GEOSUSTAINED

GEOSUSTAINED

GEOTERMIA SUPERFICIAL

Perspetivas de aplicação em contexto urbano

Acompanhamento da execução de instalações geotérmicas para climatização de edifícios

6 DEZEMBRO 2022

PARCEIROS

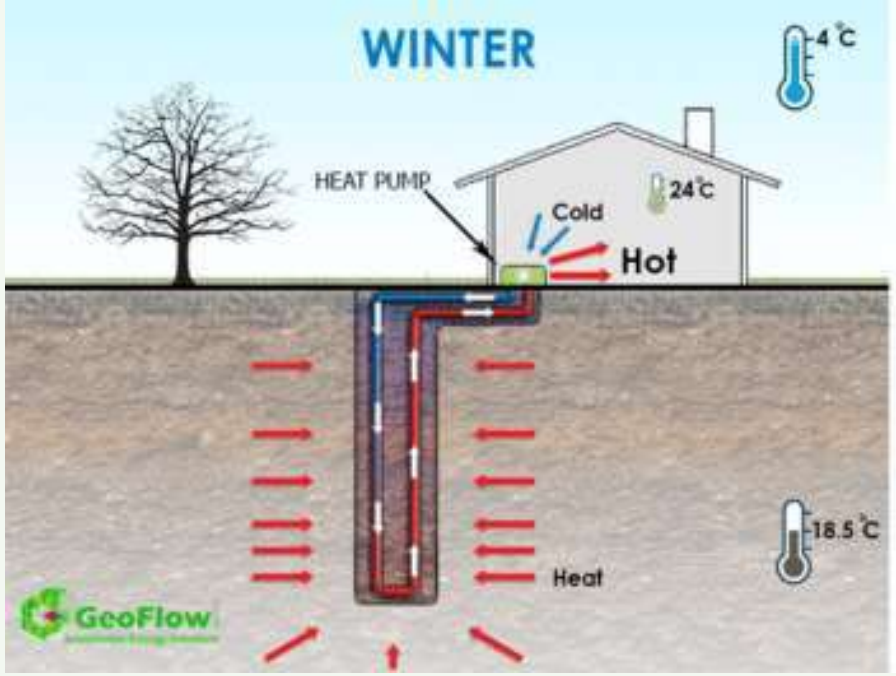
APOIO

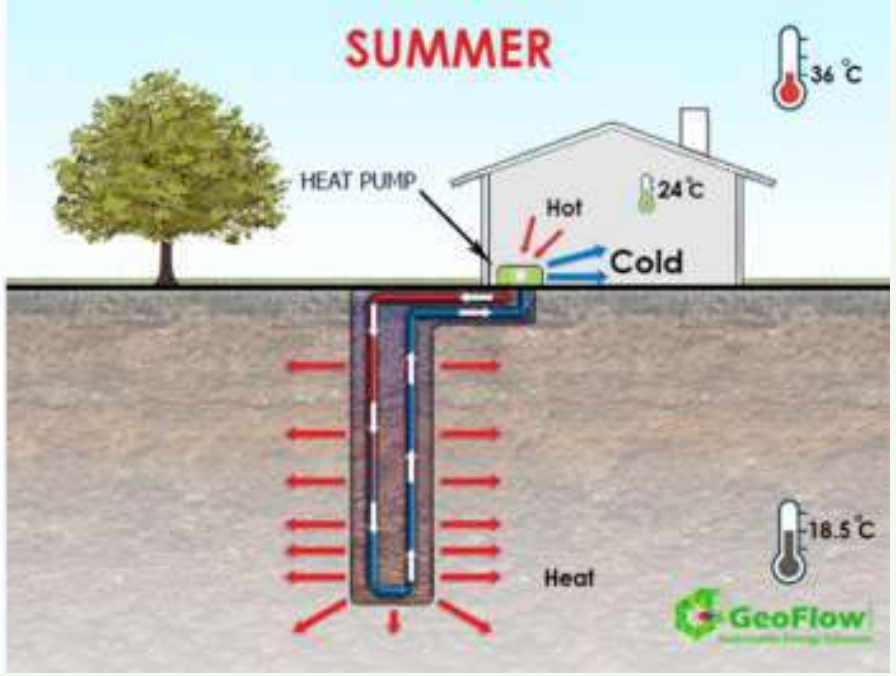
José Lapa - UA

Acompanhamento de execução de sistemas geotérmicos superficiais (obra, projeto, estudos viabilidade)

- Edifícios da Universidade de Aveiro
- Edifícios de hotelaria e lares
- Reabilitação de edifícios
- Edifício industrial
- Edifício multidisciplinar

Sistemas geotérmicos de muito baixa entalpia (superficiais) através de furos geotérmicos ou de fundações termoativadas com climatização de edifícios por transferência de calor através de convecção por radiadores, convetores ou splits ou por condução com sistema de lajes termoativadas (circuitos secundários). A transferência energética do solo é efetuada através de permutadores (circuito primário) para bomba de calor que potencia a energia para distribuição no edifício.



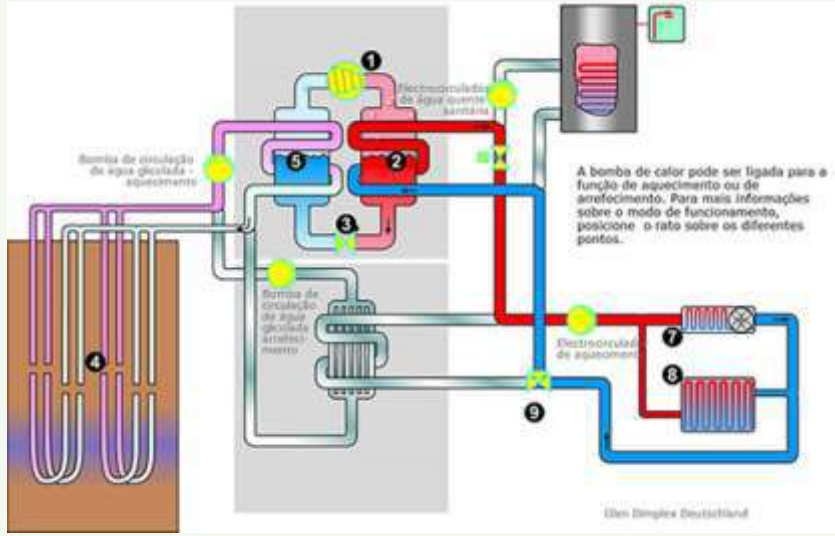


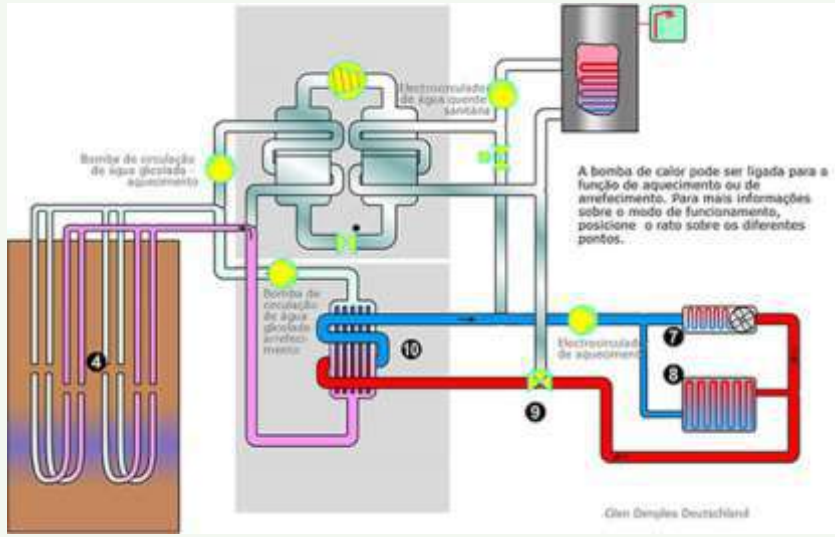
Geotermia de muito baixa entalpia aplicada à climatização de edifícios

Uma das fontes estáveis de **energia renovável** mais próxima dos edifícios é o solo, cuja temperatura a uma pequena profundidade já **não depende** dos agentes atmosféricos, permanecendo no nosso país a uma temperatura estável entre 16 e 19 ºC logo a pequena profundidade de cerca de 1 metro, aumentando em cerca de 1 ºC em cada 30m de profundidade, dependendo a transferência energética da condutibilidade desses solos.

Neste sistema, os permutadores que são tubos contínuos que permitem a circulação de água, podem integrar elementos estruturais enterrados como as **estacas**, **muros de caves ou pavimentos térreos** ou por sondas em furos geotérmicos a maiores profundidades, para a troca energética com o solo.

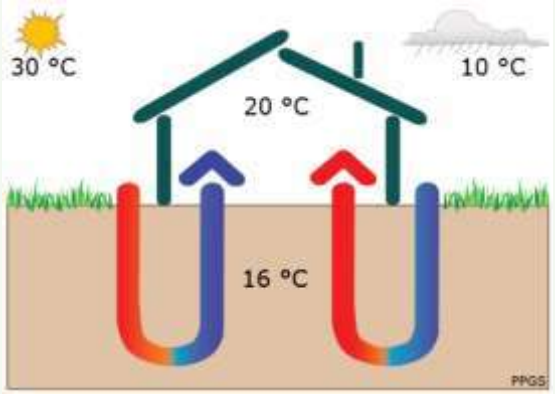
Bombas de calor geotérmicas reversíveis (GHP) para aquecimento e arrefecimento





Edifícios com sistemas tradicionais de radiadores, de estruturas termoativas ou mistos

Na solução de lajes termoativadas utiliza-se a **inércia térmica** da grande massa condutora de lajes de betão armado para aquecer ou refrigerar os edificios, através de **permutadores** térmicos constituídos por rede de tubagens que é instalada no interior daqueles elementos estruturais e que efetuam a transferência de calor entre uma fonte exterior de energia renovável e o edifício, através de bombas de calor reversível.



Pontos fortes

(+) Fonte térmica inesgotável e com permutação a velocidades interessantes mas dependendo das propriedades de condutibilidade térmica do solo e do teor de água;

(+) Proximidade da fonte;

(+) Possibilidade de utilização de fundações para permuta, baixando o custo da aquisição do calor;

(+) Bastante fiável e boa resposta às alterações sazonais entre fases de aquecimento e arrefecimento;

(+) Elevada eficiência energética;

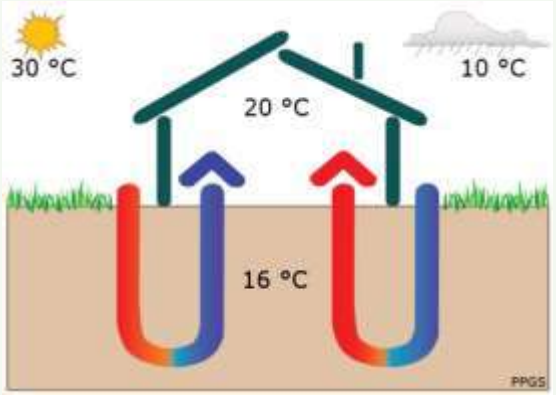
(+) Baixa emissão de CO_2;

(+) Não condicionada pelas condições meteorológicas;

(+) Período aceitável para retorno do investimento;

(+) Menor risco de contaminação de água e ar;

(+) Aquecimento de águas sanitárias a baixo custo.



Pontos fracos

(-) Investimento inicial nos circuitos e bomba de calor;

(-) Na ausência de fundações profundas em número e comprimento suficientes, tornam-se necessários furos com sondas geotérmicas de grande profundidade;

(-) Com a maior profundidade de fundações e essencialmente com os furos geotérmicos, correspondem maiores consumos de energia elétrica das bombas de calor;

(-) Rendimento dependente da condutibilidade do solo e da existência de águas freáticas;

(-) Necessidade de controle dos circuitos secundários;

(-) Pouca apetência para correção interior das alterações bruscas da temperatura ambiente;

(-) Possíveis alterações das propriedades do solo nos ciclos de permuta energética.

Edifícios da Universidade de Aveiro

MAPA DO CAMPUS
UNIVERSIDADE DE AVEIRO

ESSUA
ECOCRR
CICFANO
CCCI
CAMPUS SANTIAGO
CAMPUS CRASTO

ESSUA
CCCI
Casa Arrochela
AMI Cascais
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
CICFANO
ESAN
ECOCRR
Indústria
Privados

Aplicação de solução com geotermia em estacas e biotermia para climatização do edifício CICFANO

Complexo Interdisciplinar de Ciências Físicas Aplicadas a Nanotecnologia e Oceanografia (CICFANO).

Aplicação de solução com geotermia em estacas e biotermia para climatização do edifício CICFANO

Área bruta de construção (incluindo piso técnico)	4.514 m2
Volume bruto de construção (excluindo piso técnico)	17.600 m3
Área de lajes (excluindo piso técnico)	4.336 m2
Área bruta do piso técnico	950 m2
Área de implantação	1.600 m2
Área útil climatizada	3.560 m2
Altura (sem piso técnico)	11,6 m

Aplicação de solução com geotermia em estacas e biotermia para climatização do edifício CICFANO

Necessidade energética para climatização:

Estimaram-se as necessidades do edifício, em 134 kWh em aquecimento e de 152 kWh em arrefecimento.

Solução geotérmica e biotérmica:

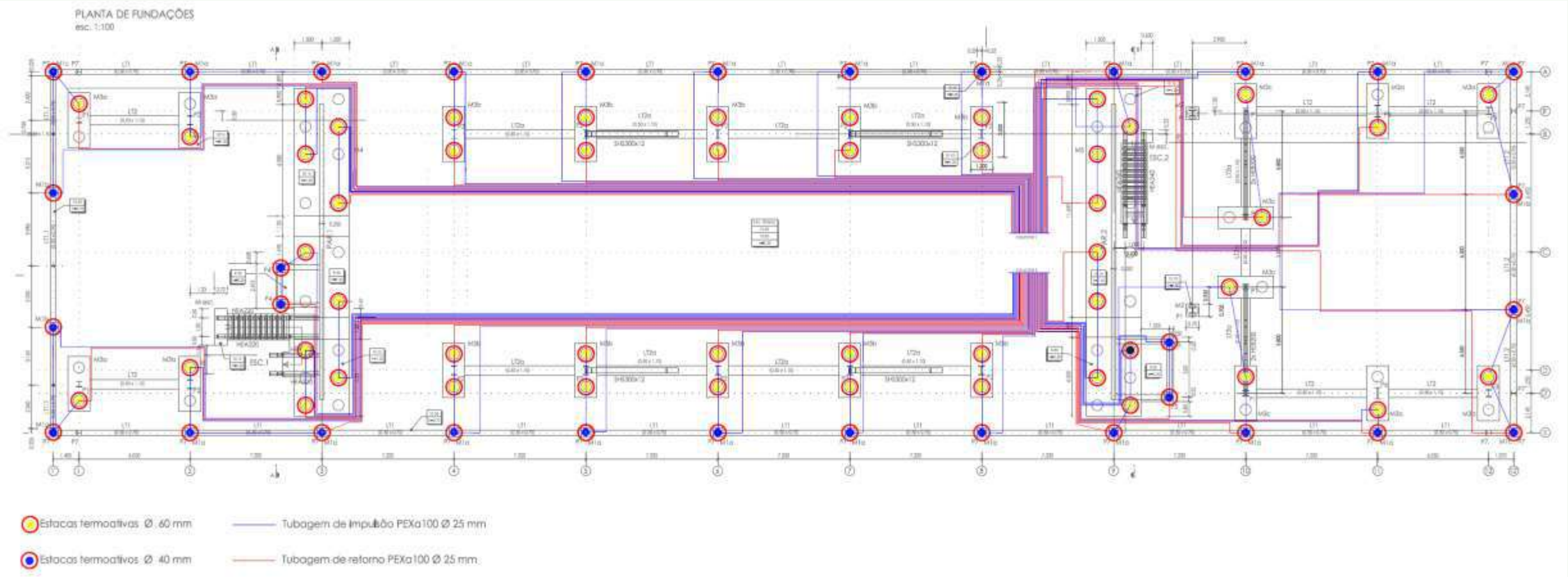
55 estacas termoativas Ø 600 mm e 30 estacas termoativas Ø 400 mm com 10 m de profundidade com ligações em série, para potência instalada para aquecimento de 100,0 kWh e para refrigeração de 90,0 kWh.

Permutador em aço inoxidável de Ø 350 mm em bypass de emissário sob pressão com caudal de 84 l/s de efluente a temperatura média entre 21°C e 25°C, com 32 m de comprimento, com 3 tubos de permutação para potência instalada para aquecimento de 74,3 kWh e para refrigeração de 121,9 kWh.

Solução TABS (Thermo activated building system):

Duas bombas de calor geotérmicas, 2 reservatórios para compensação e AQS, bombas de circulação, permutadores em lajes aligeiradas pré-fabricadas de painéis alveolares.

