APG
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE GEÓLOGOS

III JORNADAS APG

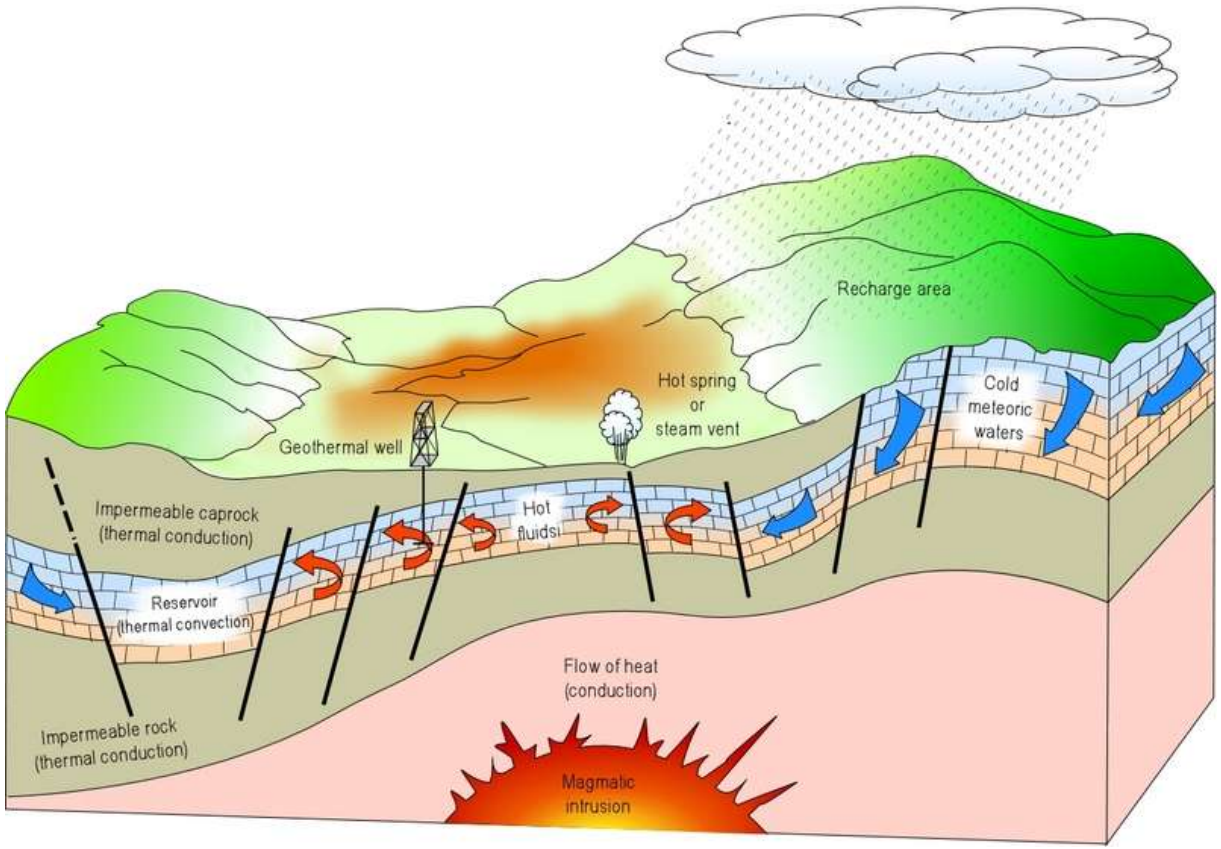
Potencial Geotérmico Nacional

José Martins Carvalho
ISEP/IPP; GEOBIOTEC (UAveiro)
jmc@tarh.pt

Lisboa, LNEC, 28 de Novembro de 2013

A GEOTERMIA INDUSTRIAL DESAFIOS PARA A SOCIEDADE PORTUGUESA

(elaboração própria)



