2	33.160,0	24.606,1	17.674,8	4.583,5	3.406,1	
Custo da energia para arrefecimento (€/mês)	237,5	461,2	754,5	1.035,9	1.133,7	1.795,2	2.223,5	2.619,6	1.943,9	1.396,3	362,1	269,1	14.232,3
Calor													
Aquecimento AVAC KWH/mês	60.144,0	35.762,0	32.220,0	11.640,0	16.556,0	7.246,0	4.504,0	3.898,0	6.012,0	14.956,0	34.682,0	54.766,0	
Aquecimento AQS (Kw/mês)	29.536,4	30.591,3	28.833,2	27.426,7	29.888,0	32.349,4	31.515,3	33.191,7	29.839,0	30.591,3	26.371,8	33.404,3	
AQUECIMENTO TOTAL	89.680,4	66.353,3	61.053,2	39.066,7	46.444,0	39.595,4	36.019,3	37.089,7	35.851,0	45.547,3	61.053,8	88.170,3	
Input caldeira (Kw/mês)	99.644,9	73.725,9	67.836,9	43.407,4	51.604,5	43.994,9	40.021,5	41.210,7	39.834,4	50.608,1	67.837,6	97.967,0	
Custo da energia para aquecimento a GN (€/mês)	7.573,0	5.603,2	5.155,6	3.299,0	3.921,9	3.343,6	3.041,6	3.132,0	3.027,4	3.846,2	5.155,7	7.445,5	
Custo Exploração Mensal	7.810,5	6.064,3	5.910,1	4.334,8	5.055,6	5.138,8	5.265,1	5.751,7	4.971,3	5.242,5	5.517,7	7.714,6	68.777,1
SOLUÇÃO GEOTÉRMICA													
Frio													
Arrefecimento KWH/mês	6.914,0	13.426,0	21.967,0	30.158,0	33.006,0	52.264,0	64.734,0	76.268,0	56.594,0	40.652,0	10.542,0	7.834,0	
Frio Libertado pela bomba de calor	65.442,5	48.420,0	44.552,3	28.508,1	33.891,6	28.893,9	26.284,4	27.065,4	26.161,5	33.237,2	44.552,8	64.340,5	
Custo da energia para arrefecimento (€/mês)	0,0	0,0	0,0	48,3	0,0	683,8	1.125,0	1.439,6	890,4	217,0	0,0	0,0	4.404,1
Calor													
Aquecimento (KWH/mês)	60.144,0	35.762,0	32.220,0	11.640,0	16.556,0	7.246,0	4.504,0	3.898,0	6.012,0	14.956,0	34.682,0	54.766,0	
Aquecimento AQS (KWH/mês)	29.536,4	30.591,3	28.833,2	27.426,7	29.888,0	32.349,4	31.515,3	33.191,7	29.839,0	30.591,3	26.371,8	33.404,3	
Total aquecimento mensal (KWH/mês)	89.680,4	66.353,3	61.053,2	39.066,7	46.444,0	39.595,4	36.019,3	37.089,7	35.851,0	45.547,3	61.053,8	88.170,3	
Total aquecimento horário (KWh)	124,56	92,16	84,80	54,26	64,51	54,99	50,03	51,51	49,79	63,26	84,80	122,46	
Nº de máquinas necessárias em calor	4,79	3,54	3,26	2,09	2,48	2,12	1,92	1,98	1,92	2,43	3,26	4,71	
Nº de máquinas necessárias em frio	0,27	0,52	0,86	1,18	1,29	2,04	2,52	2,97	2,21	1,58	0,41	0,31	
Nº de máq da simulação	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Energia Frio não reutilizada (devolvida à Terra)	58.528,5	34.994,0	22.585,3								34.010,8	56.506,5	
Energia calor não reutilizada (devolvida à terra)				2.261,0	-1.213,6	32.025,6	52.690,2	67.425,7	41.703,8	10.161,0			
Custo de exploração Mensal	1.914,80	1.416,73	1.303,57	882,40	965,73	1.529,21	1.894,07	2.231,55	1.655,90	1.189,45	1.303,58	1.882,55	18.169,53
Economia energética mensal (€)	5.895,7	4.647,6	4.806,6	3.452,4	4.089,9	3.609,6	3.371,0	3.520,1	3.315,4	4.053,1	4.214,2	5.832,0	50.607,5