Aplicação de solução com geotermia em estacas para climatização do edifício CICFANO



Profundidade de estacas – 10 metros

Aplicação de solução com geotermia para climatização do edifício CICFANO

Circuito Primário -

Em estacas de pequena profundidade

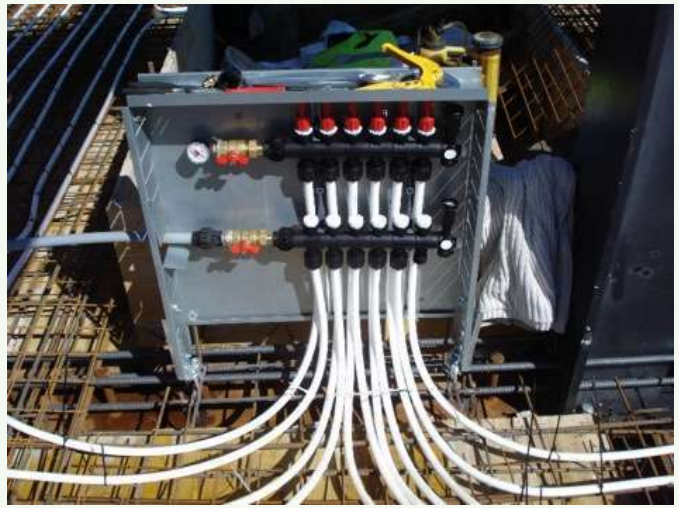
Aplicação de solução com geotermia para climatização do edifício CICFANO

Estrutura

Aplicação de solução com geotermia para climatização do edifício CICFANO

Circuito secundário -

(em lajes alveolares)



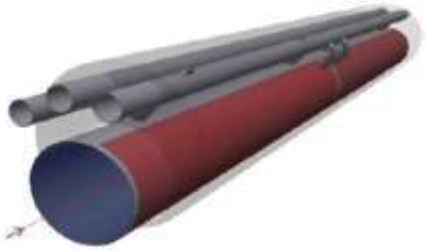
Aplicação de solução com geotermia para climatização do edifício CICFANO

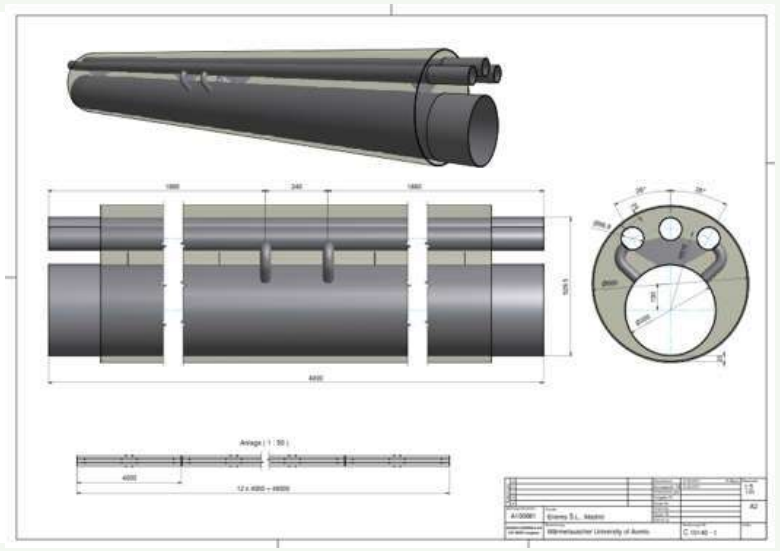
Problemas funcionais e desempenho da biotermia

- Insuficiente dissipação em arrefecimento devido a pequena profundidade de solo com extenso estrato de argilito a 12m.
- Condensação em revestimentos cerâmicos de pavimentos.
- Excelente desempenho da solução de biotermia superando em muito as expetativas passando no verão a sistema principal substituindo o mau desempenho da geotermia neste caso.

Aplicação de solução com biotermia para climatização do edifício CICFANO

Fonte térmica complementar (em alternativa a furos verticais):
Permutador de aço de Ø 350 mm em bypass de emissário sob pressão com caudal de 84 l/s de efluente a temperatura média entre 21ºC e 25ºC, com 32 m de comprimento, com 3 tubos de pe inoxidável rmutação para potência instalada para aquecimento de 74,3 kWh e para refrigeração de 121,9 kWh.





Utilização dos mesmos princípios da geotermia e perfeita complementaridade.

Aplicação de solução com biotermia para climatização do edifício CICFANO

Instalação do permutador de 32m em bypass do emissário, junto do edifício da Reitoria da UA e ligação ao edifício CICFANO em 2 tubos PE Ø90mm PN10

Aplicação de solução com geotermia para climatização do edifício CICFANO

Sala técnica com

coletores, reservatórios

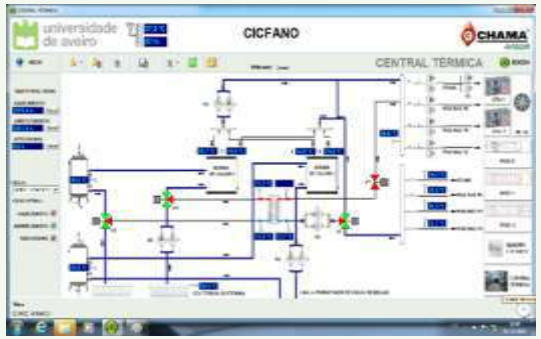
e bombas geotérmicas

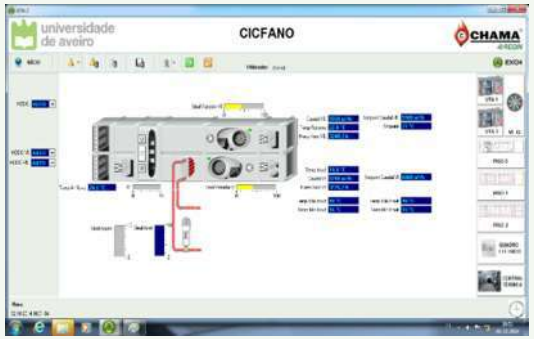
Aplicação das solução com geotermia+biotermia para climatização do edifício

Produção e gestão de todo o edifício concentrada numa sala de 25 m2

Resultado na gestão ocupacional do edifício: Maior área útil disponível, relativamente às soluções tradicionais com Chiller ar-água + Caldeira Gás !

Aplicação de solução com geotermia em estacas e biotermia para climatização do edifício CICFANO





Programa para a gestão automática de todo o edifício com um computador pessoal

Avaliação financeira do sistema de climatização do CICFANO

Além da avaliação decorrente da monitorização do edifício foi desenvolvido um estudo em regime estático comparativo da solução tradicional de climatização prevista em projeto, com um sistema AVAC baseado em chiller ar-água e caldeira a gás, com o sistema geotérmico a funcionar em conjunto com o sistema de biotermia.
Em termos de resultados verificou-se uma redução das necessidades elétricas em 55% na estação de aquecimento e em 90% na estação de arrefecimento (considerando-se o mesmo tempo de atividade dos sistemas).

Valores por m2/ de área climatizada	Energia	
	Solução TABS	Solução AVAC+Gás
Custos de investimento	186,46 €	156,98 €
Manutenção média anual	0,67 €	1,81 €
Custo anual de energia consumida	0,90 €	3,14 €
Período de retorno estimado	6 anos e 8 meses	

Monitorização do edifício CICFANO

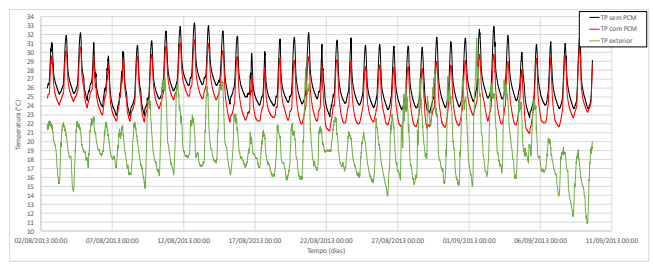
Este edifício foi alvo de várias campanhas de monitorização que decorreram durante um ano em que esteve sem ocupação e sem ganhos internos. Desta forma, foi possível a criação de uma base de dados, pouco perturbada por influências externas e de ocupação não controláveis.

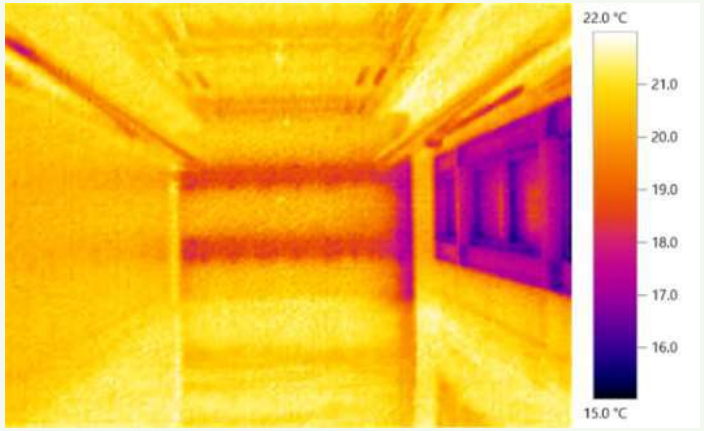
A monitorização do edifício consistiu nos seguintes pontos:

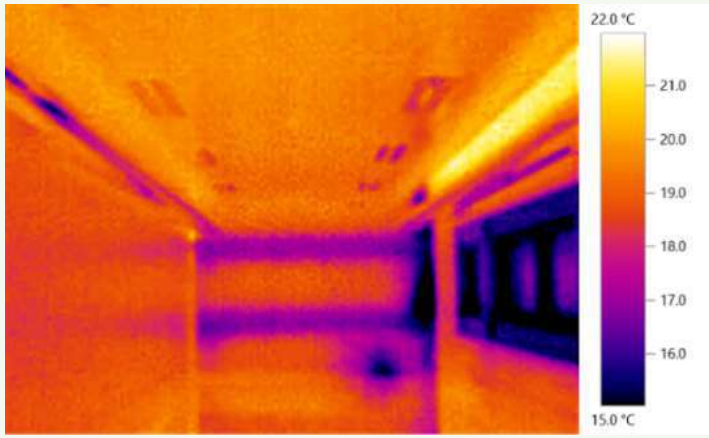
1) Execução de ensaios de estanquidade e avaliação de caudais do sistema de ventilação diretamente nas grelhas de salas
2) Monitorização de espaços interiores em termos de temperatura médias e humidade relativa;
3) Avaliação da temperatura superficial de paredes com termografia.

Dos resultados observados de monitorização pode-se afirmar que em termos de envolvente térmica o edifício apresenta algumas fragilidades de comportamento passivo que o tornam muito dependente de um sistema de climatização. Em termos de temperaturas no interior do edifício sem ocupação e sem sistemas de climatização em funcionamento verificam-se longos períodos em sobreaquecimento no verão (20,37% avaliados segundo a metodologia da EN 15251) e longos períodos com temperaturas abaixo de 20º C durante o inverno (44,55% de acordo com a EN 15251).

Instrumentação do edifício (não inclui o solo) para recolha selecionada de dados

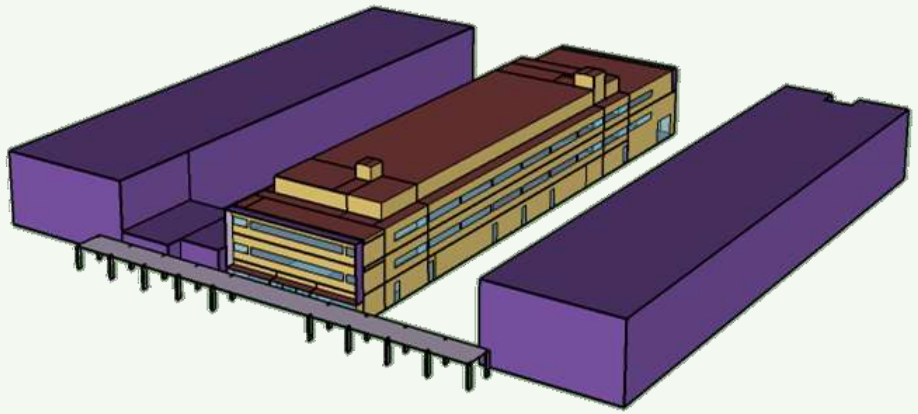




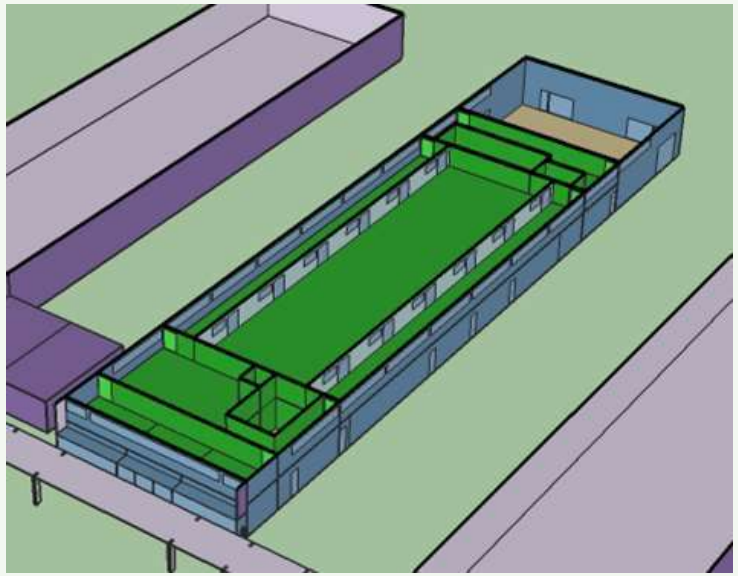


Além dessa recolha contínua, é feita periodicamente recolha manual de dados sobre comportamento térmico, pontes térmicas, qualidade e conforto dos utilizadores.

Estudos de simulação termodinâmica



Envelope solutions	U_{wall} = 0.464 W/(m^2.K)
	U_{roof} = 0.379 W/(m^2.K)
	U_{floor} = 1.224 W/(m^2.K)
Air Change per Hour	ACH = Between 1.5h^{-1} to 3.5h^{-1}
Internal gains	Without internal gains during the monitoring data collect
Exterior windows	$U_{w,\ installed}$ = 2.4 W/(m^2.K) G value = 0.75 [-]
Interior windows	$U_{w,\ installed}$ = 3.5 W/(m^2.K) G value = 0.85 [-]



Simulação multizona com o Energyplus com validação do modelo numérico com dados reais. Verificação do comportamento térmico para várias soluções construtivas e equipamentos, com otimização das mesmas.

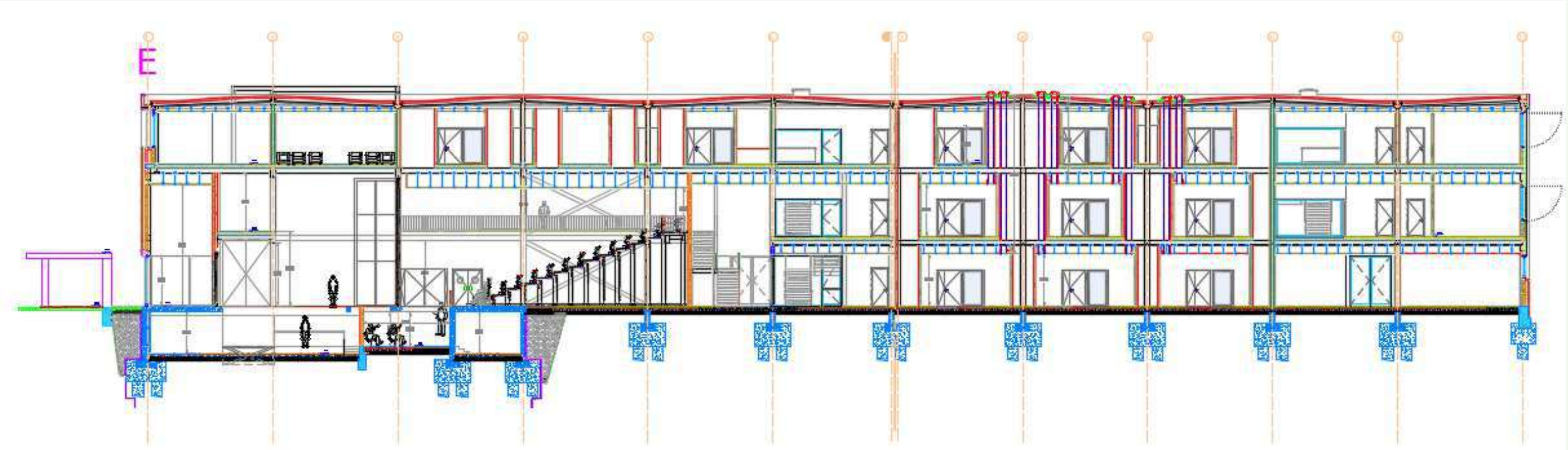
Aplicação de solução com geotermia com furos para climatização do edifício CCCI

Complexo de Ciências da Comunicação e Imagem (CCCI).

Aplicação de solução com geotermia com furos para climatização do edifício CCCI

Área bruta de construção	4.616 m2
Volume bruto de construção	18.235 m3
Área de lajes	4.336 m2
Área de implantação (sem snack-bar)	1.572 m2
Área útil climatizada (com anfiteatro e blackbox)	3.910 m2
Área útil climatizada com sistema geotérmico	3.300 m2
Altura	11,6 m

Corte representativo do edifício CCCI



Aplicação de solução com geotermia com furos para climatização do edifício CCCI

Necessidade energética para climatização:

Estimaram-se as necessidades do edifício, em 220 kWh em aquecimento e de 167 kWh em arrefecimento.

Solução geotérmica:

40 furos Ø 160 mm com sonda geotérmicas em "U" de ø 40 mm com 130m de profundidade espaçados de 5 m e 2 estacas de ø 600 mm com 10m de profundidade com permutadores verticais em "U" de ø 25 mm.