O que é um projecto de geotermia industrial

Cobertura impermeável
Reservatório
Fonte de calor

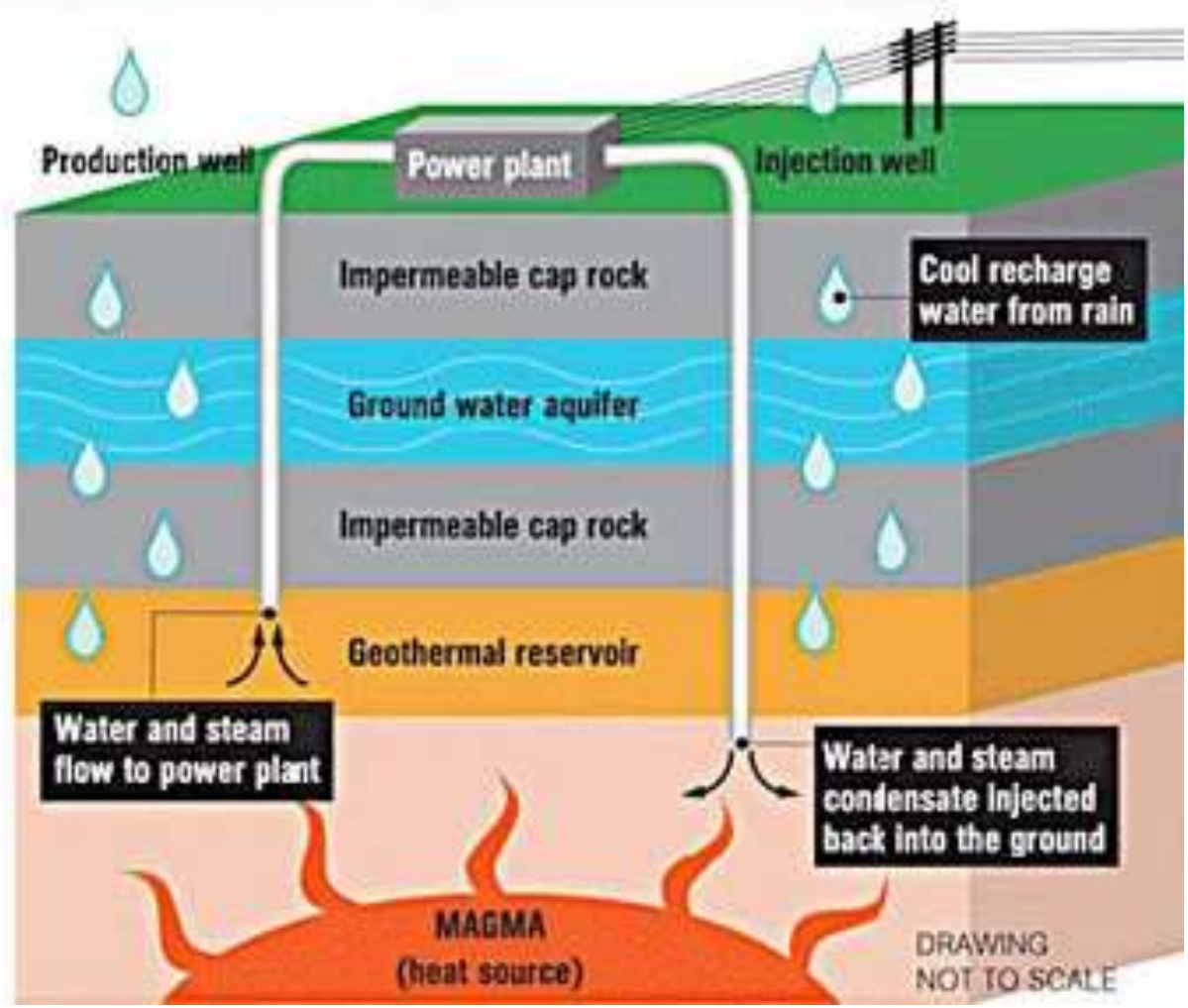
Recarga

Captações
Central geotérmica

Caracterização da procura

Adaptado de http://sd2.itd.cnr.it/prot/Images/geotermia2.gif

Poços de captação e de reinjecção
Exploração e **sustentabilidade** do campo geotérmico