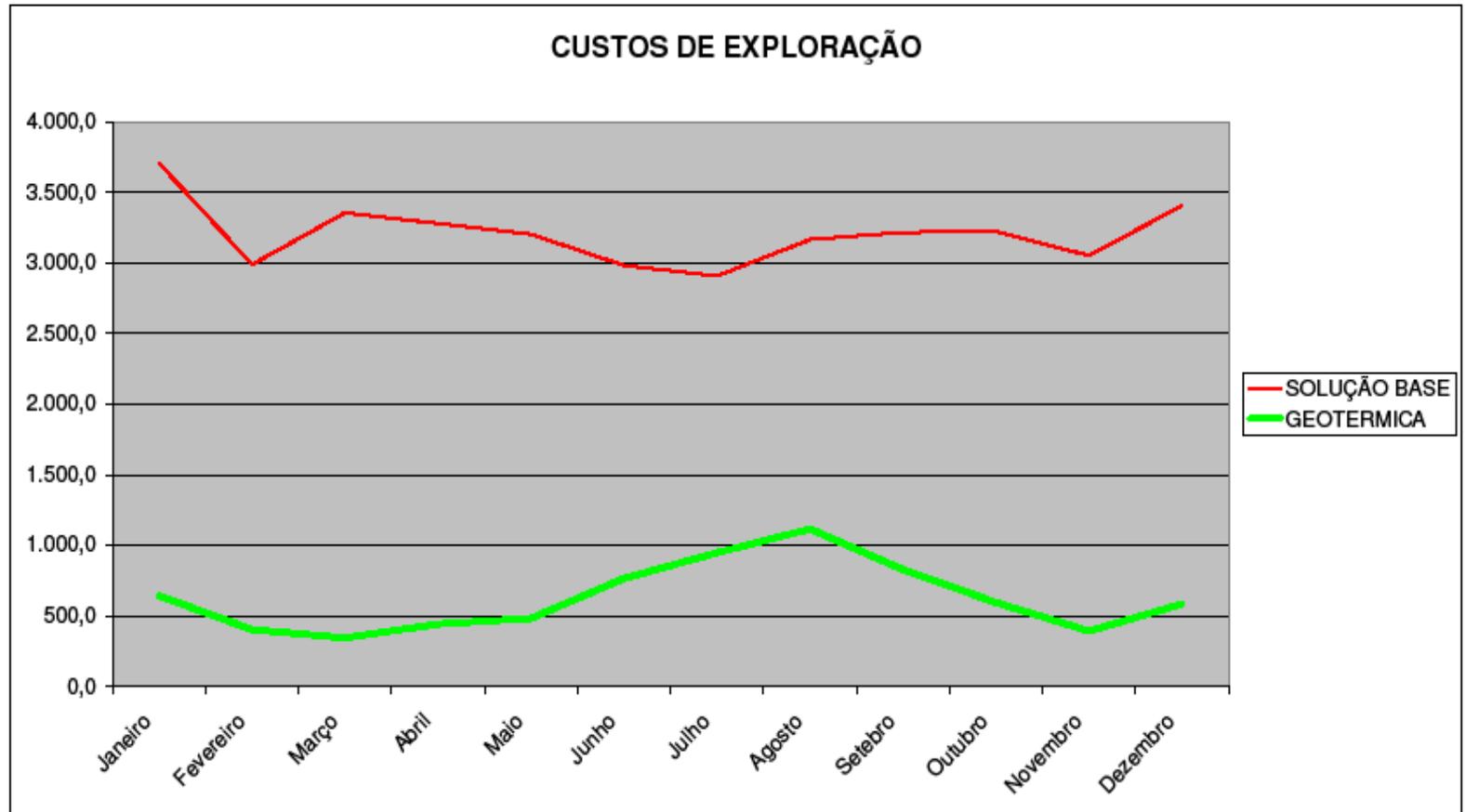
Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008



Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008



DEMONSTRAÇÃO DE RESULTADOS

Nº camas 416

Cidade: Albufeira

Investimento: 158.409
Início da exploração: 2008
Investimento chiller+caldeira 75000

Indexação tarifa unitária combustivel/ano (%) 3
Indexação tarifa KWH Electrico (%) 1