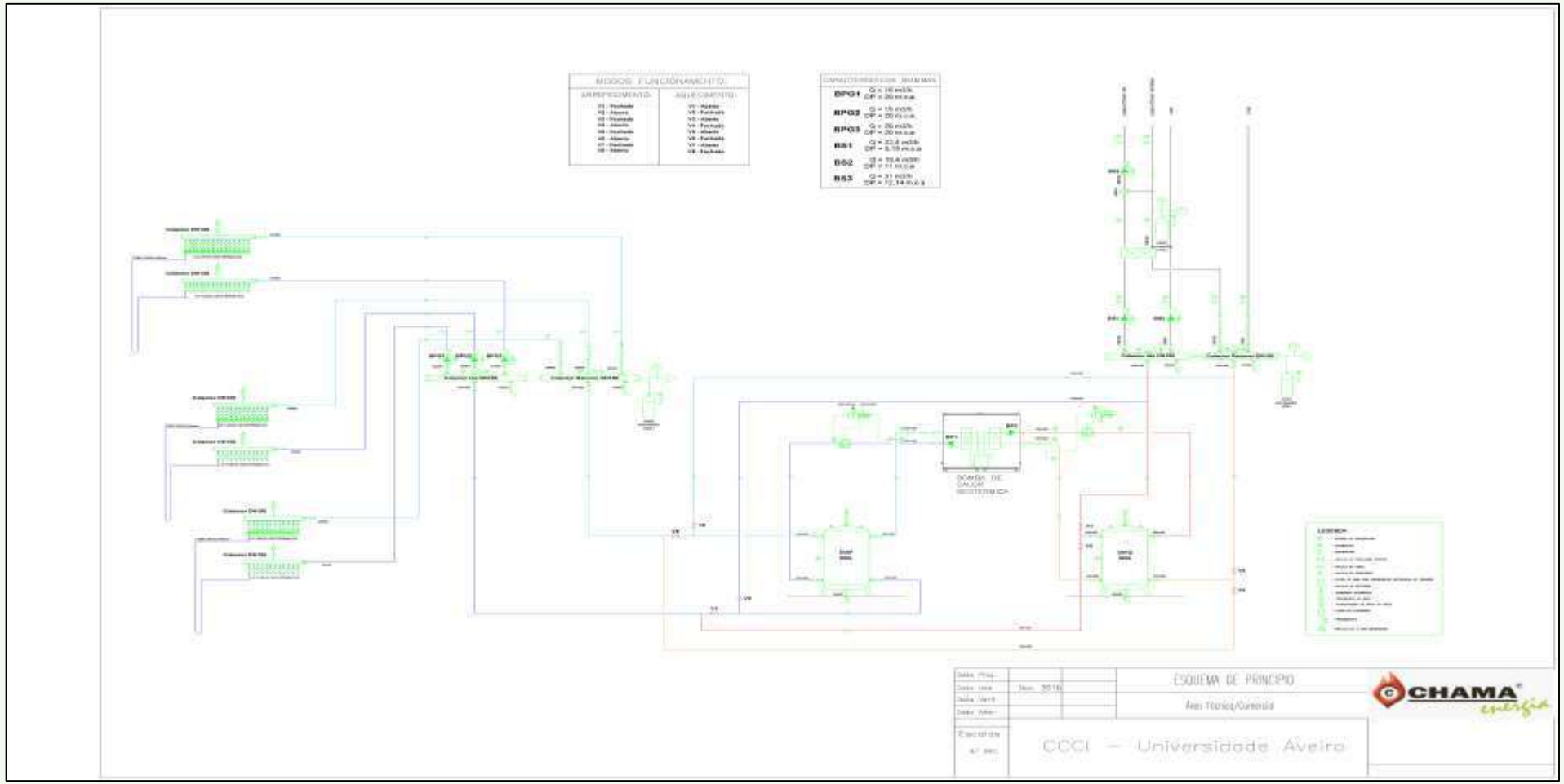
Climatização para os espaços designados por Auditório e Black-box, através de unidades do tipo Roof-top.

Renovação do ar através de 7 unidades de tratamento de ar exterior UTANs, incluindo extração do ar viciado, que incluem filtragem, arrefecimento e aquecimento e recuperação de calor entre ar exterior e ar de extração;

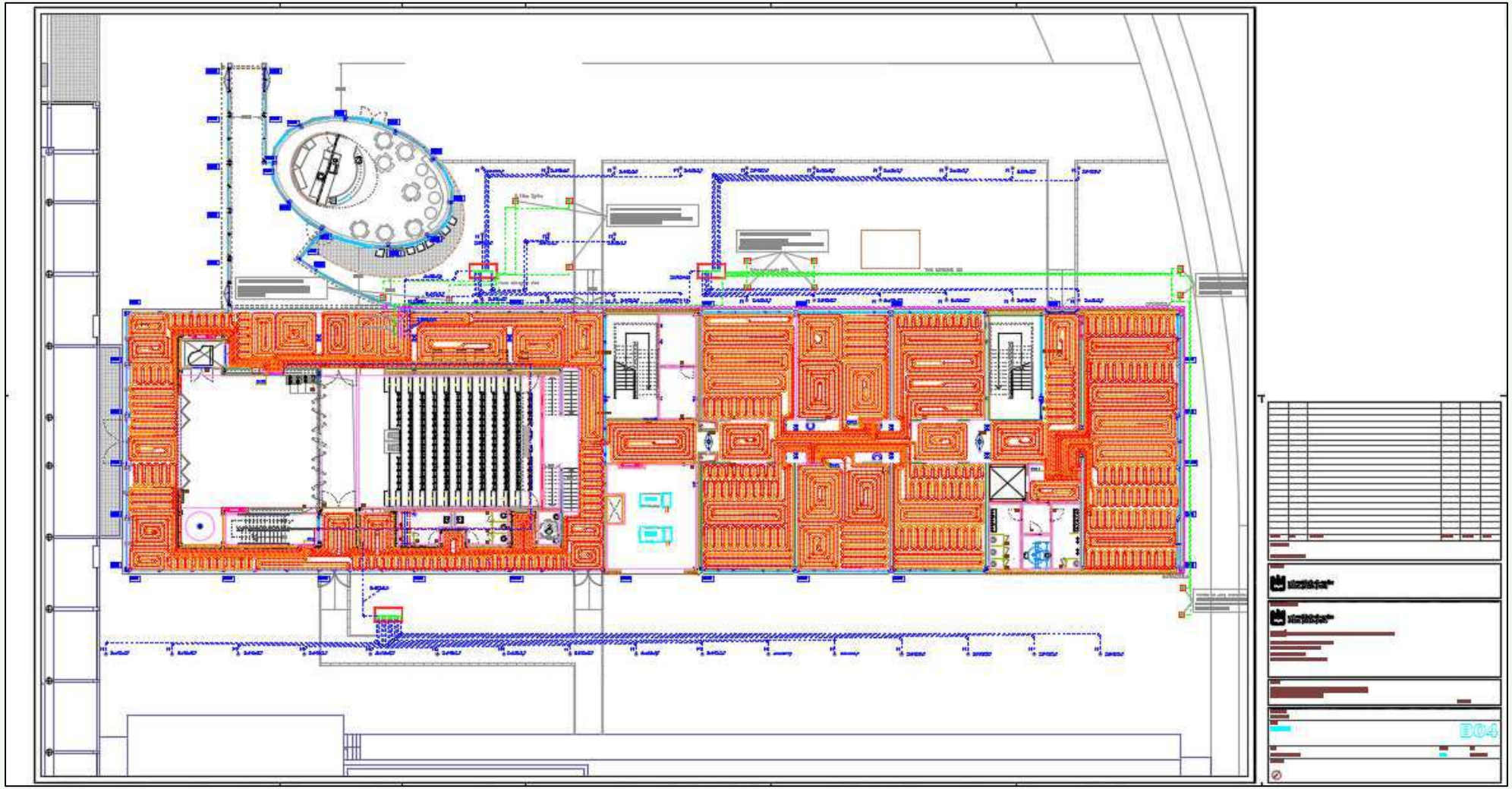
Solução TABS:

Bomba de calor geotérmica com 219 kW de potência (COP=3,85, EER=4,25), 2 reservatórios para inércia e AQS, 2 bombas de calor para Roof-top com potências (Arr./Aqu.) de 9,0/15,3 kW e de 52,3/45,3 kW, bombas de circulação, permutadores em lajes de cofragem colaborante, com passo 15 cm e Ø 20 mm.

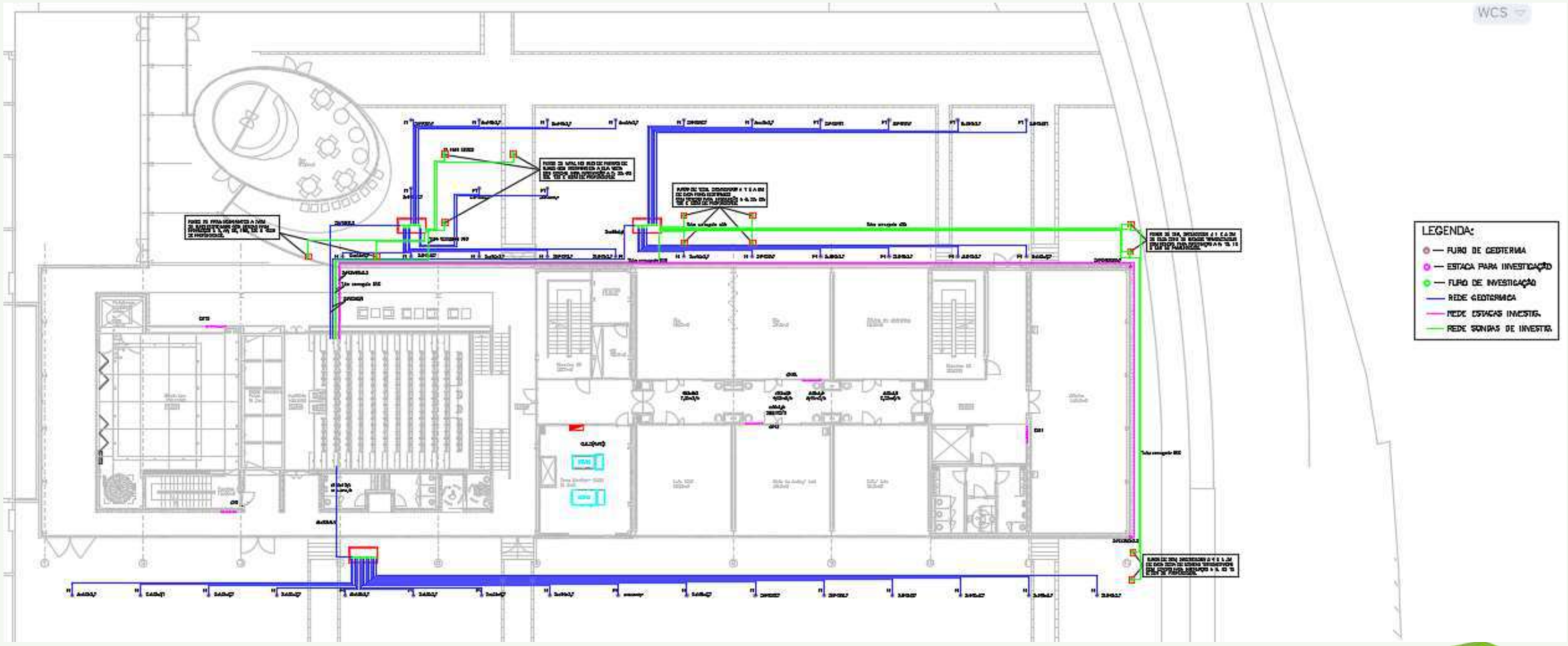
Diagrama de Princípio da produção térmica do edifício CCCI



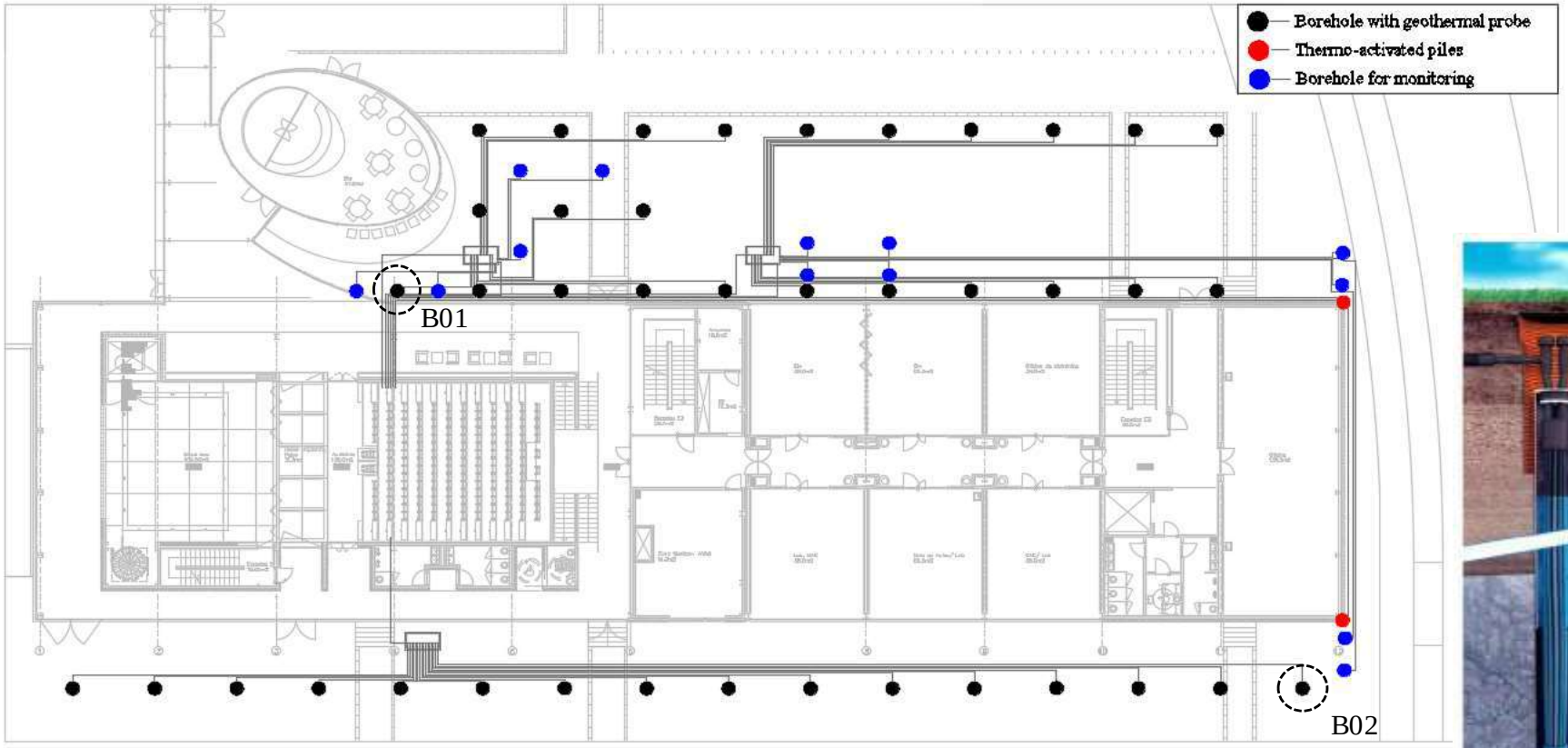
Circuito secundário dos permutadores interiores na laje do Piso 0 do edifício CCCI



Redes geotérmicas e de monitorização exteriores do edifício CCCI



Monitorização do edifício CCCI



Monitorização do edifício CCCI

Monitorização de temperaturas do solo

Monitorização de consumos

Monitorização térmica e de humidade

Estanquidade da envolvente

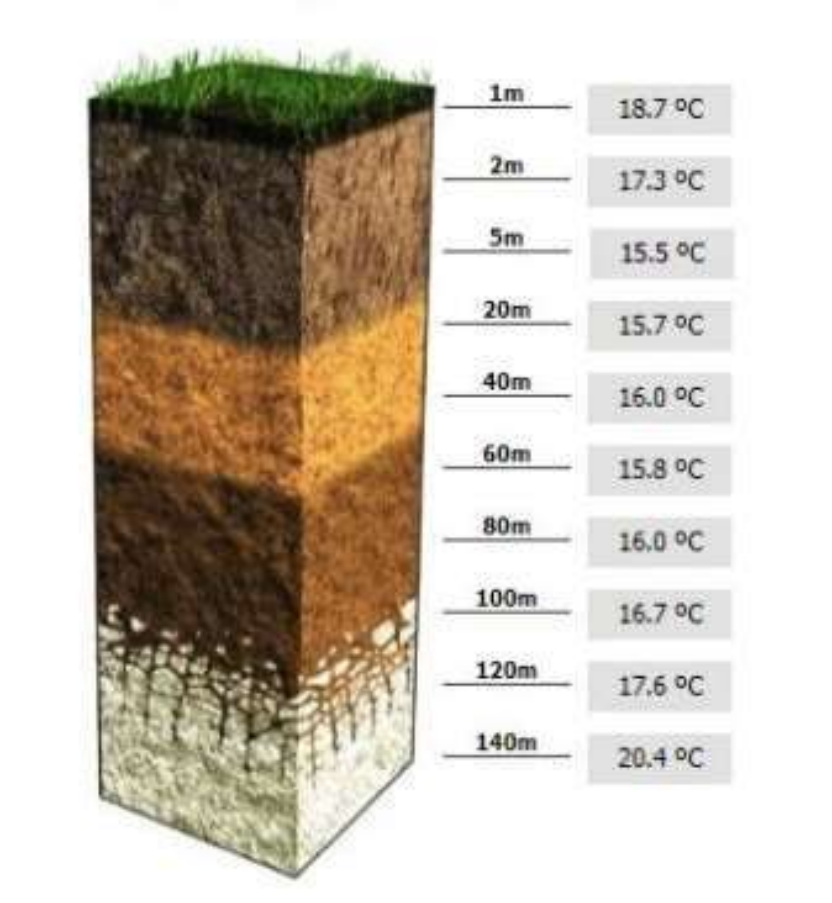
Monitorização do edifício CCCI

Calibração

Instrumentação

Identificação

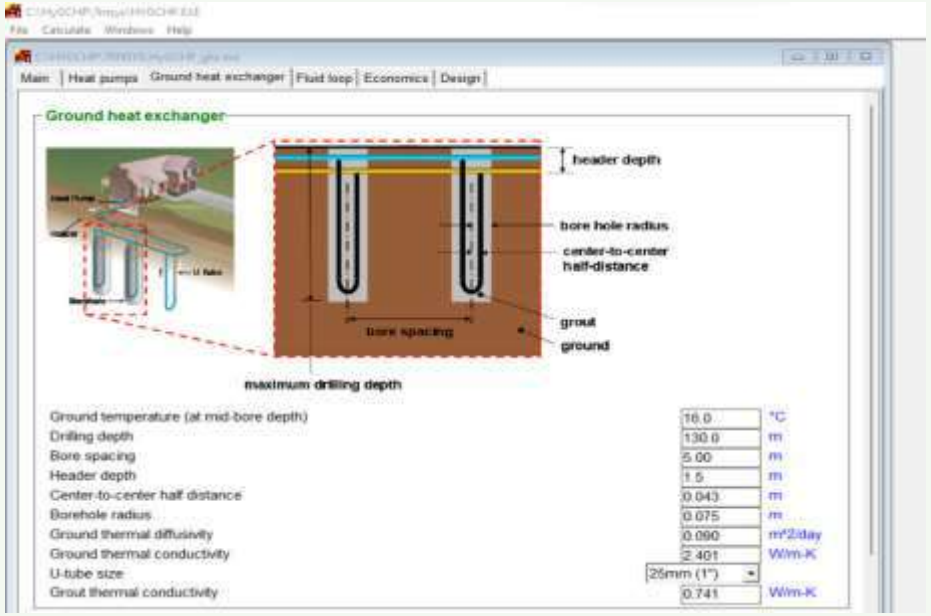
Aquisição



Perfil de temperaturas

Otimização do sistema geotérmico do edifício CCCI

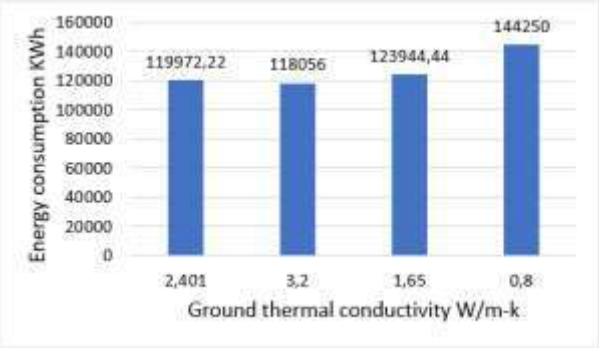
Parêmetros	Valores de referência da instalação	Valores otimizados
Temperatura do solo	16 (°C)	15; 17;18 (°C)
Raio do furo	0.075 (m)	0.100; 0.125; 0.150 (m)
Profundidade do furo	130 (m)	200; 300; 350 (m)
Diâmetro do permutador	25 (mm)	20; 32; 63 (mm)
Condutibilidade térmica do 'grout'	0.741 (W/m-K)	1.55; 1.05; 2.42 (W/m-K)
Condutibilidade térmica do solo	2.401 (W/m-K)	3.2; 1.65; 0.8 (W/m-K)
Difusividade do solo	0.090 (m^2/day)	0.043; 0.10; 0.12 (m^2/day)
Espaçamento entre furos geotérmicos	5 (m)	10; 15; 20 (m)