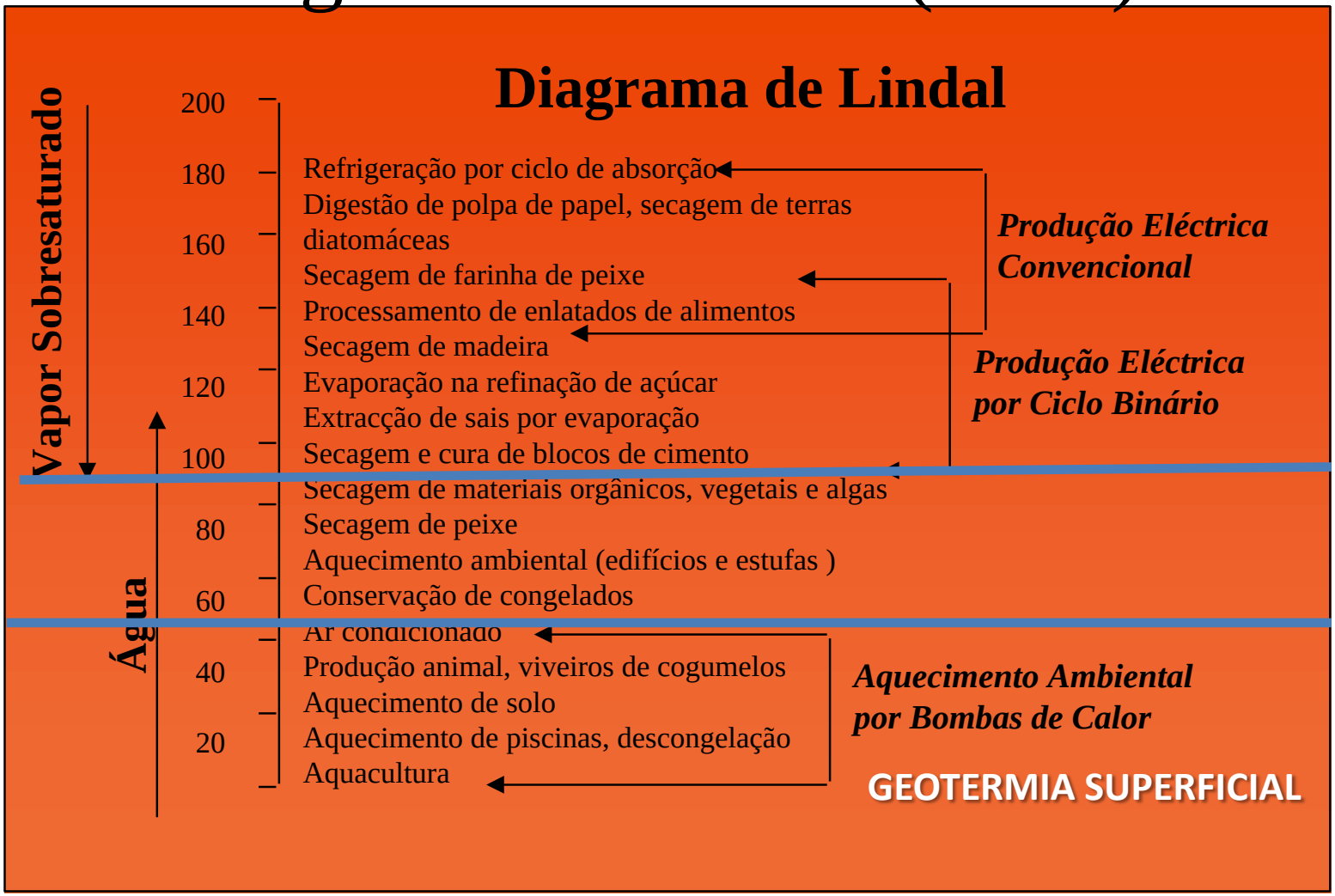


http://www.hawaiilife.com/articles/2013/07/puna-geothermal-venture/

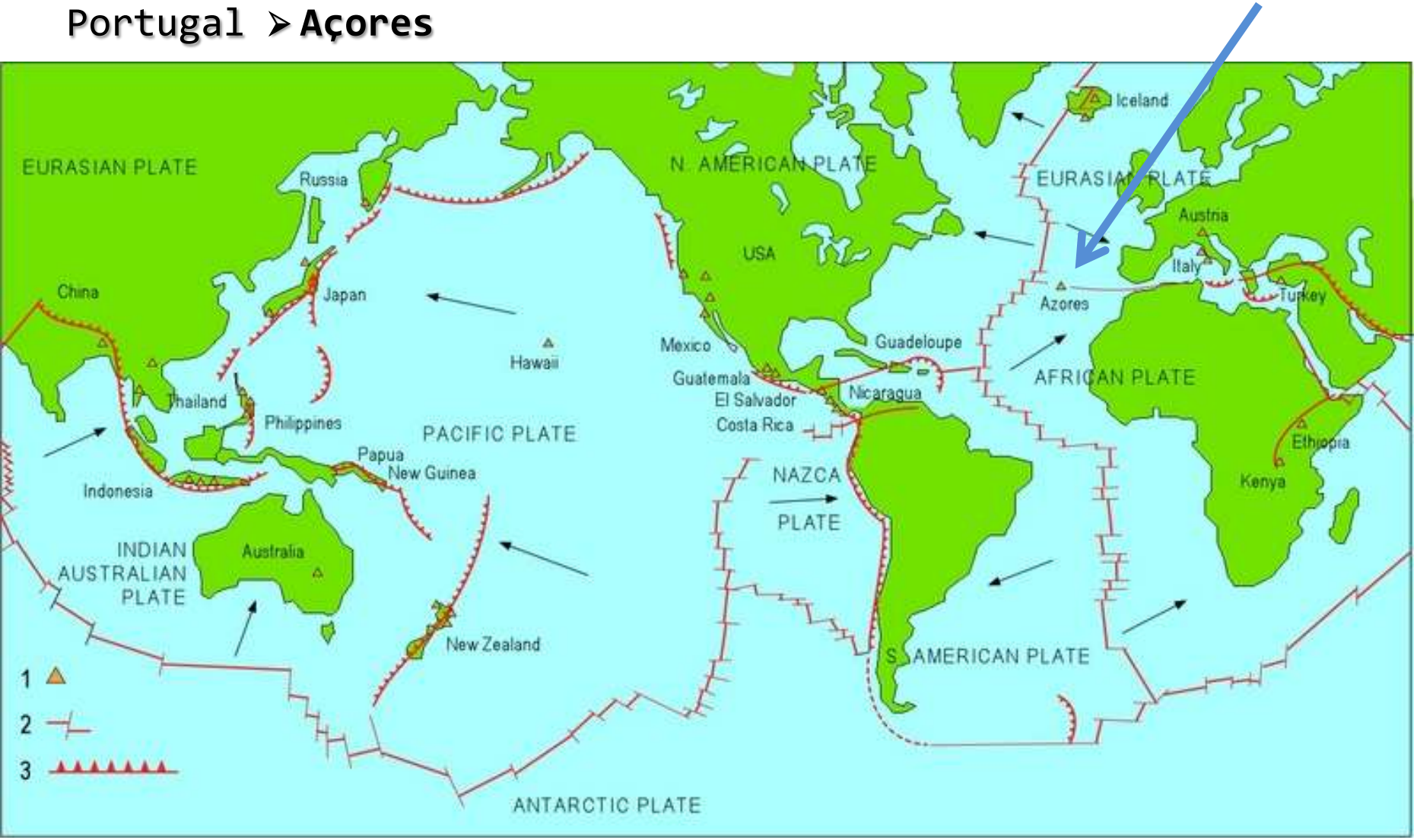
CAMPO GEOTÉRMICO DO PICO ALTO (ILHA TERCEIRA, AÇORES)
Poço de reinjecção PA8, SET 2013

Central geotérmica da Ribeira Grande, S. Miguel, Açores – foto SOGEO

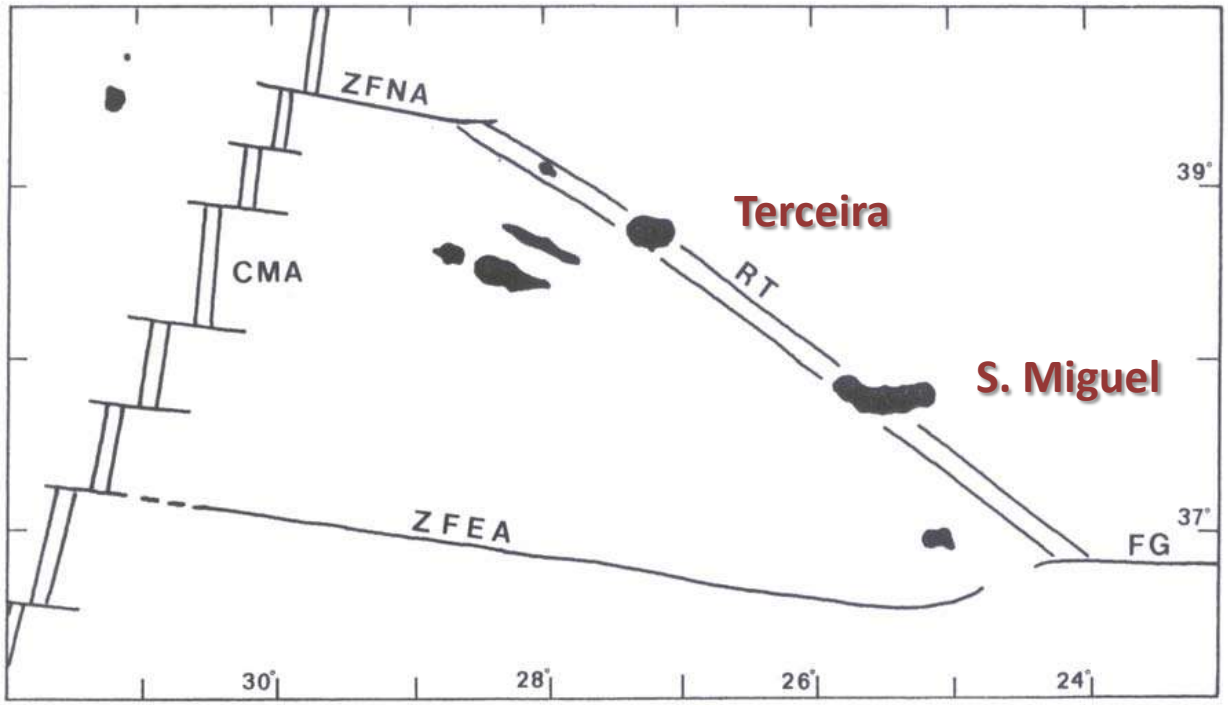
Diagrama de Lindal (1973)