	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano	6º ano etc	TOTAIS
CUSTO ANUAL DE COMBUSTIVEL	68.777,1	70.840,4	72.965,6	75.154,5	77.409,2	79.731,5	444.878,2
CUSTO ANUAL SISTEMA GEO	18.169,5	18.351,2	18.534,7	18.720,1	18.907,3	19.096,4	111.779,2
Custo de oportunidade solução base	2.625,0	2.716,9	2.812,0	2.910,4	3.012,2	3.117,7	
custo de oportunidade 3,50% ano	5.544,3	5.738,4	5.939,2	6.147,1	6.362,2	6.584,9	36.316,1
Custo total sistema base	71.402,1	73.557,2	75.777,5	78.064,9	80.421,4	82.849,1	462.072,3
custo total sistema geo	23.713,8	24.089,6	24.473,9	24.867,2	25.269,5	25.681,3	
ECONOMIA ENERGÉTICA ANUAL	47.688,2	49.467,6	51.303,6	53.197,8	55.151,9	57.167,9	313.977,0
ECONOMIA DA RECUPERAÇÃO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VANTAGENS FISCAIS (DL312/82)	15.840,9	15.840,9	15.840,9	15.840,9	15.840,9	0,0	79.204,5
ECONOMIA TOTAL (€)	63.529,1	65.308,5	67.144,5	69.038,7	70.992,8	57.167,9	393.181,5
TOTAL ACUMULADO (€)	63.529,1	128.837,7	195.982,1	265.020,8	336.013,6	393.181,5	

RETORNO DO INVESTIMENTO 1,3 ANOS

Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008

Conclusão

A implementação de um método para determinação da contribuição da geotermia nos países de clima ameno, envolventes da bacia mediterrânica, deverá, em nossa opinião, ser extensível à produção de frio.

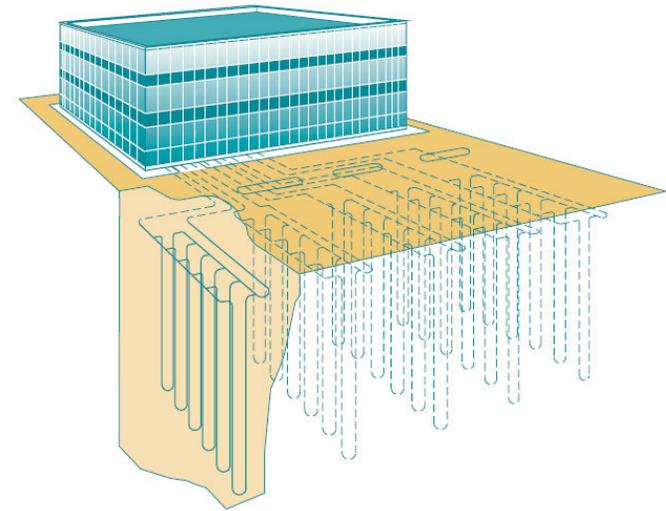
Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008

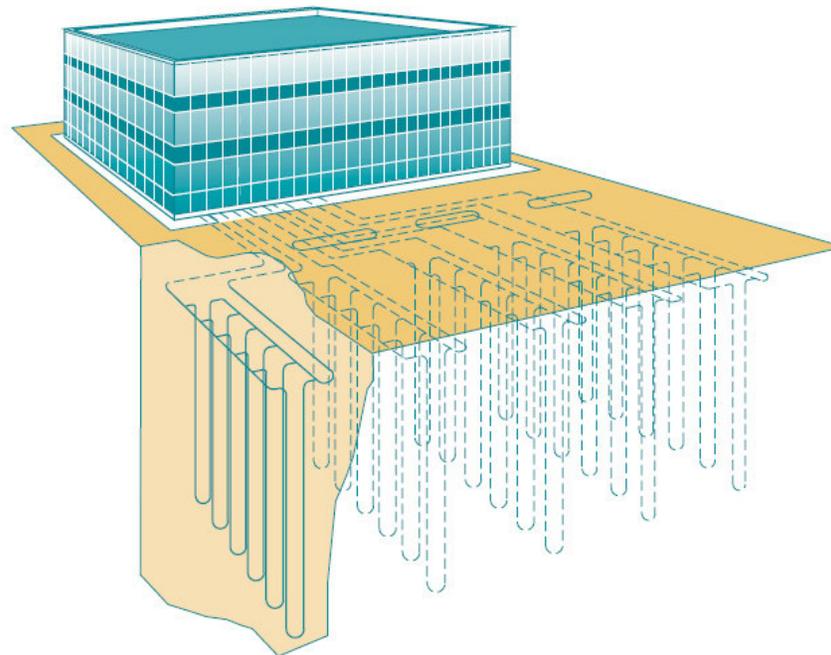


O FUTURO

A inclusão de sistemas geotérmicos reversíveis (com ou sem recurso a apoio solar), na construção de edifícios de raiz, para produção centralizada de calor e frio, é o caminho a percorrer num futuro breve.



MUITO OBRIGADO!



Eng^a. Ana Moreira
Eng^o. João Marcelino
Eng^o. Tiago Sousa

Lisboa
3 de Dezembro 2008