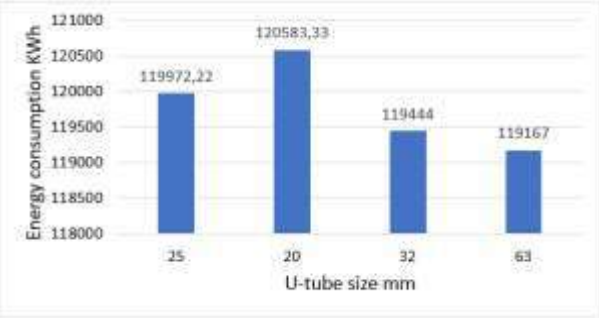


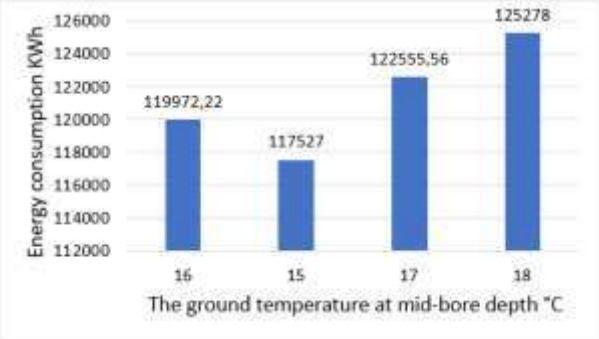
Programa de cálculo - HYGCHP

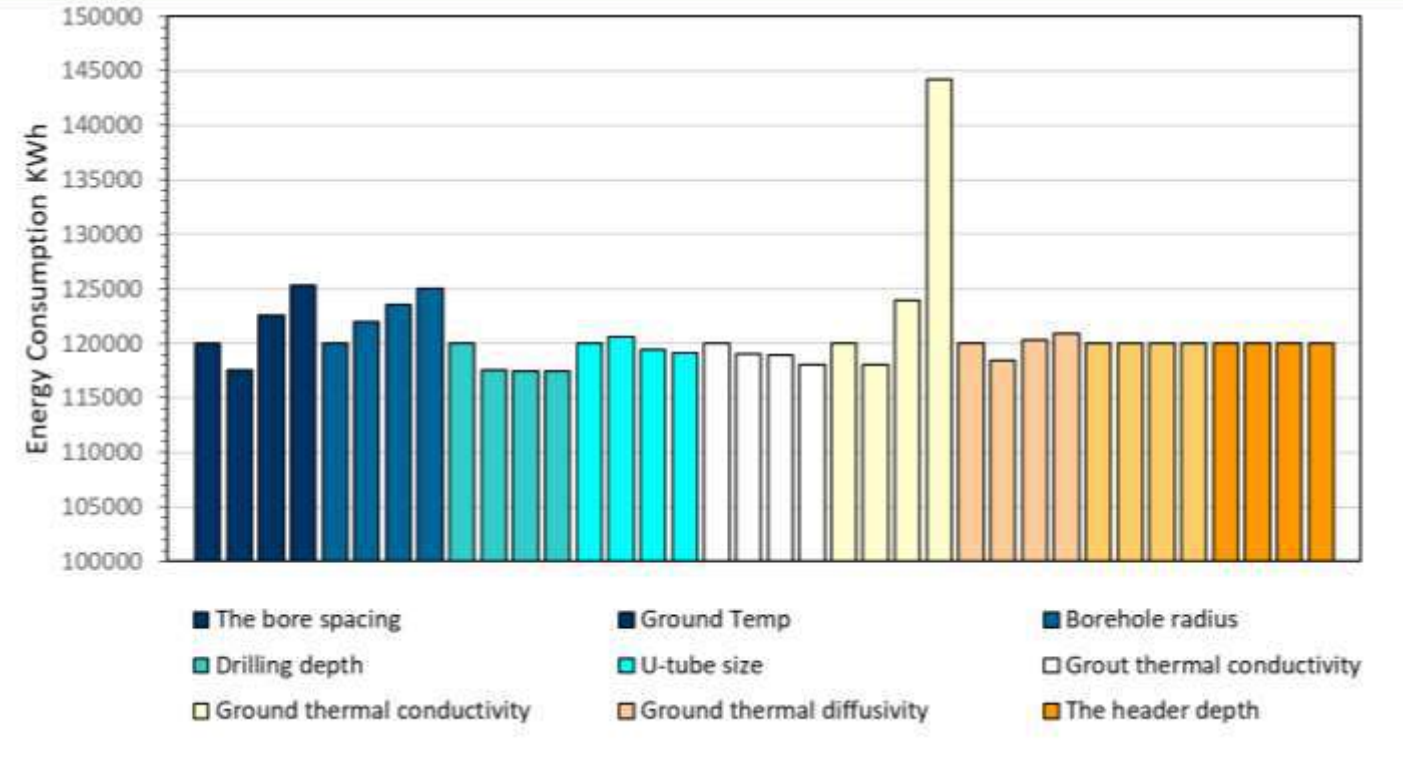
Foram otimizados 8 parametros do sistema geotérmico

Análise individual por parâmetro

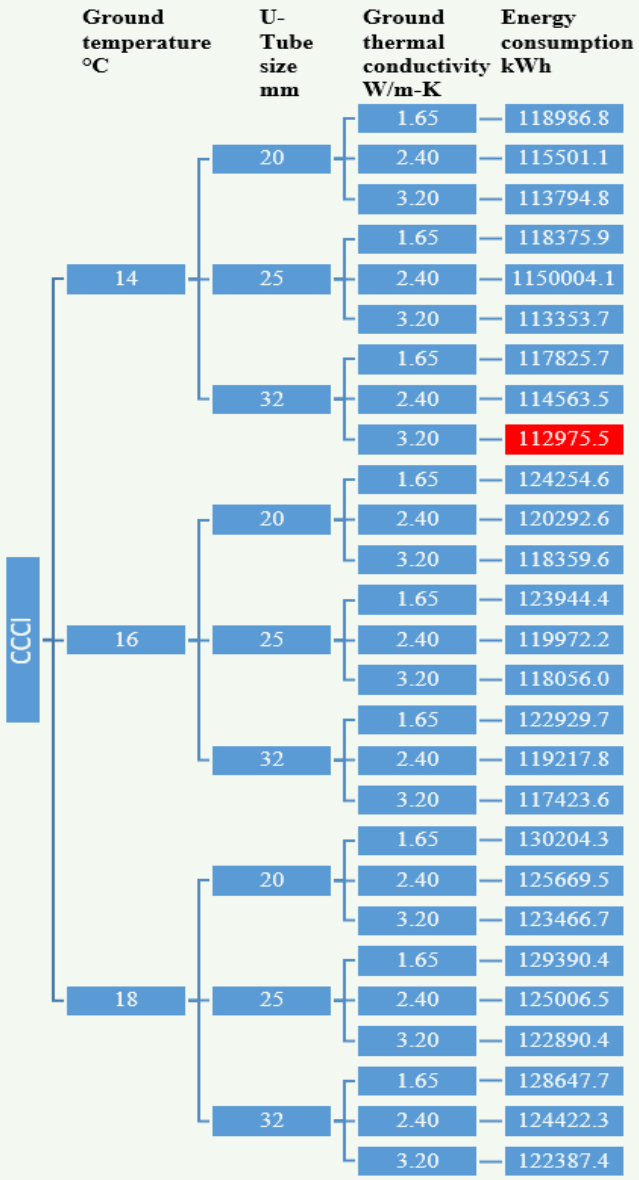








Análise global dos parâmetros avaliados



Análise conjunta dos parametros com maior influência no desempenho do sistema

Verificou-se que o <u>melhor cenário</u> resulta da combinação de:

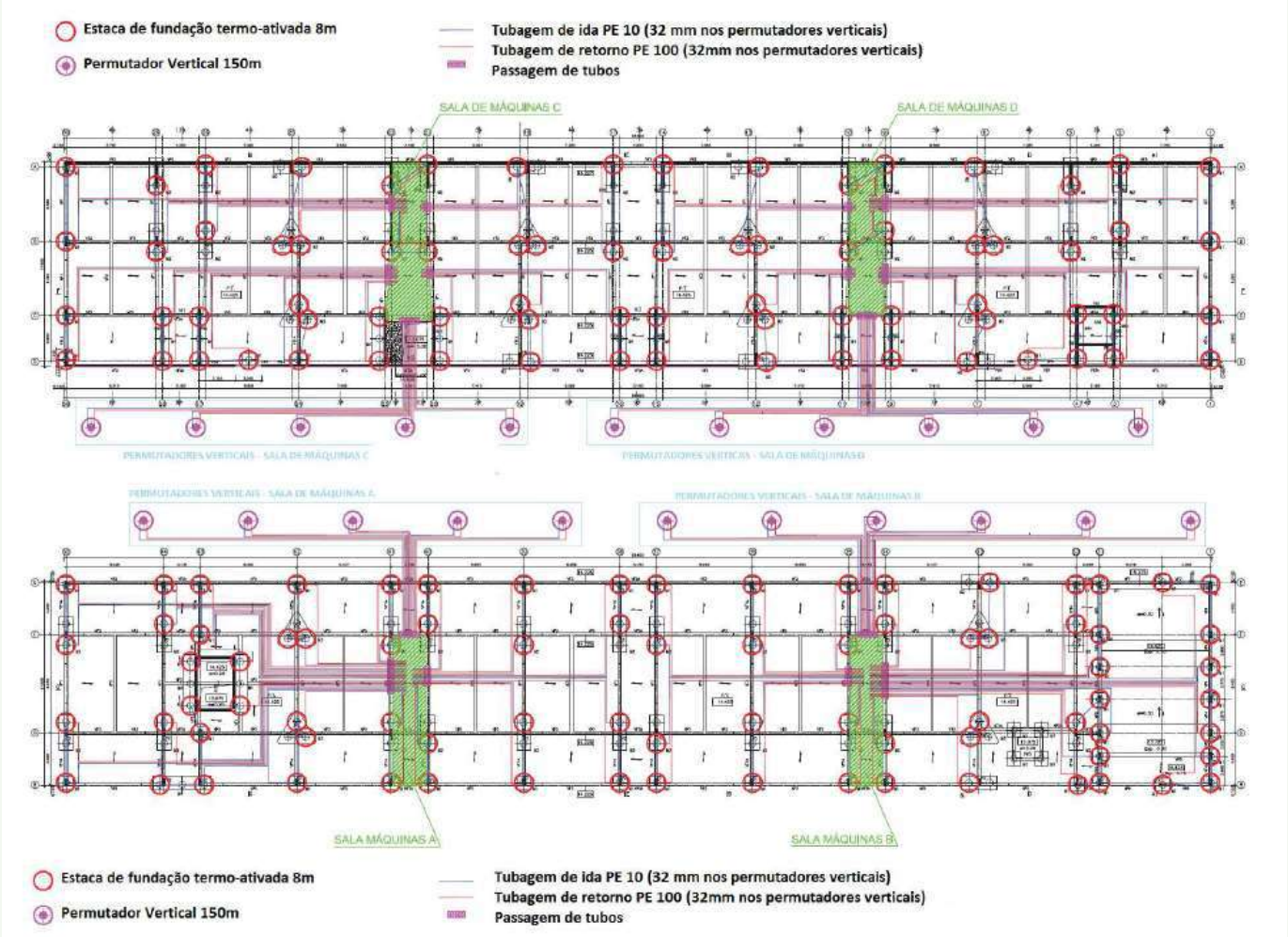
- **Temperatura do solo mais baixa, dado que as necessidades do edifício são na maioria de climatização para arrefecimento;**
- **Diâmetro dos permutadores com maior dimensão;**
- **Maior condutibilidade do solo, para permitir uma melhor troca de fluxo de calor entre o edifício e o solo.**

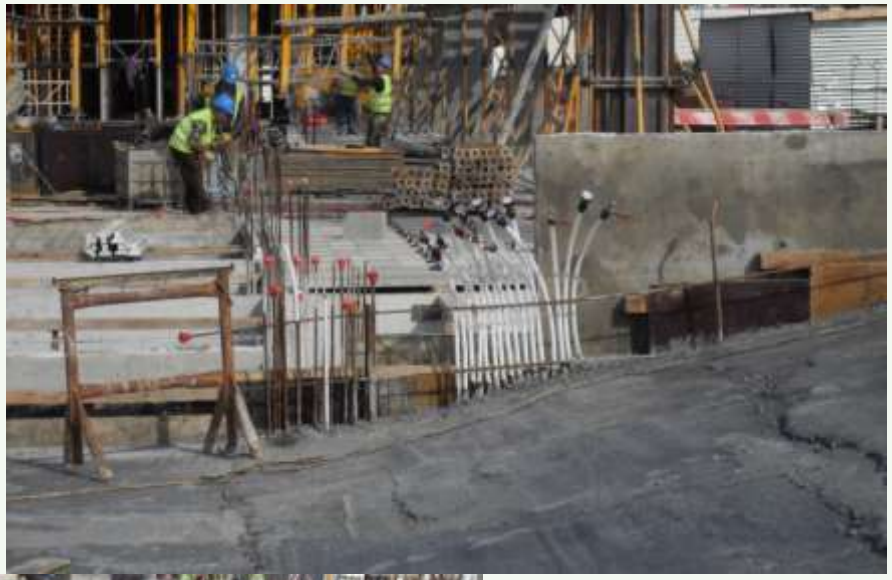
Aplicação de solução com geotermia com estacas termoativadas para climatização do edifício ESSUA

Escola Superior Saúde (ESSUA).

Aplicação de solução com geotermia com furos e estacas para climatização dos 2 edifícios ESSUA

Solução geotérmica de 147 estacas termoativadas de Ø 600 mm com 8 m de profundidade e 22 furos Ø 150mm com tubo em“U” vertical de Ø 32 mm com 150m de profundidade.





14/12/2010

Aplicação de solução com geotermia com furos para climatização do edifício ECORR

Escola Comunicações Óticas, Rádio e Robótica (ECORR).

Aplicação de solução com geotermia com furos e estacas para climatização dos 2 edifícios ESSUA

Solução com 22 furos com Ø 150mm com permutadores duplos em “U” vertical de Ø 32 mm com 120m de profundidade, complementada com cobertura verde.

Aposta energética – Parque geotérmico

Edifícios nos campi UA – 5 (3+1x2)

Área climatizada – 16.760 m2

Volume climatizado – 87.590 m3

Energia anual instalada:

Aquecimento – 1,34 GWh

Arrefecimento – 0,84 GWh

Total – 2,18 GWh

Viabilidade de solução

- Boas condições passivas do edifício
- Boas condições para a utilização do sistema de estrutura termoativa, pavimentos radiantes ou radiadores a água
- Redução de espaço para instalação do sistema em comparação com sistema convencional
- Redução de tubagens de distribuição, condutas por ventilação vertical do edifício e espaço para equipamento
- Boas condições para aumento de classe energética
- Utilizações distintas de espaços podem potenciar ainda mais a utilização da solução
- Conforto dos utentes por condução de energia pelos membros inferiores
- Qualidade do ar garantida, Redução de convexões de ar nos espaços, Controle da humidade
- Redução de oxidação de equipamentos devido à sala técnica interior
- Periodo de retorno do investimento diminuto
- Redução de necessidades de manutenção de equipamento
- Redução da emissão de CO_2 e dos custos com o AQS
- Sem flutuações da temperatura interior com natural aumento do conforto térmico

Viabilidade de solução

- Condicionamento de alguns projetos de especialidades das engenharias
- Necessidade de boa conciliação entre climatização, ventilação, e outras especialidades de engenharia
- Necessidade de pequenos espaços de arquitetura para armários de válvulas dos permutadores
- Necessidade de conciliação com outros equipamentos de AVAC e de ventilação
- Utilizações distintas pode implicar otimização por gestão técnica centralizada
- Necessidade de sistemas auxiliares para zonas de rápidas alterações de temperatura
- Gestão da solução, com periodo inicial de afinação, principalmente entre o arranque do sistema e por exemplo a insuflação com tratamento térmico do ar de renovação, bem como nos períodos de transição entre estações do ano e em casos de grandes amplitudes diárias
- Conhecimento técnico do sistema por elemento da manutenção e conservação
- Conhecimento do software de controle do sistema global por elemento técnico de supervisão

Conclusões sobre consumos e condições financeiras

- ✓ Cerca de 45% de redução de consumo energético em aquecimento.
- ✓ Cerca de 70% de redução de consumo energético em arrefecimento.
- ✓ Redução comparativa até cerca de 70% de despesas de manutenção.
- ✓ Período de retorno para edifícios do tipo escolar ou de serviços com período notturno de inatividade: 5 a 6 anos.