Portugal ➢ **Açores**

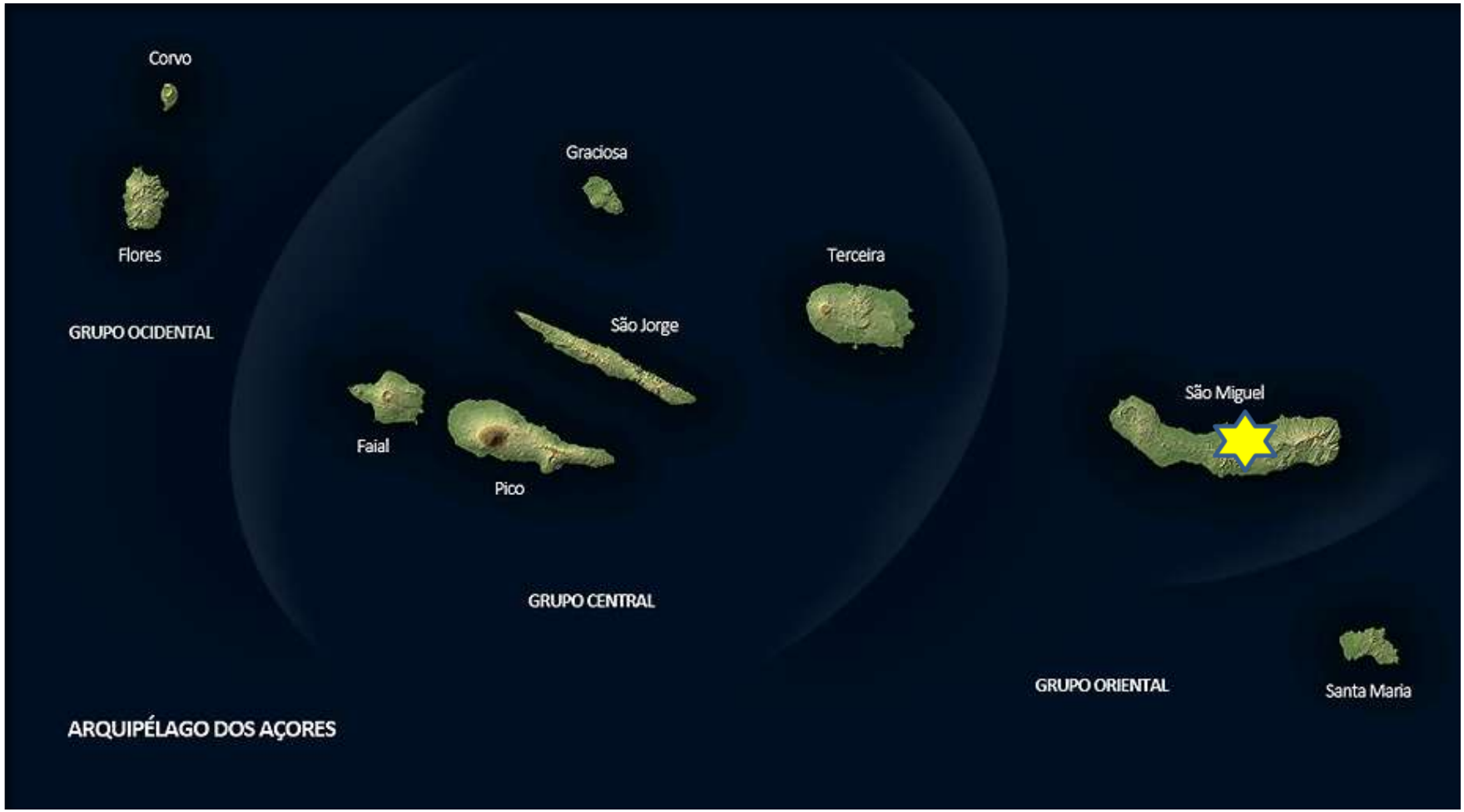


Estruturas tectónicas principais nos Açores



CMA – Mid Atlantic Ridge;
ZFNA – North Azores fracture zone;
ZFEA – East Azores fracture zone;
RT – Terceira rift;
FG – GLORIA fault

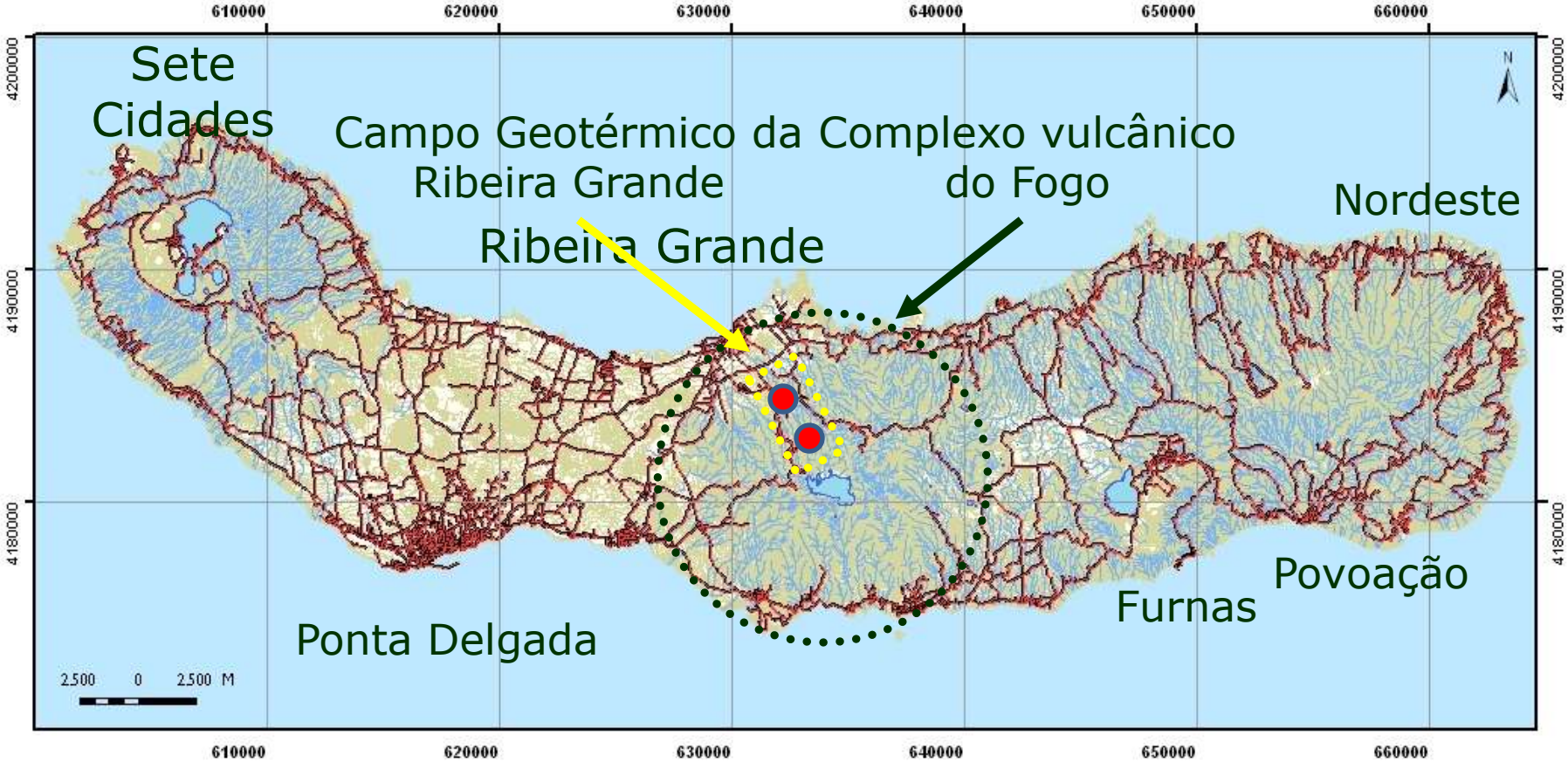
(Gaspar, 1996)



(Adaptado de naminhailha, http://servicos.sram.azores.gov.pt/naminhailha/)