<u>Conclusão para edifícios da UA:</u>

- ✓ Total de poupança prevista em climatização num período pós retorno (7 anos) até aos 25 anos de ciclo de vida (18 anos), incluindo manutenção, em 5 edifícios dos seus campi, com 16.760 m^2 de área climatizada, será de mais de 0,5 M€ com base nos preços de 2020.

Conclusões sobre consumos e condições financeiras

Investimento inicial em edifícios de médio porte

- 45% de redução no consumo energético em aquecimento
- 70% de redução no consumo energético em arrefecimento
- Expetativas de retorno de 5 a 6 anos

Exemplos de sistemas geotérmicos em outros edifícios exteriores aos campi da UA

Aplicação de solução com geotermia com furos para climatização do edifício ESAN

Escola Superior Aveiro Norte (ESAN).

Aposta energética – Exterior

ESAN
Cercal,
Oliveira de
Azeméis

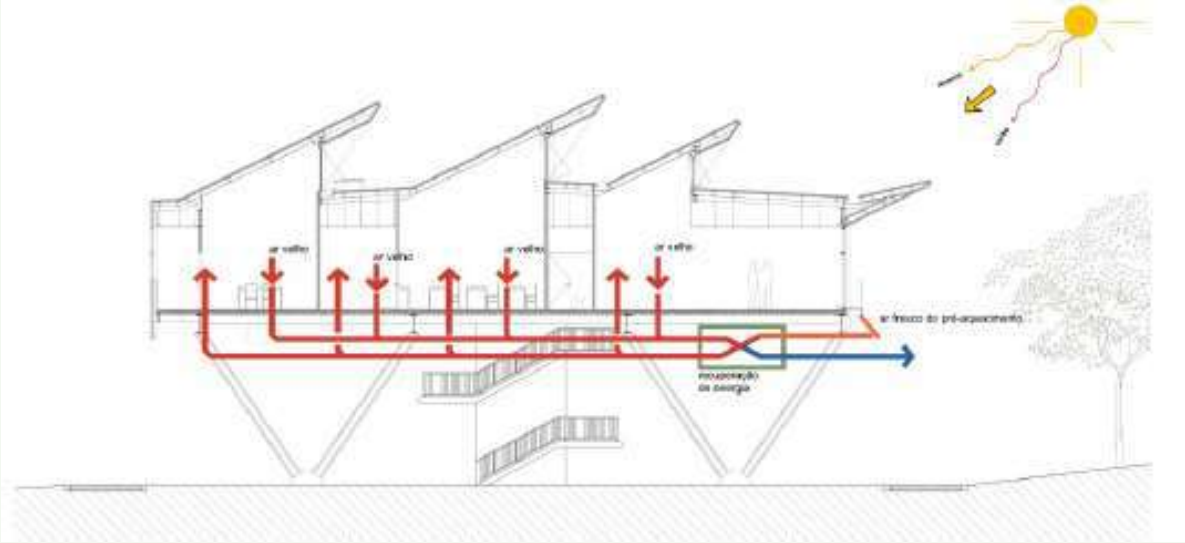
24 furos Ø 150mm com permutadores verticais em "U" de Ø 40 mm com 150m prof. em polietileno e 1 bomba de calor.

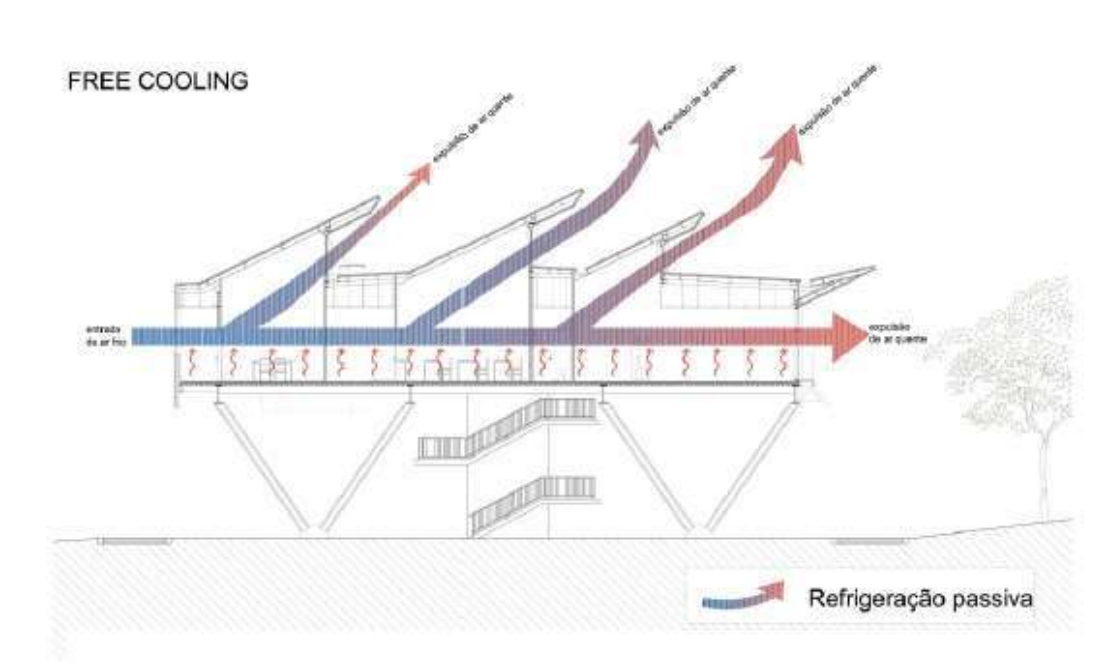
Edifício ESAN e planta da compartimentação interna

Aplicação de solução com geotermia com furos e estacas para climatização dos 2 edifícios ESSUA

Solução com 34 furos com Ø 150mm com permutadores em “U” vertical de Ø 32 mm com 150m de profundidade, complementada com painéis fotovoltaicos.

Otimização das capacidades passivas:





ESAN (Oliv. Azeméis):
Orientação das palas de cobertura para insolação no Inverno e refrigeração passiva no verão.

Dados energérticos do edifício e sua utilização:

- Capacidades máximas
- Necessidades energéticas
- Tipo de utilização do edifício

	Heating Capacity (kW)	Heating Energy Requirement – Annual Spread (kWh/Month)	Cooling Capacity (kW)	Cooling Energy Requirement – Annual Spread (kWh/Month)
January	116,3	22219	0	0
February	117,2	15498	0	0
March	91,9	10710	0	0
April	26,2	2918	42,1	3276
May	8,4	284	97,2	15173
June	0	0	136,2	22548
July	0	0	167,7	31898
August	0	0	167,9	30136
September	0	0	139,3	22442
October	31	1066	45,4	5223
November	98,4	14728	0	0
December	115,8	21241	0	0

Day of the Week:	Mo	Tues	Wed	Thur	Fri	Sat	Sun	Total:
Heating Energy Requirement –Weekly Spread in %	20	20	20	20	20	0	0	100%
Cooling Energy Requirement –Weekly Spread in %	20	20	20	20	20	0	0	100%

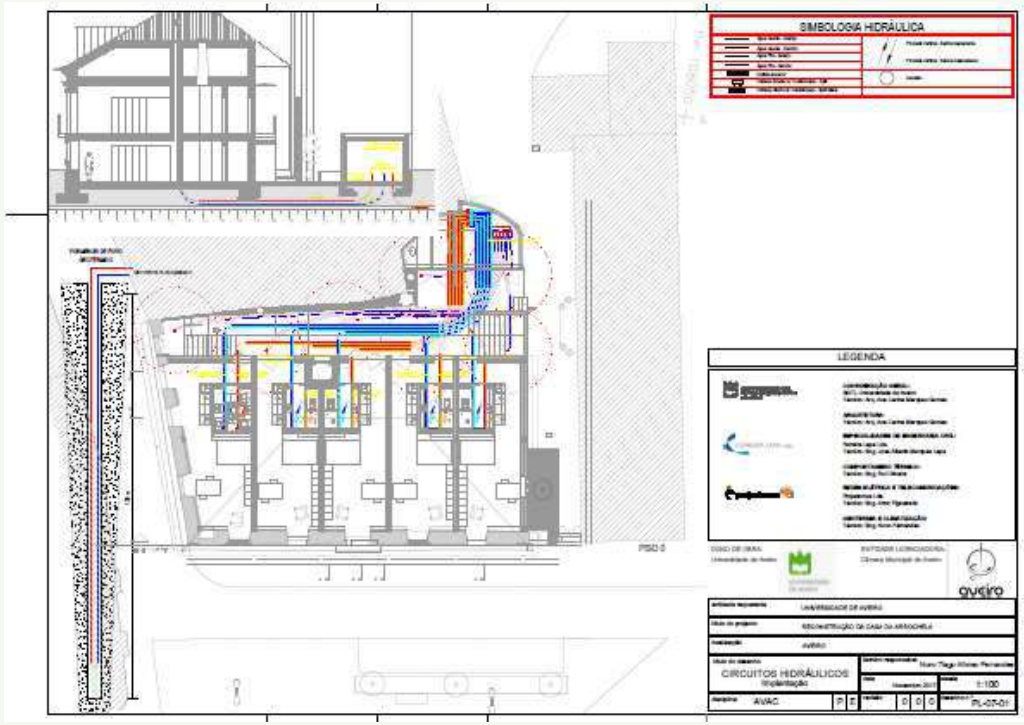
Aplicação de solução com geotermia com furos para climatização do edifício ESAN

Casa da Arrochela em Aveiro

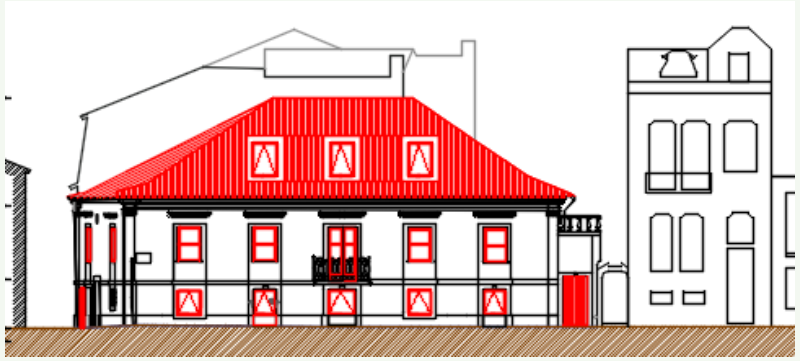
Aposta energética – Exterior

Reabilitação da Casa da Arrochela em Aveiro

Reabilitação de imóvel para 14 T1 para residência estudantil



Aplicação de solução com geotermia para climatização do edifício ARROCHELA



Solução geotérmica

Necessidade energética para climatização e AQS:

Estimaram-se as necessidades do edifício, em 49,55 kWh em aquecimento e em arrefecimento. Modo AQS com potência de aquecimento de 45,7 kW.

Solução geotérmica:

7 furos com 100 m de profundidade com sondas geotérmicas verticais simples Ø40 PEX-a (2 x 40 x 3,7) em "U".

Solução em splits:

Bomba de calor geotérmica, 2 reservatórios de inércia e AQS com capacidade de 1000 l, bombas de circulação, sistema secundário tipo mono-split bomba de calor reversível do tipo expansão direta, da série Inverter, essencialmente constituído por uma unidade para instalação no exterior, e uma unidade para instalação no interior do tipo mural próprias para instalação à vista na parede. O controlo deste tipo de unidades é feito por microprocessador do tipo PID (Proporcional, Integral e Derivativo), com controlo linear de passagem de fluido refrigerante.

Aposta energética – Exterior

Reabilitação da Casa da Arrochela em Aveiro

universidade de aveiro
theoria poiesis praxis

OBRA: Edifício de Habitação
REQUERENTE: Universidade de Aveiro
LOCALIZAÇÃO: Rua José Rabumba, nº 60 a 66 e Rua da Arrochela, nº 2 e 4 - Aveiro

MAPA RESUMO

Artigo	Designação dos Trabalhos	Preço Parcial	Preço Total
	ESTIMATIVA ORÇAMENTAL		**379 853,53 €**
0	**TRABALHOS PREPARATÓRIOS E FINAIS**		**22 869,00 €**
0.1	ESTALEIRO	12 300,00 €	
0.2	DEMOLIÇÕES, DESMONTES E PROTEÇÕES	6 804,00 €	
0.3	MOVIMENTOS DE TERRAS	3 765,00 €	
1	**ESTABILIDADE**		**99 794,74 €**
1.1	MOVIMENTOS DE TERRAS	1 498,11 €	
1.2	BETÃO DE LIMPEZA	1 085,69 €	
1.3	PAVIMENTOS TÉRREOS	7 113,94 €	
1.4	BETÃO ARMADO	79 700,78 €	
1.5	ESTRUTURAS METÁLICAS	10 396,22 €	
2	**ABASTECIMENTO DE ÁGUA**		**17 319,00 €**
2.1	TUBAGEM	6 055,34 €	
2.2	CONTADORES E CAUDALIMETROS	5 958,42 €	
2.3	ACESSÓRIOS	3 505,24 €	
2.4	RAMAIS DOMICILIÁRIOS	1 800,00 €	
3	**DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS**		**9 244,18 €**
3.1	TUBAGEM	5 257,30 €	
3.2	CAIXAS DE INSPEÇÃO E RAMAL DE LIGAÇÃO	1 500,00 €	
3.3	ACESSÓRIOS	1 286,88 €	
3.4	RAMAIS DOMICILIÁRIOS	1 200,00 €	
4	**DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS**		**7 349,93 €**
4.1	TUBAGEM	884,35 €	
4.2	CAIXAS DE INSPEÇÃO E RAMAL DE LIGAÇÃO	1 000,00 €	
4.3	CALEIRAS E TUBOS DE QUEDA	2 105,58 €	
4.4	DRENOS	2 510,00 €	
4.5	TRABALHOS ACESSÓRIOS	250,00 €	
4.6	RAMAIS DOMICILIÁRIOS	600,00 €	
5	**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**		**55 083,00 €**
5.1	QUADROS	14 900,00 €	
5.2	ILUMINAÇÃO	15 750,00 €	
5.3	APARELHAGEM	2 925,00 €	
5.4	CABLAGEM E TUBAGEM, INCLUINDO ROÇOS	16 858,00 €	
5.5	REDE DE TERRAS	350,00 €	
5.6	VIDEO PORTEIRO	3 200,00 €	
5.7	TRABALHOS ACESSÓRIOS	500,00 €	
5.8	COMISSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO	600,00 €	
6	**TELECOMUNICAÇÕES**		**16 441,03 €**
6.1	INSTALAÇÃO	15 441,03 €	
6.2	TRABALHOS ACESSÓRIOS	500,00 €	
6.3	COMISSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO	500,00 €	
7	**CLIMATIZAÇÃO, EXAUSTÃO E AQS**		**105 660,06 €**
7.1	PRODUÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA	37 985,80 €	
7.2	CIRCUITO DE DISTRIBUIÇÃO	15 361,57 €	
7.3	TUBAGEM	20 792,52 €	
7.4	TERMINAIS HIDRÁULICOS (VENTILOCONVETORES)	4 926,18 €	
7.5	UNIDADES AUTÓNOMAS DE CLIMATIZAÇÃO	1 145,54 €	
7.6	VENTILAÇÃO E TRATAMENTO DE AR	7 693,64 €	
7.7	PRODUÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS	7 077,02 €	
7.8	EQUIPAMENTO DE CAMPO	7 868,67 €	
7.9	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	1 860,32 €	
7.10	DIVERSOS	948,80 €	
8	**GESTÃO TÉCNICA CENTRALIZADA**		**28 092,60 €**
8.1	CONTROLO DE CLIMATIZAÇÃO	12 249,40 €	
8.2	CONTROLO DE CONSUMOS	10 243,20 €	
8.3	ENGENHARIA	5 600,00 €	
9	**SISTEMA DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS**		**6 000,00 €**
9.1	EXTINTORES	5 500,00 €	
9.2	COMISSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO	500,00 €	
10	**ELEVADOR**		**12 000,00 €**

Valor total com solução tradicional para convetores e AQS	333 999,06 €
Valor total com solução geotérmica e bomba de calor	379 853,53 €
Diferencial	45 854,47 €
Período de retorno do investimento	5 anos e 3 meses

Exemplos de sistemas geotérmicos em edifícios de hotelaria e lares

Aplicação de solução com geotermia para climatização de vários edifícios privativos de serviços

- Stroganov Hotel - Estrada Ponte da Atalhada, Oliveira do Hospital – Hotel de 5*
- Aqua Village Health Resort & Spa – Caldas de São Paulo – Hotel
- Cáritas Diocesana de Coimbra - Pombeiro da Beira – Estrutura Residencial Divino Salvador