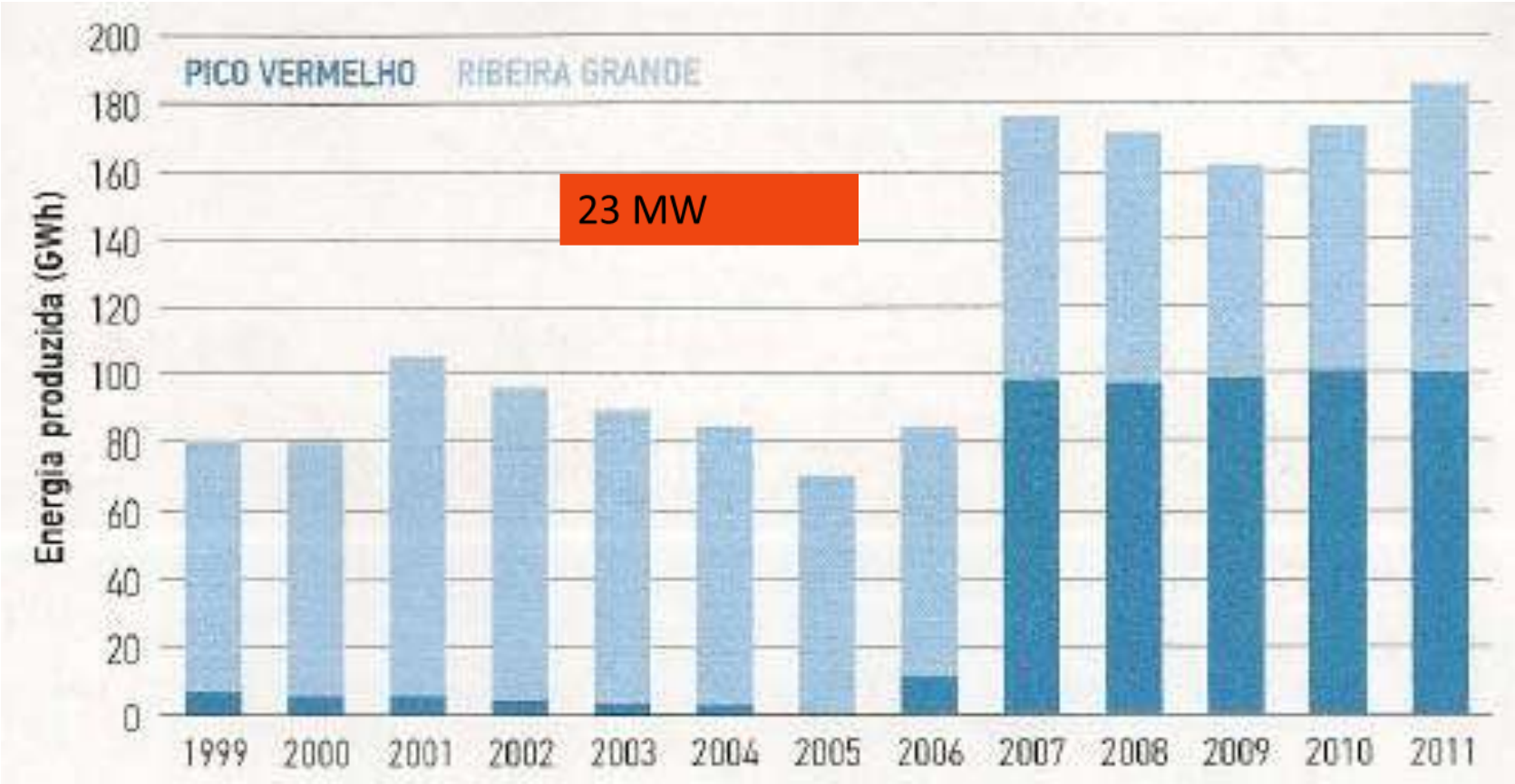
PROJECTO GEOTÉRMICO DE SÃO MIGUEL

Campo geotérmico da Ribeira Grande
Duas centrais geotérmicas



Geotermia na produção de electricidade

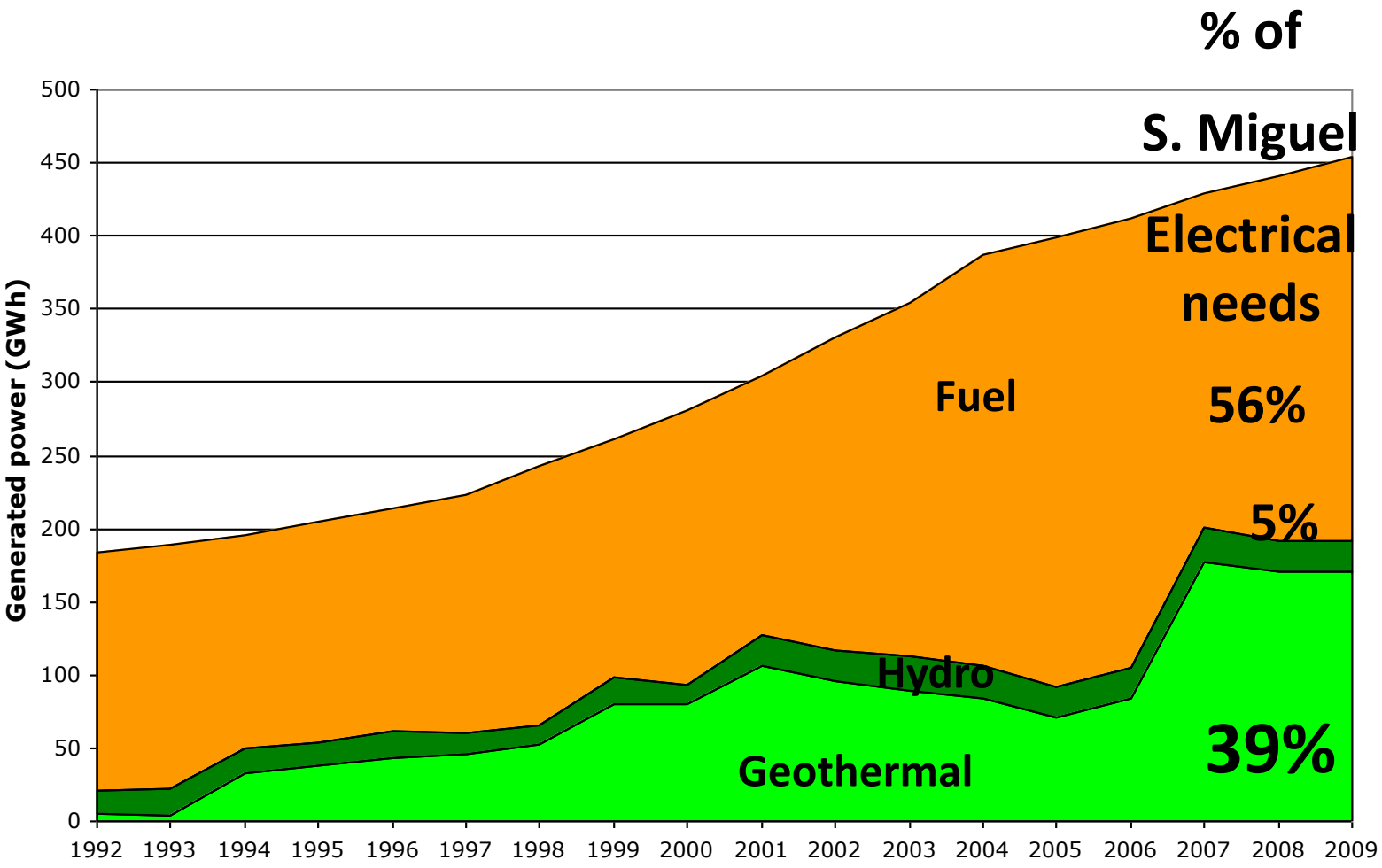
O velho poço PV1, agora usado na monitorização do reservatório geotérmico