Stroganov Hotel - Estrada Ponte da Atalhada, Oliveira do Hospital – Hotel de 5*

Solução geotérmica – Radiadores e aquecimento de piscina

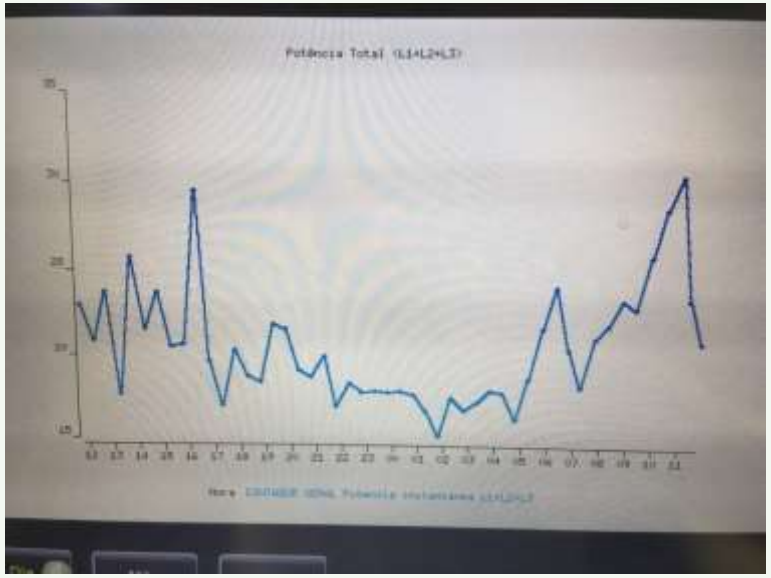
Stroganov Hotel - Estrada Ponte da Atalhada, Oliveira do Hospital – Hotel de 5*

Aqua Village Health Resort & Spa – Caldas de São Paulo – Ol. Hospital - Hotel

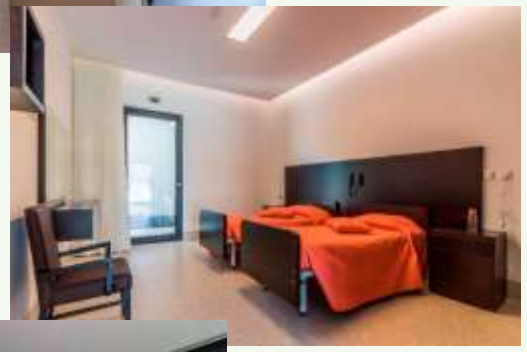
Solução geotérmica – Furos 4 tubos, TABS e aquecimento de piscina interior

Aqua Village Health Resort & Spa – Caldas de São Paulo – Ol. Hospital - Hotel

Aqua Village Health Resort & Spa – Caldas de São Paulo – Ol. Hospital - Hotel

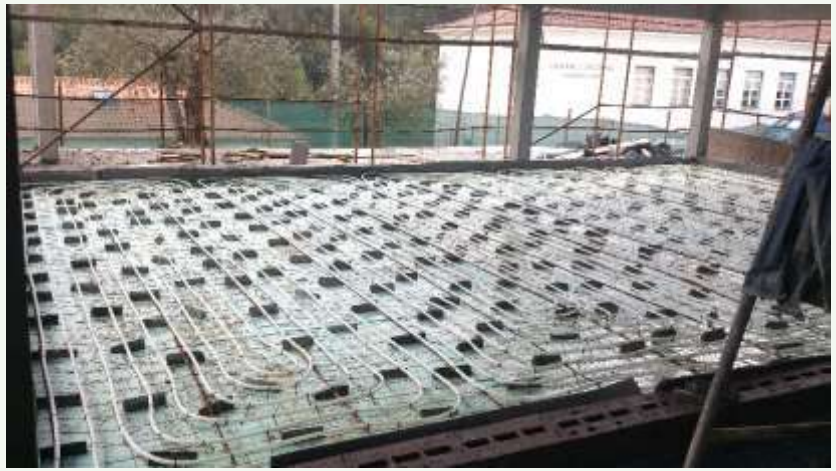


Cáritas Diocesana de Coimbra - Pombeiro da Beira, Arganil – Estrutura Residencial Divino Salvador



Solução climatização – Furos tubos duplos U, TABS

Cáritas Diocesana de Coimbra - Pombeiro da Beira, Arganil – Estrutura Residencial Divino Salvador



Exemplos de sistemas geotérmicos em edifícios industriais e de serviços administrativos

Consumos energéticos e emissões de CO2 em equipamentos ar-água versus água-água

Intervenção com geotermia superficial de arrefecimento
em Instalação fabril
Investimento: 375.000,00 €

Fornecimento: 1,2 MWh

Registos com sistema anterior:
Chillers ar-água
Consumo elétrico: 400 kWh

Registos com sistema geotérmico:
Chillers água-água (BC) com geotermia superficial
Consumo elétrico: 67 kWh

Retorno financeiro do investimento: 2 anos.

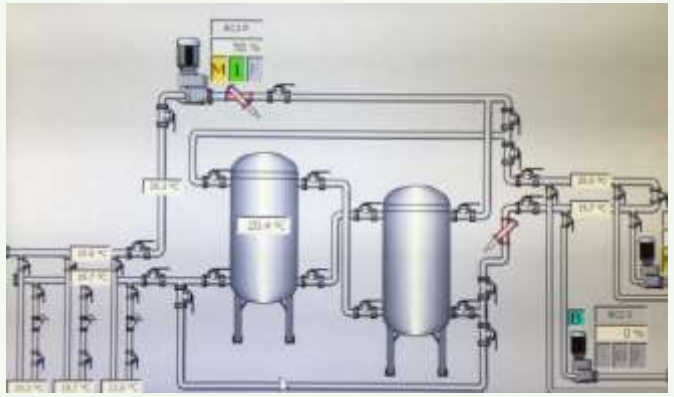
Consumos energéticos e emissões de CO2 em equipamentos ar-água versus água-água

Central geotérmica de dois sistemas (fechado e aberto)

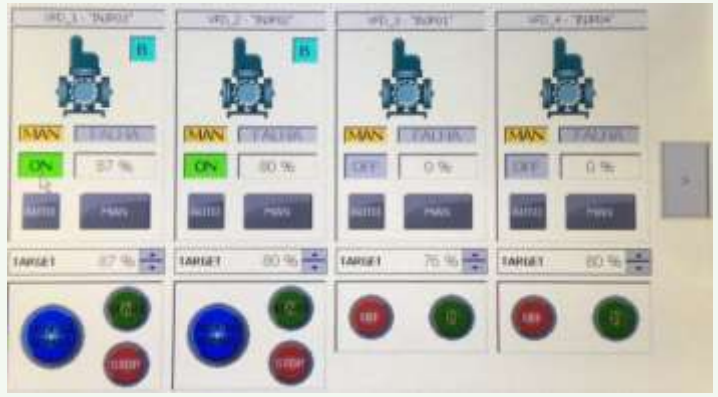
Consumos energéticos e emissões de CO2 em equipamentos ar-água versus água-água

Central geotérmica de dois sistemas (fechado e aberto)

Consumos energéticos e emissões de CO2 em equipamentos ar-água versus água-água

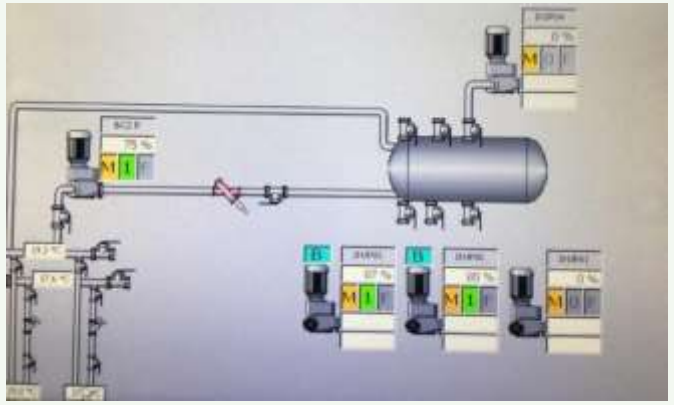


Sistema fechado

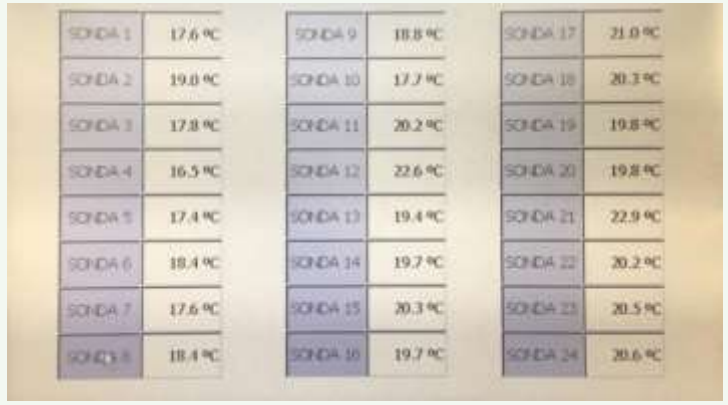


Controlo de bombas

Energia



Sistema aberto



SONDA 1	17.6 ºC	SONDA 9	18.8 ºC	SONDA 17	21.0 ºC
SONDA 2	19.0 ºC	SONDA 10	17.7 ºC	SONDA 18	20.3 ºC
SONDA 3	17.8 ºC	SONDA 11	20.2 ºC	SONDA 19	19.8 ºC
SONDA 4	16.5 ºC	SONDA 12	22.6 ºC	SONDA 20	19.8 ºC
SONDA 5	17.4 ºC	SONDA 13	19.4 ºC	SONDA 21	22.9 ºC
SONDA 6	18.4 ºC	SONDA 14	19.7 ºC	SONDA 22	20.2 ºC
SONDA 7	17.6 ºC	SONDA 15	20.3 ºC	SONDA 23	20.5 ºC
SONDA 8	18.4 ºC	SONDA 16	19.7 ºC	SONDA 24	20.6 ºC

Temperaturas das sondas

Sistema Fechado	Q=m*cp*(t23-t19)	Horas de Trabalho	kW da Térmica
	BCI-P		
SEER Antigo (Coefficient of Performance)	2,85		
SEER Actual Geotermia + Chiller (Coefficient of Performance)	4,69		
Emissões de CO2 Antigo (kg CO2)	132,5 /h		
Emissões de CO2 Geotermia (kg CO2)	53,46 /h		

Sistema Aberto	Q=m*cp*(t13-t1)	Horas de Trabalho	kW da Térmica
	BCI-P		
SEER Antigo (Coefficient of Performance)	3,19		
SEER actual Geotermia + Chiller (Coefficient of Performance)	12,01		
Emissões de CO2 Antigo (kg CO2)	651,20 /h		
Emissões de CO2 Geotermia (kg CO2)	254,82 /h		

SEER

Sistema de controlo e monitorização

COP (Coefficient of Performance) – O coeficiente de desempenho é uma medida de eficiência energética, pela relação entre a potência (kW) extraída da bomba de calor na refrigeração ou aquecimento, e a potência (kW) fornecida ao compressor.

EER (Energy efficiency ratio) - A relação de eficiência energética de um determinado dispositivo de arrefecimento é a relação entre a energia de arrefecimento da saída (em BTUs) e a energia elétrica de entrada (em watt-hours) num dado ponto de funcionamento.

SEER (Seasonal Energy Efficiency Rating) – É a classificação de uma unidade quanto à produção de energia dividida pelo fornecimento total de energia elétrica durante o mesmo período sazonal.

A classificação SEER reflete a eficiência global do sistema numa base sazonal e a EER reflete a eficiência energética do sistema numa condição de funcionamento específica. Ambas as classificações são úteis na escolha dos produtos, mas a mesma classificação deve ser usada para comparações.

$EER = 3.41214 \times COP$ (em BTU)
$EER = -0.02 \times SEER^2 + 1.12 \times SEER$
BTU (British thermal unit) é uma Unidade de calor, definida com a quantidade de calor requerida para aumentar a temperature de uma libra (454 gramas) de água em um grau Fahrenheit) $°F = °C \times 1{,}8 + 32$)

Consumos energéticos e emissões de CO2 em equipamentos ar-água versus água-água

INJETORAS | Potencia das bombas (Avg Kw) 30/09/2019 GEPACK

	Inj03	Inj02	Inj01	Inj04	Bomba circuladora 1 secundaria do circuito fechado 3''	Bomba circuladora Primaria do circuito aberto	Bomba circuladora Primaria do circuito fechado	Bomba circuladora 2 secundaria do circuito fechado 4''															
	Minutos de funcionamento por hora AVG																	Minutos de funcionamento por hora MAX					
	VFD1_ ON_LA	VFD2_ ON_LA	VFD3_ ON_LA	VFD4_ ON_LA	VFD5_ON _LAST_H	VFD6_ON _LAST_H	VFD7_ON _LAST_H	VFD8_ON _LAST_H	CHILLE R01_O	CHILLE R02_O	CHILLE R03_O	CHILLE R06A_	CHILLE R06B_	CHILLE R07_O	CHILLE R10_O	Aux	CHILLER0 1_Max	CHILLER0 2_Max	CHILLER0 6A_Max	CHILLER 06B_Ma	CHILLER1 0_Max	CHILLER0 7_Max
2019	**23**	**33**	**27**	**22**	**6**	**33**	**27**	**32**	**25**	**4**	**0**	**16**	**14**	**20**	**25**	4,79	**60**	**60**	**60**	**60**	**58**	**60**
ago	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,36	0	0	0	0	0	0
set	36	51	42	35	10	51	43	50	39	6	0	25	21	31	39	2,43	60	60	60	60	58	60
01/set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
02/set	0	11	0	23	0	17	16	22	12	6	0	4	4	8	10	6	60	36	25	22	33	38
03/set	11	58	0	60	0	55	40	60	53	26	0	17	24	28	37	9	60	37	38	60	55	57
04/set	32	60	0	50	0	60	59	52	58	30	0	21	23	31	38	10	60	60	35	60	53	55
05/set	31	60	0	26	0	60	33	40	58	34	0	21	27	21	29	9	60	60	60	60	51	57
06/set	9	60	26	60	0	60	50	56	60	43	0	40	12	33	40	9	60	60	60	28	57	60
07/set	0	60	60	60	0	60	59	58	58	20	0	26	23	36	44	9	60	44	60	39	47	51
08/set	0	60	60	60	0	60	60	60	34	0	0	33	23	35	41	9	49	0	60	60	49	52
09/set	0	29	29	29	0	29	29	29	16	0	0	18	16	19	39	9	31	0	24	22	34	50
10/set	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	19	16	9	40	9	31	0	28	24	13	48
11/set	5	29	29	5	0	24	29	29	24	0	0	22	13	16	24	9	47	0	60	30	29	37
12/set	19	60	60	0	0	60	60	60	45	0	0	32	18	24	32	9	60	0	60	60	45	52
13/set	60	60	60	0	0	60	60	60	53	0	0	42	17	39	48	9	60	0	60	60	52	60
14/set	60	60	60	0	0	60	60	59	48	0	0	27	28	34	42	9	60	0	60	60	44	50
15/set	60	60	60	0	0	60	60	60	38	0	0	21	32	38	45	9	53	0	54	60	55	60
16/set	60	60	60	0	0	60	60	60	26	0	0	18	16	29	38	9	37	0	26	22	37	46
17/set	60	60	60	0	0	60	60	60	40	0	0	33	14	35	43	9	53	0	60	25	42	50
18/set	60	60	60	20	0	60	60	60	39	0	0	20	31	36	44	9	43	0	38	60	55	60
19/set	60	60	60	60	2	60	60	60	55	0	0	31	25	45	52	9	60	0	60	44	56	60
20/set	60	60	60	60	0	60	60	60	45	0	0	37	21	46	53	9	60	0	60	60	54	60
21/set	60	60	60	60	0	59	59	60	21	0	0	21	19	42	50	9	31	0	29	26	57	60
22/set	60	60	60	60	8	60	60	60	20	0	0	23	18	32	39	9	31	0	60	24	48	53
23/set	60	60	60	60	60	60	60	60	24	0	0	29	20	45	52	9	50	0	60	39	58	60
24/set	51	51	51	51	42	51	38	51	30	0	0	29	26	30	37	9	60	0	60	60	48	54
25/set	60	60	60	60	60	60	1	60	47	0	0	33	33	37	44	9	60	0	37	37	46	50
26/set	60	60	60	60	60	60	0	60	56	0	0	35	35	46	50	9	56	0	35	35	46	50
27/set	60	60	60	60	60	60	0	60	56	0	0	35	35	46	50	9	56	0	35	35	46	50
Total Geral	**23**	**33**	**27**	**22**	**6**	**33**	**27**	**32**	**25**	**4**	**0**	**16**	**14**	**20**	**25**		**60**	**60**	**60**	**60**	**58**	**60**

Consumos energéticos e emissões de CO2 em equipamentos ar-água versus água-água

Intervenção com geotermia superficial em
Renovação de Instalações administrativas
Investimento: 275.000,00 €

Fornecimento: 1,0 MWh

Requisitos com sistema tradicional:
Chillers ar-água
Consumo elétrico: 380 kWh

Registos com sistema geotérmico e fotovoltaico:
Chillers água-água (BC) com geotermia superficial
Consumo elétrico: 60 kWh

Retorno financeiro do investimento: 2 anos e 6 meses.

LWC Metal - Parque Industrial Manuel Lourenço Ferreira, Mortágua - Edifício Administrativo

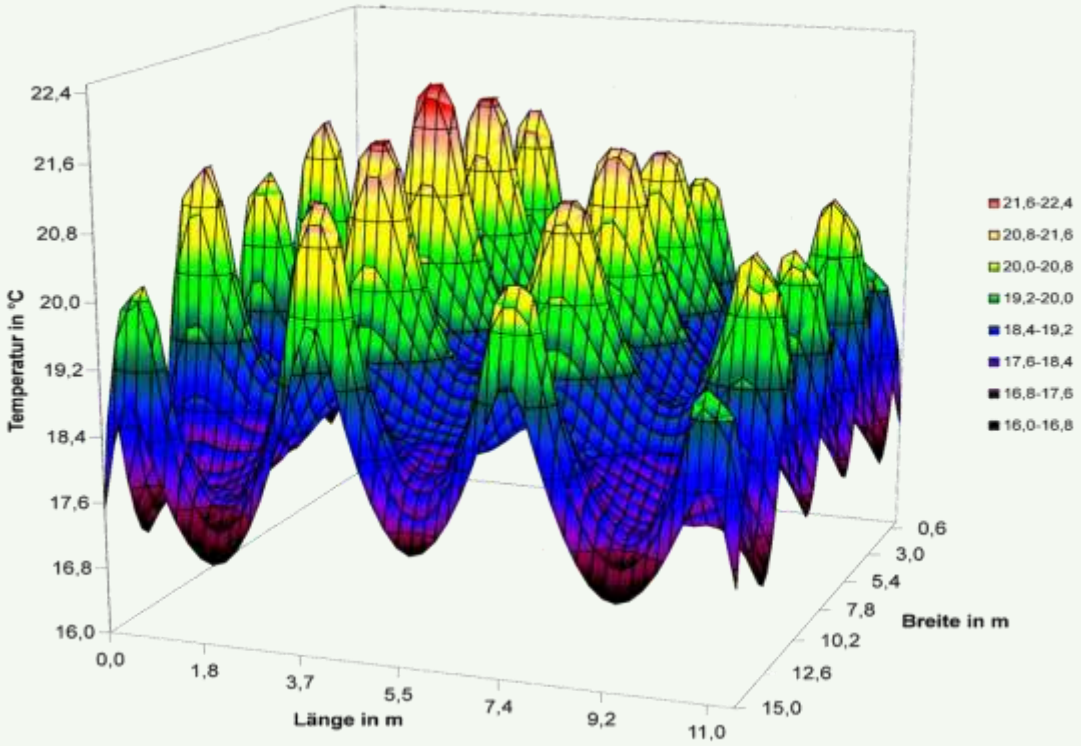
Acompanhamento de projetos de sistemas geotérmicos

Para Bombas de Calor Geotérmicas (Sistemas Água-Água de baixa entalpia) com dissipações típicas de 50-100 W/m, o cálculo corrente é efetuado pelas Normas VDI (metros de dissipação e caudal mínimo). Apresenta-se uma folha geral resumo típica para o cálculo:

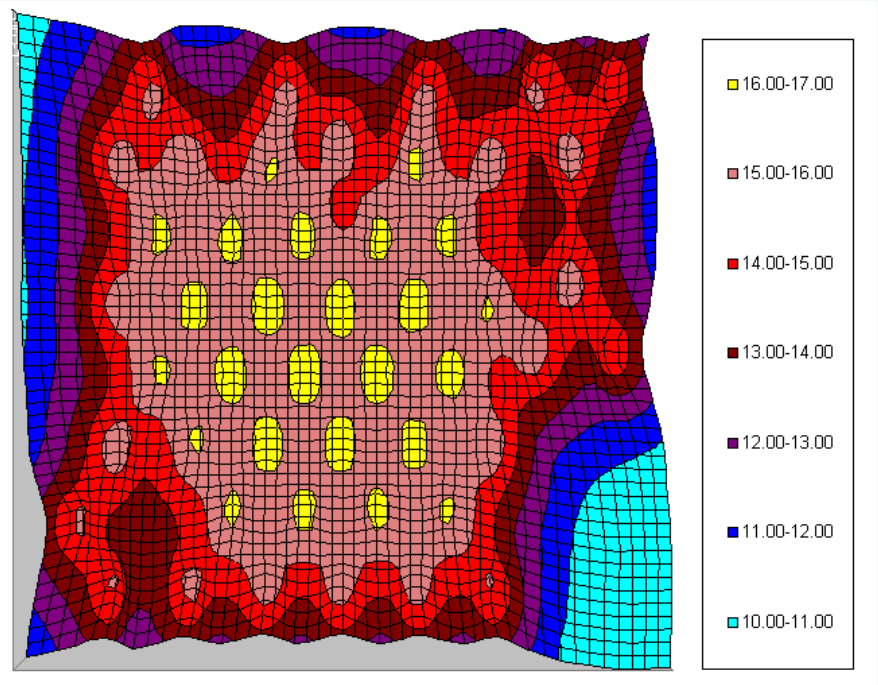
Bomba de Calor Baixa Entalpia										
								1		
	1		2	PD1		PD2		Caudal(m^3/h)		m Furos
			Nec. PROJ					Cálculo VDI		
Pfrio	90	kW	96,3	70,43478	kW	75,36522			90kW-F	1408,696
Pquente	120	kW	123	93,09417	kW	95,42152			120kW-Q	1861,883
Pquente AQS	60	kW	59,5	47,95181	kW	47,55221			60kW-AQS	959,0361
EER	4,6									
COP	4,46									
COP2	4,98									
Cp(9-16ºC)	4,19									
Cp(38-45ºC)	4,17									
Cp(60-65ºC)	4,15									
ΔTf	4						90kW-F	15,20		
ΔTf	5						90kW-F	12,16		
ΔTf	6						90kW-F	10,13		
ΔTq	4						120kW-Q	20,00	10,30	60kW-Q
ΔTq	5						120kW-Q	16,00	8,24	60kW-Q
ΔTq	6						120kW-Q	13,33	6,87	60kW-Q
Diss. W/m	50									
Normas VDI										

Simulação termodinâmica do terreno envolvente aos permutadores:

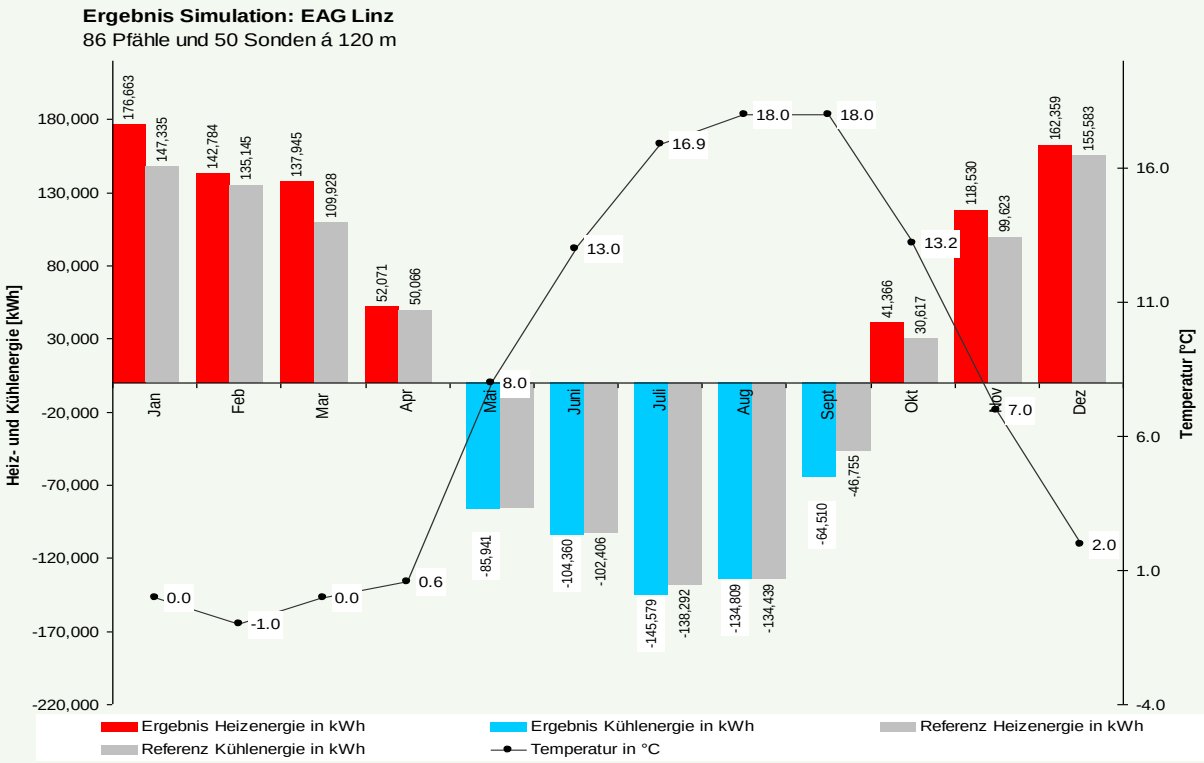
Exemplo da distribuição de temperaturas num campo de estacas em Setembro:

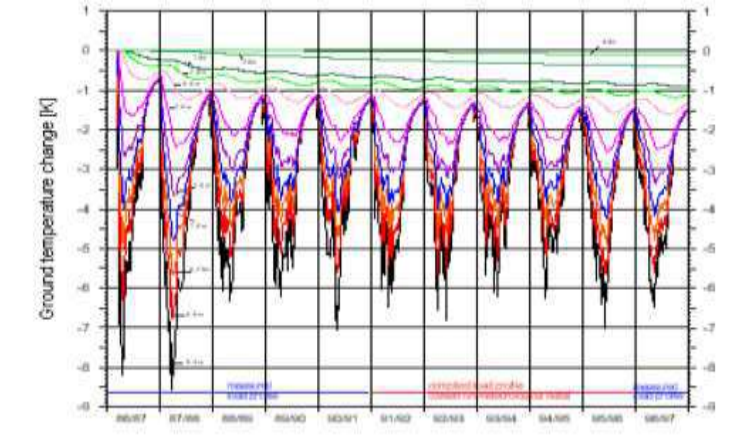


Exemplo de corte da distribuição de temperaturas num campo de estacas em Setembro:



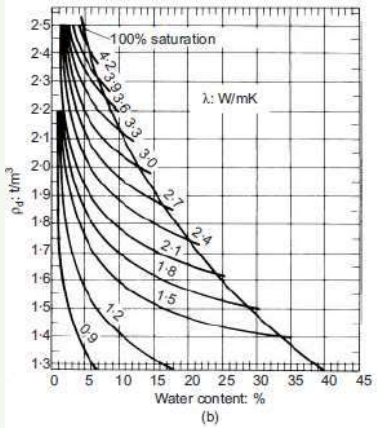
Simulação do ciclo anual com ajuste do sistema ás necessidades energéticas e estabilização do sistema projetado:





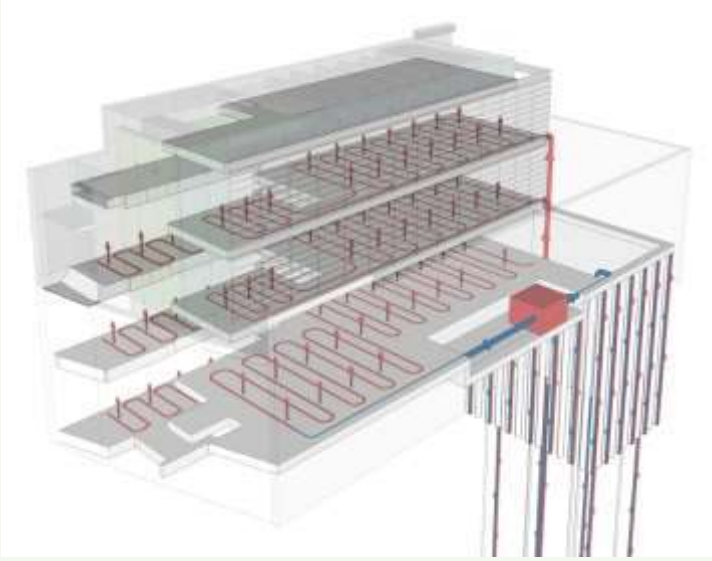
Projeto do permutador geotérmico (dados iniciais): Características do terreno e do permutador

- Dados Geotécnicos. Composição, estratigrafia, compactação.
- Conductividade térmica dos estratos do terreno
- Nível freático, fluxo de agua subterrânea, caudal, temperaturas no solo
- Materiais do permutador e da envolvente do furo (grout)
- Velocidade do líquido do permutador
- Distâncias entre permutadores e profudidades



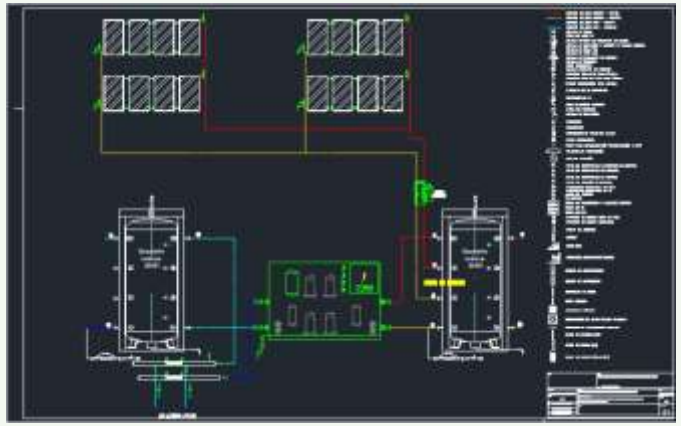
Características das fundações do edifício (para geoTABS):

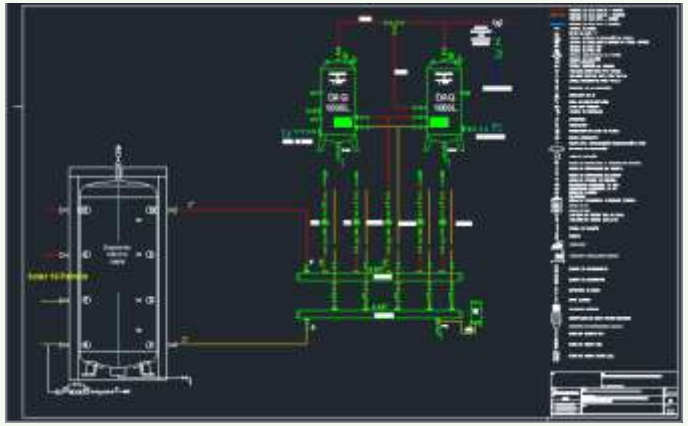
- Tipos de permutadores disponíveis
- Dimensões dos permutadores
- Localizacão dos permutadores
- Disponibilidades de espaço

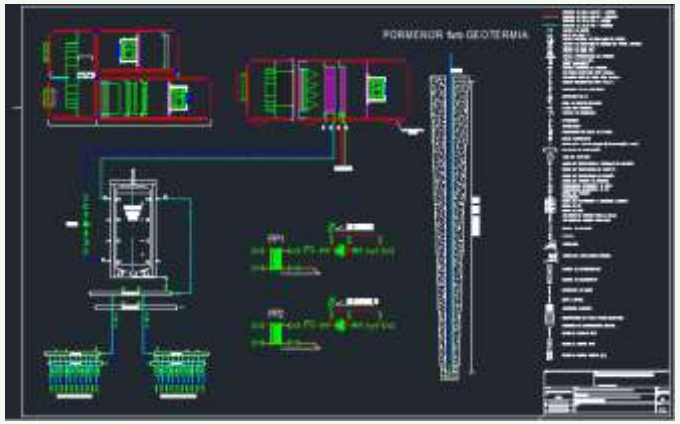


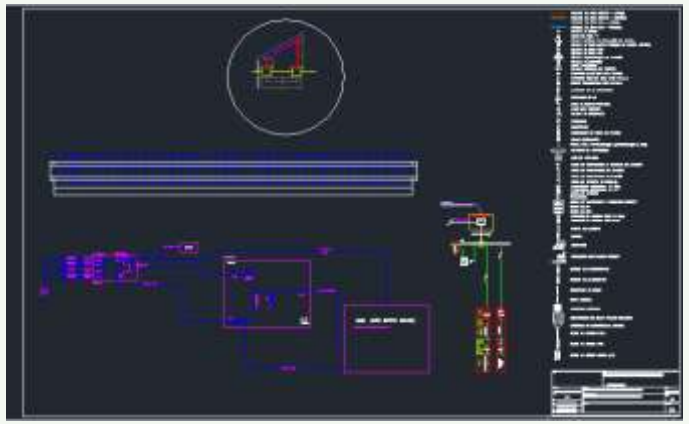
Ground conditions:	
Ground layers	Sand upt to 135 m, sand mixed with white clay up to 144 m, white clay up to 150 m, λ= 1,69 W/mK (TRT)
Undisturbed ground temperature:	15,1°C
Ground water flow:	0 m/day, ground water in 75 m
Absorber specifications:	
Pipes:	HDPE 80, 25 x 2,3 mm (piles) HDPE 100 32 x 3 mm (bhe)
Temperature difference of flow and return:	4 K
Operation modes:	Heating and cooling
Minimal flow Temperature:	12°C
Max flow of system	43.076 kg/h
Absorber elements:	
Pile Wall:	depth = 17 m, selected amount of piles = 45
Borehole Heat Exchangers (BHE):	depth = 150 m, selected amount of bhe´s = 14 exept bhe 3 = 108 m
Simulation	
Simulation time:	9 years

Exemplo de parte de Projeto de instalação geotérmica









Sistema geotérmico com estruturas termoativas (GeoTABS) no edifício multidisciplinar da AMI em Cascais (Viabilidade)

Projeto de arquitetura

Análise do projeto de arquitetura

Não contabilizando alguns fatores financeiros, o valor determinado para o diferencial de custo inicial das soluções, ou seja, o sobrecusto de investimento, em 2020, foi estimado em 207.000,00 €, sendo o valor diferencial de custos de exploração anual das soluções variável com valor inicial de arranque do primeiro ano de 76.230,00 €, sendo depois variável em conformidade com a variabilidade da manutenção e conservação, representando um período máximo de **retorno de 8 anos**, com um ganho financeiro igual ao do custo inicial conseguido ao fim de 15 anos, conforme indicado no gráfico seguinte em que são apresentados os diferenciais por ano de exploração e o ganho financeiro acumulado.