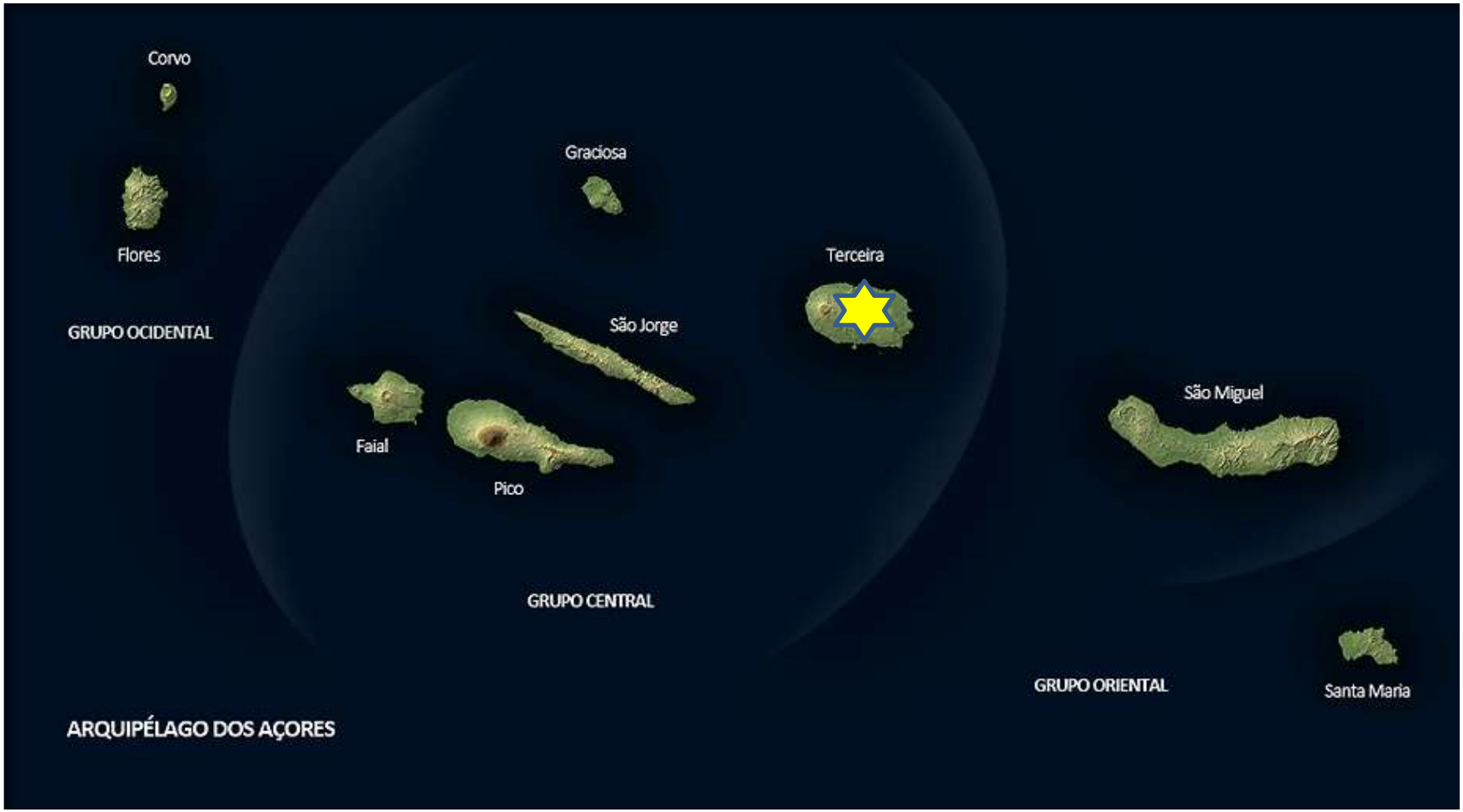


Produção de electricidade nos Açores a partir das centrais geotérmicas do Pico Vermelho e da Ribeira Grande (Bicudo da Ponte, 2012)

PROJECTO GEOTÉRMICO de SÃO MIGUEL

Resultados da Produção





(Adaptado de naminhailha, http://servicos.sram.azores.gov.pt/naminhailha/)