Análise económica resumo

Consumo Estimado kWh/ano	1 800 000	kWh
ESEER BC ar água (convencional)	4,28	kWh
ESEER BC água-água (geotermia)	6,12	kWh
Preço Electricidade 2020	0,19	€/kWh
Inflação 2020 constante	1,6	%
Investimento inicial		
A) Sistema Bomba de Calor ar-água	900 000	€
B) Sistema Bomba de Calor geotérmica	1 100 000	€

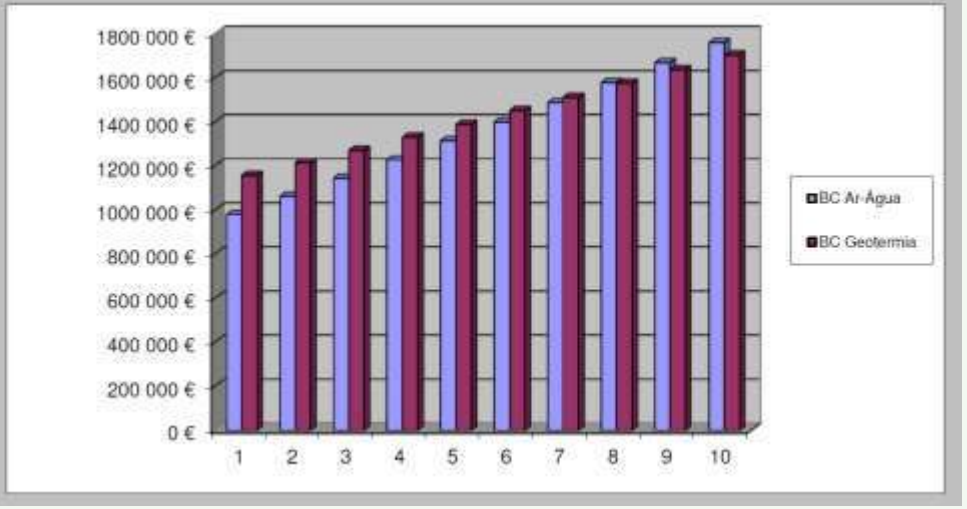
	1ano	10 anos
A) Sistema Convencional	79 907 €	1 759 123
B) Sistema GeoTABS	55 882 €	1 700 825

Custo exploração

ano		BC Ar-Água		BC Geotermia	ΔP=A-B
Sistema		900 000 €		1 100 000	
1	79 907 €	979 907 €	55 882 €	1 155 882 €	-175 976 €
2	81 185 €	1 061 092 €	56 776 €	1 212 659 €	-151 567 €
3	82 484 €	1 143 576 €	57 685 €	1 270 344 €	-126 768 €
4	83 804 €	1 227 379 €	58 608 €	1 328 952 €	-101 572 €
5	85 145 €	1 312 524 €	59 546 €	1 388 497 €	-75 973 €
6	86 507 €	1 399 031 €	60 498 €	1 448 995 €	-49 965 €
7	87 891 €	1 486 922 €	61 466 €	1 510 462 €	-23 540 €
8	89 297 €	1 576 219 €	62 450 €	1 572 911 €	3 308 €
9	90 726 €	1 666 945 €	63 449 €	1 636 360 €	30 585 €
10	92 178 €	1 759 123 €	64 464 €	1 700 825 €	58 298 €
11	93 653 €	1 852 775 €	65 496 €	1 766 320 €	86 455 €
12	95 151 €	1 947 926 €	66 543 €	1 832 864 €	115 063 €
13	96 673 €	2 044 600 €	67 608 €	1 900 472 €	144 128 €
14	98 220 €	2 142 820 €	68 690 €	1 969 162 €	173 658 €
15	99 792 €	2 242 612 €	69 789 €	2 038 951 €	203 661 €

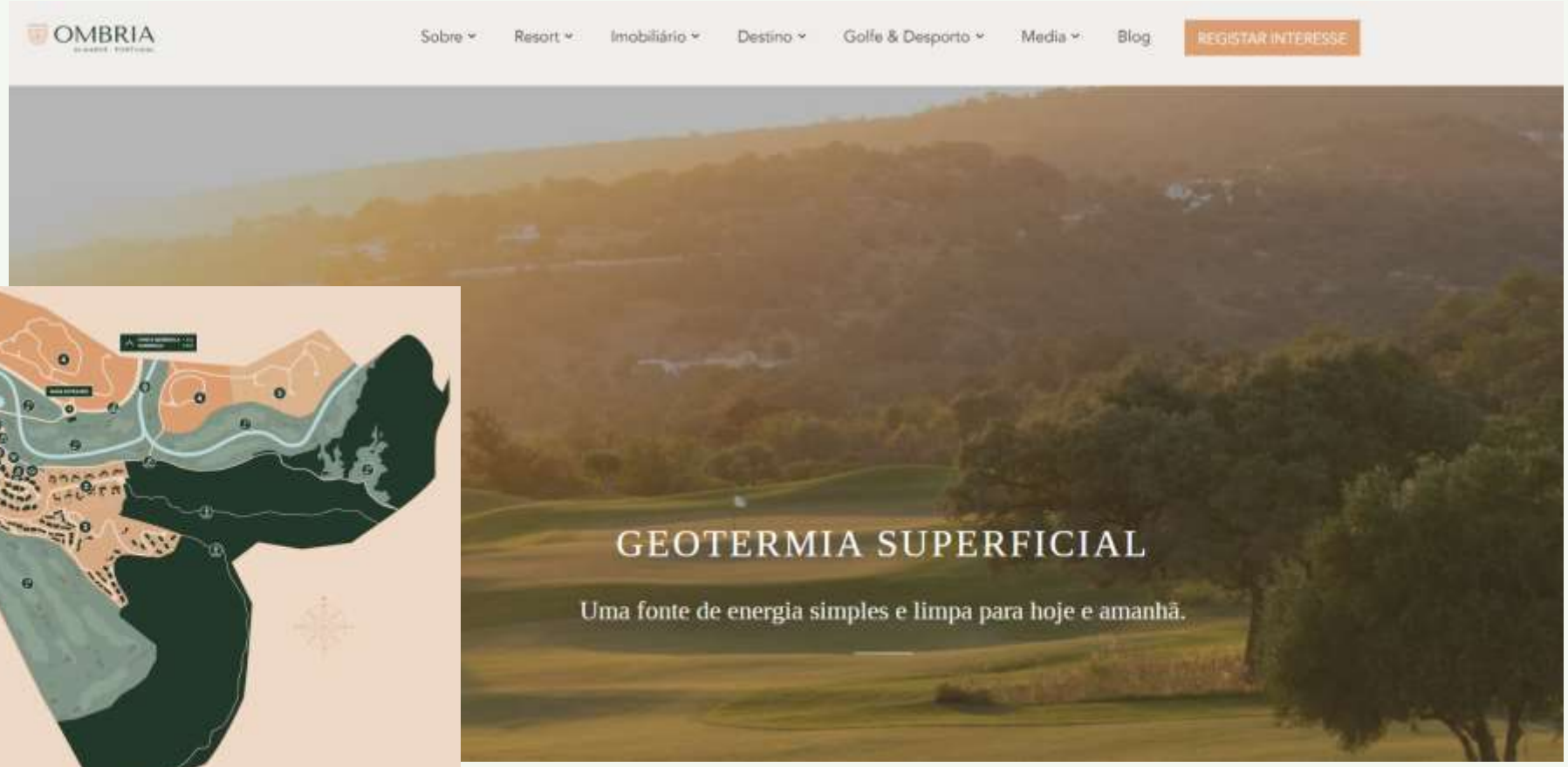
Incluem-se valias de:

- Diminuição da manutenção
- Alterações de projetos
- AQS
- Diminuição de condutas



A aposta em sistemas urbanos

Ombria Resort



Informação obtida do website

NZEBs - Nearly Zero-Energy Buildings

Os princípios sustentáveis foram aplicados ao design do resort e a todas as caraterísticas dos edifícios encontrados no Ombria Resort.

A arquitetura bioclimática apresenta traços inovadores e tradicionais, permitindo que a energia seja conservada sempre que seja possível, recorrendo a métodos de construção algarvia antigos e materiais de origem local adaptados ao clima da região

Energia Geotermal

O nosso sistema geotérmico pioneiro e de reduzido impacto trabalha transferindo o calor geotérmico para a água bombeada pelo solo que, em combinação com as bombas de calor reversas, é usado para o controlo climático, tanto de refrigeração quanto de aquecimento.

Uma fonte de energia limpa, renovável e disponível 24 horas por dia, livre de riscos para a comunidade.

SABER MAIS

A aposta em sistemas híbridos

(Hy-GeoTABS)

Novo conceito de Hy-GeoTABS – Sistemas integrados de tecnologia geotérmica com outras fontes de energia renovável

As diferentes combinações de fontes térmicas, como solo (sondas geotérmicas ou permutadores em elementos estruturais), ar (torres de arrefecimento e pré-processamento geotérmico de ar), água (usando redes de esgotos, piscinas, lagos e rios) e sol (painéis solares e fotovoltaicos) é uma oportunidade para melhorar a eficiência dos sistemas geotérmicos. A conexão de sistemas diferentes é o ponto de partida para aplicações em edifícios residenciais (mercado grande) aumentando o interesse dos proprietários em encontrar soluções eficientes com base em fontes de energias renováveis. A investigação sobre a complementaridade dessas soluções irá permitir preços mais competitivos de equipamento e materiais.

Examplos de informação e de investigações recentes sobre sistemas híbridos

HORIZON 2020

MPC-. GT

Project ID: 723649
Funded under:
H2020-EU.3.3.1. - Reducing energy consumption and carbon foorpint by smart and sustainable use

Model Predictive Control and Innovative System Integration of GEOTABS;-) in Hybrid Low Grade Thermal Energy Systems - Hybrid MPC GEOTABS

hybrid GEOTABS

Controlling the power of the ground by integration

www.hybridgeotabs.eu
linkedin.com/groups/13510727
facebook.com/hybridGEOTABS
@hybridGEOTABS

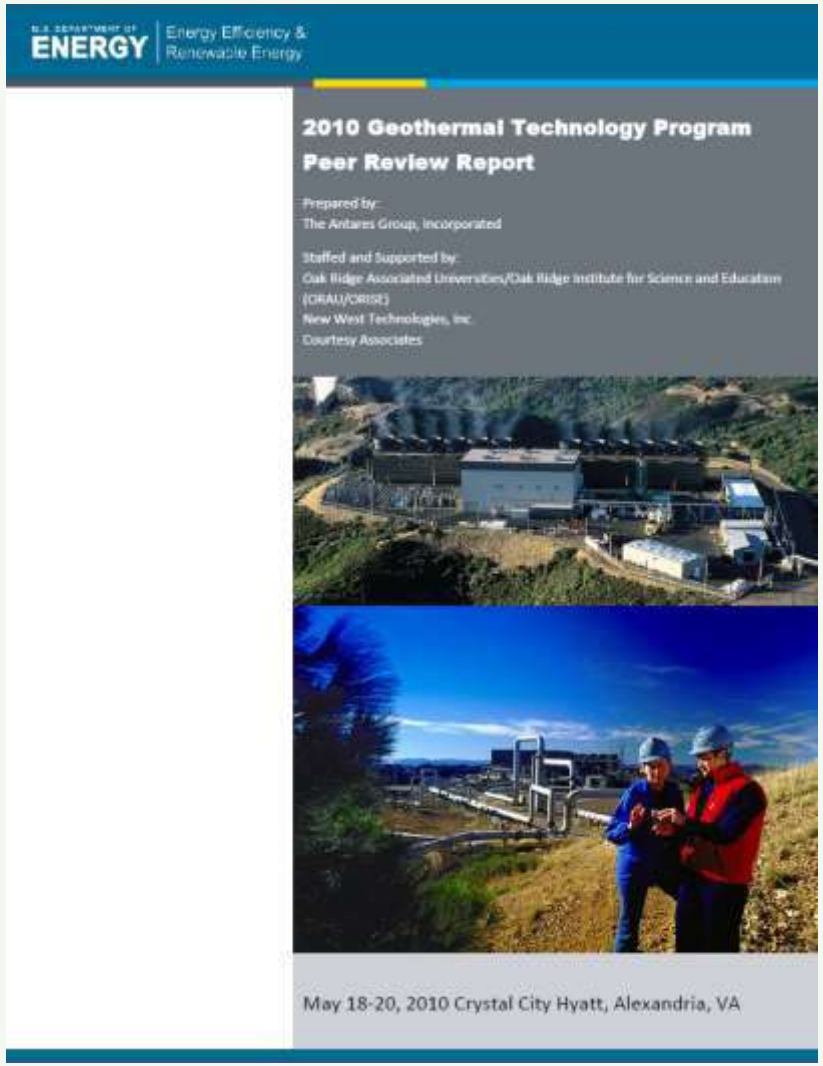
Advances in Ground-Source Heat Pump Systems

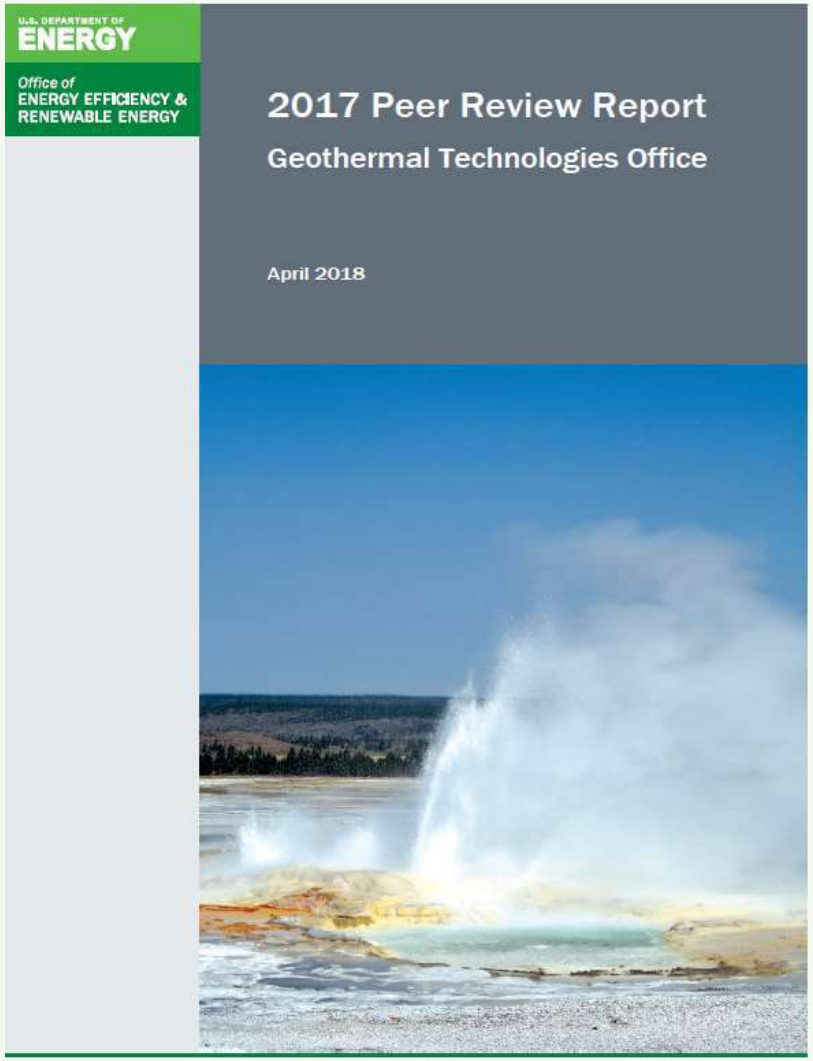
editado por Simon Rees

REHVA

Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations

Informação, Incentivos e Legislação





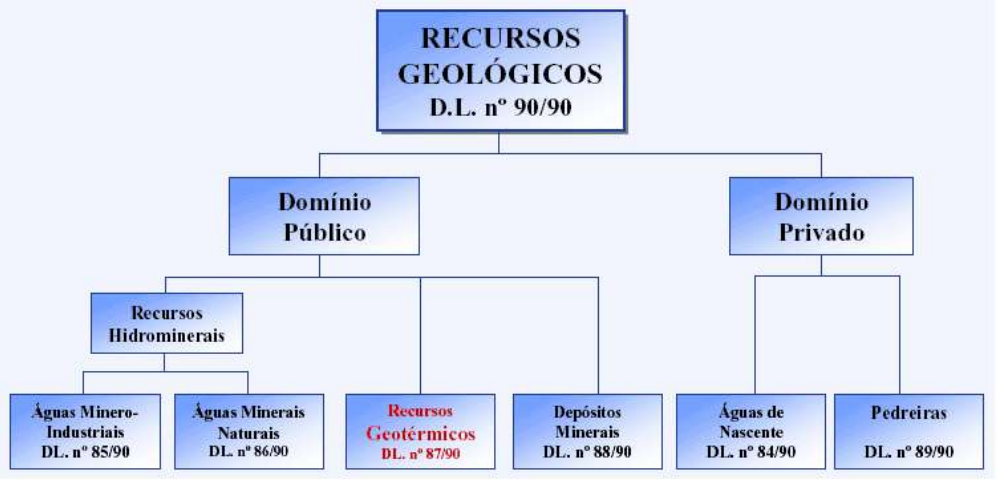
US Geothermal Review

Portugal

SMART CITIES
CIDADES SUSTENTÁVEIS

PROGRAMA DE APOIO A EDIFÍCIOS MAIS SUSTENTÁVEIS RECEBE NOVO REFORÇO DE 15 MILHÕES DE EUROS

Publicado por Filipa Cardoso | Jan 18, 2022 | Energia, Notícias



Decreto-Lei 90/90 de 16 de Março

Legislação, Prospecção, Pesquisa e Exploração

INÍCIO / LUSA

Governo prepara quadro legal para desenvolvimento da geotermia

O secretário de Estado da Energia, Jorge Seguro Sanches, anunciou hoje que o Governo está a preparar um quadro legal com vista ao desenvolvimento da geotermia, um tipo de energia renovável que considera ter ficado esquecida.

O autor agradece o apoio da FCT através do projeto PTDC/ECICON/1866/2021 com a designação "Avaliação da sustentabilidade de sistemas geotérmicos superficiais em Lisboa. Estudos de caracterização do comportamento térmico e termomecânico dos solos da cidade"