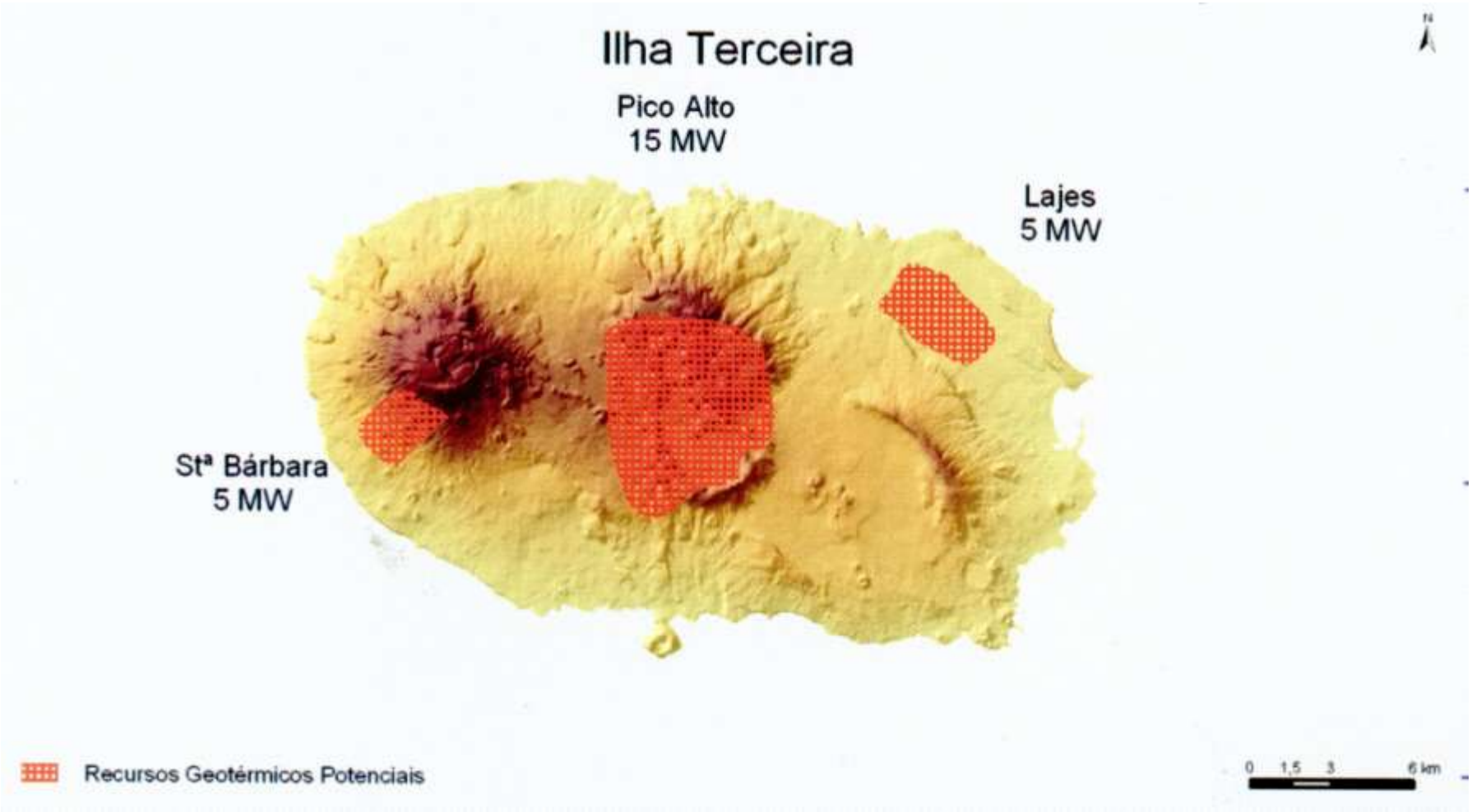
PROJECTO GEOÉRMICO DO PICO ALTO
Ilha Terceira

O que sabemos do Campo Geotérmico do Pico Alto

o calor,

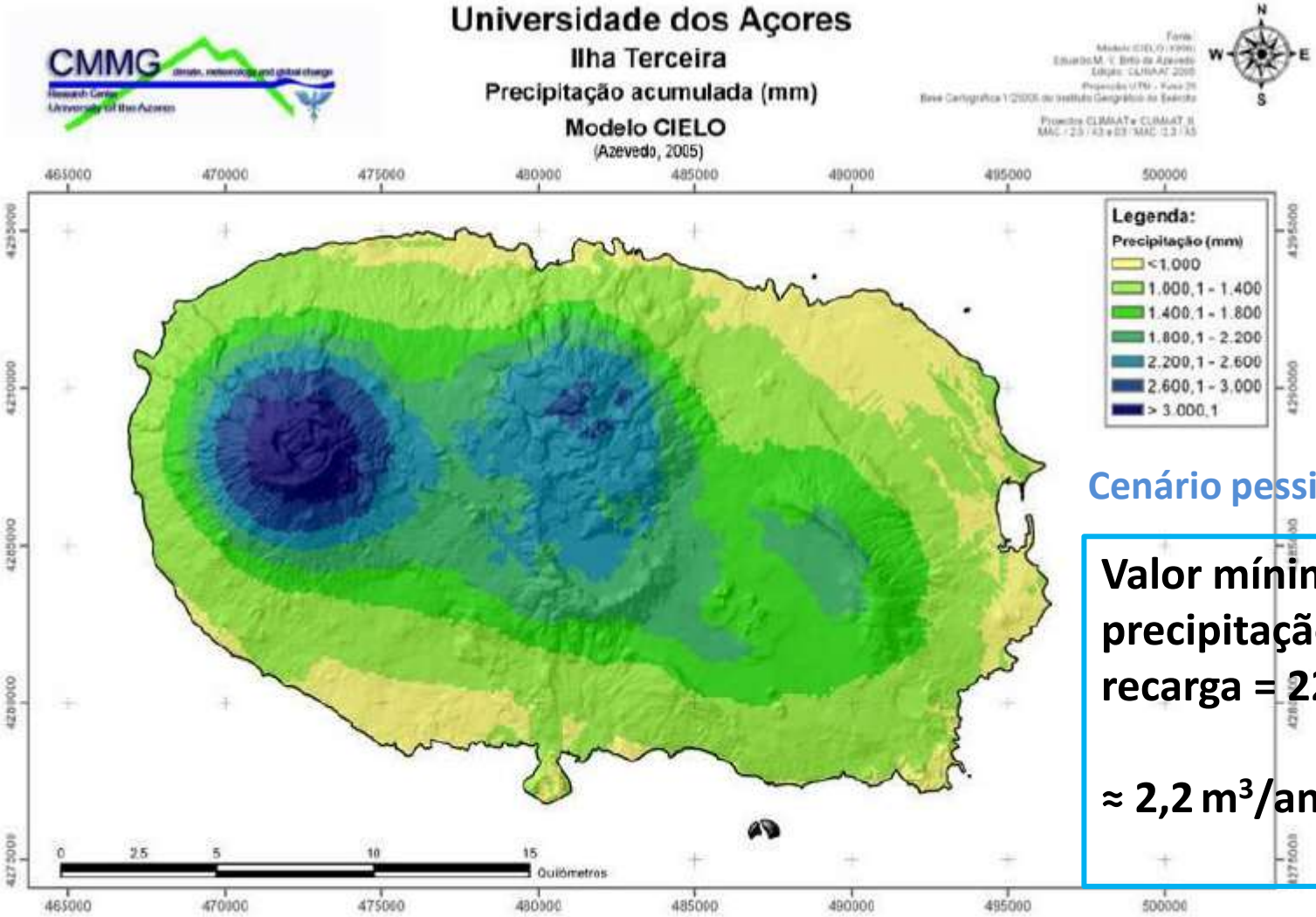
a recarga,

o reservatório



(Atlas dos Açores)

Expressão espacial da precipitação na Ilha Terceira – PGRH-Açores

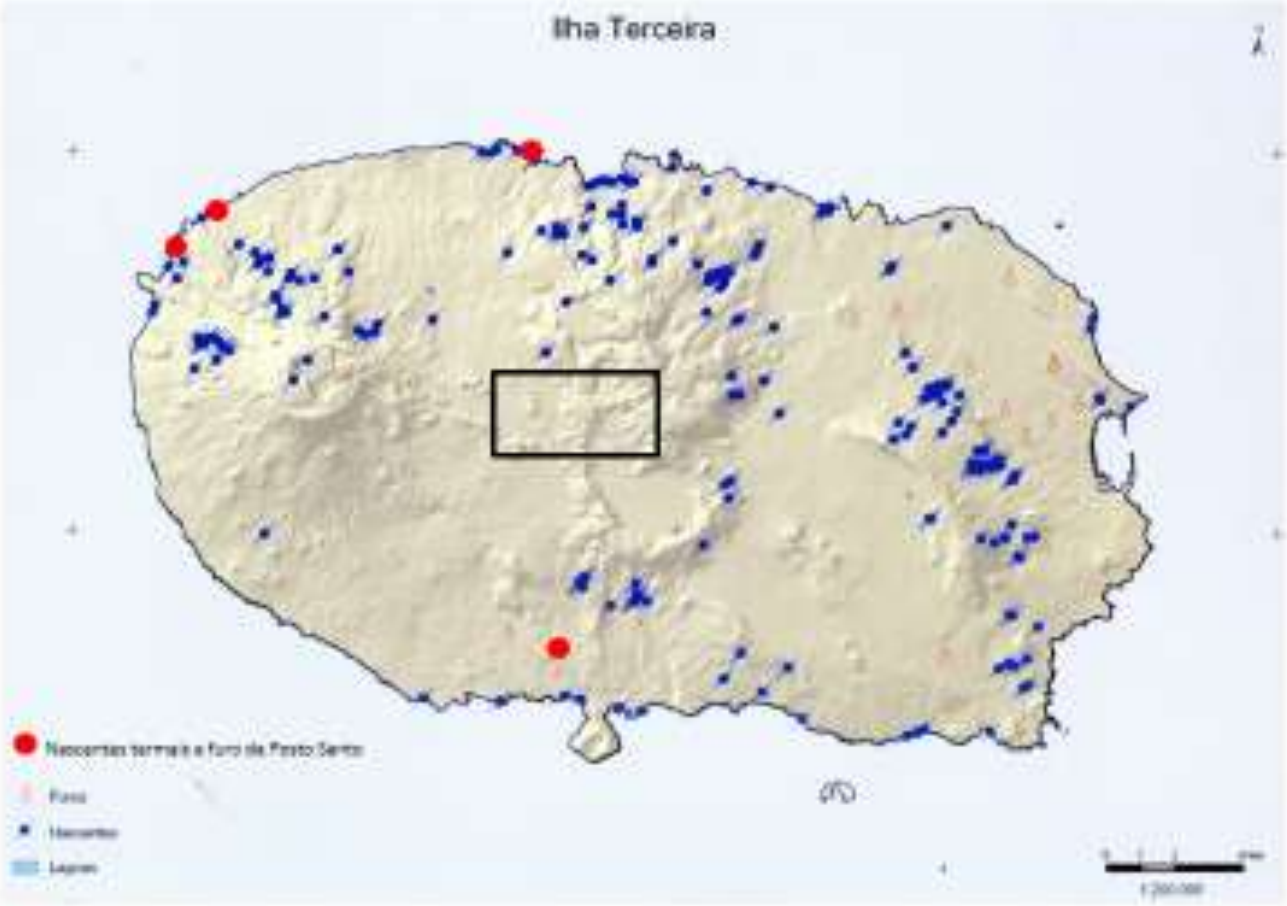


Cenário pessimista

Valor mínimo da precipitação na área de recarga = 2200 mm/ano

≈ 2,2 m^3/ano/m^2

Furos e nascentes na Ilha Terceira



Atlas Básico dos Açores 2004)

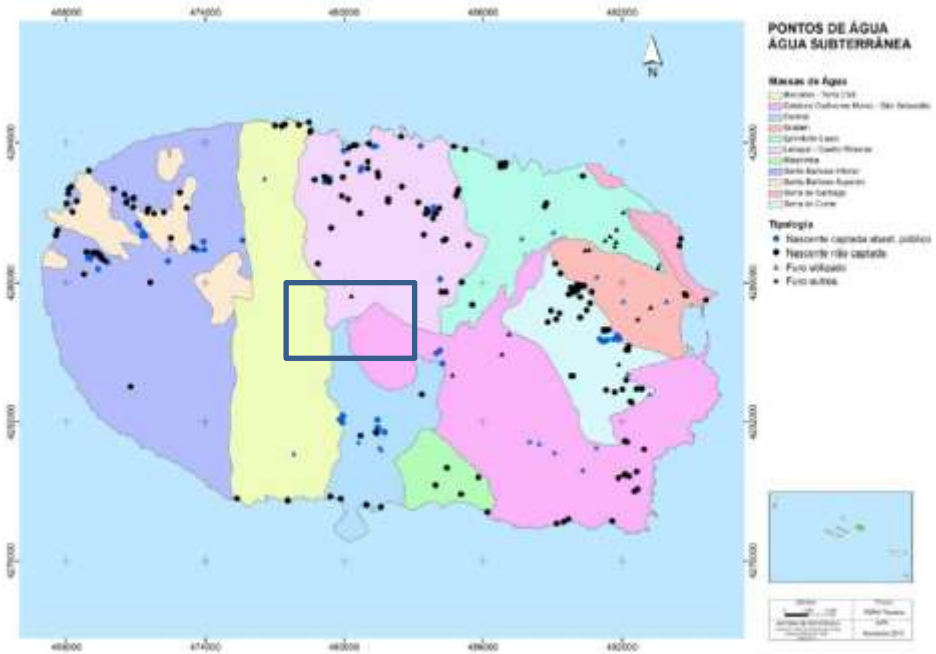
CAMPO GEOTÉRMICO DO PICO ALTO

Disponibilidade de água para a recarga

Precipitação: 2200mm/ano
Taxa de infiltração: 20%
Taxa de infiltração profunda: 10%
Recarga sistema geotérmico: 220 mm/ano
Área de Recarga: 12 km2
Volume anual infiltrado: 2,64hm^3/ano
: 301 m^3/h
: 84 L/s

Extrações correspondentes aos poços PA3 e PA4: 30 Kg/s

Esta relação com os poços deve ser encarada com prudência, porque os poços estão muito juntos e não conseguem captar toda a água do reservatório



A água disponível na suposta área de recarga do sistema geotérmico do Pico Alto é suficiente para garantir uma operação geotérmica industrial adaptada à procura. *Além disso far-se-á reinjecção*

O PROBLEMA DA SUSTENTABILIDADE

Um modelo conceptual tentativo (baseado em ISOR 2012 e Geothermex 2010)

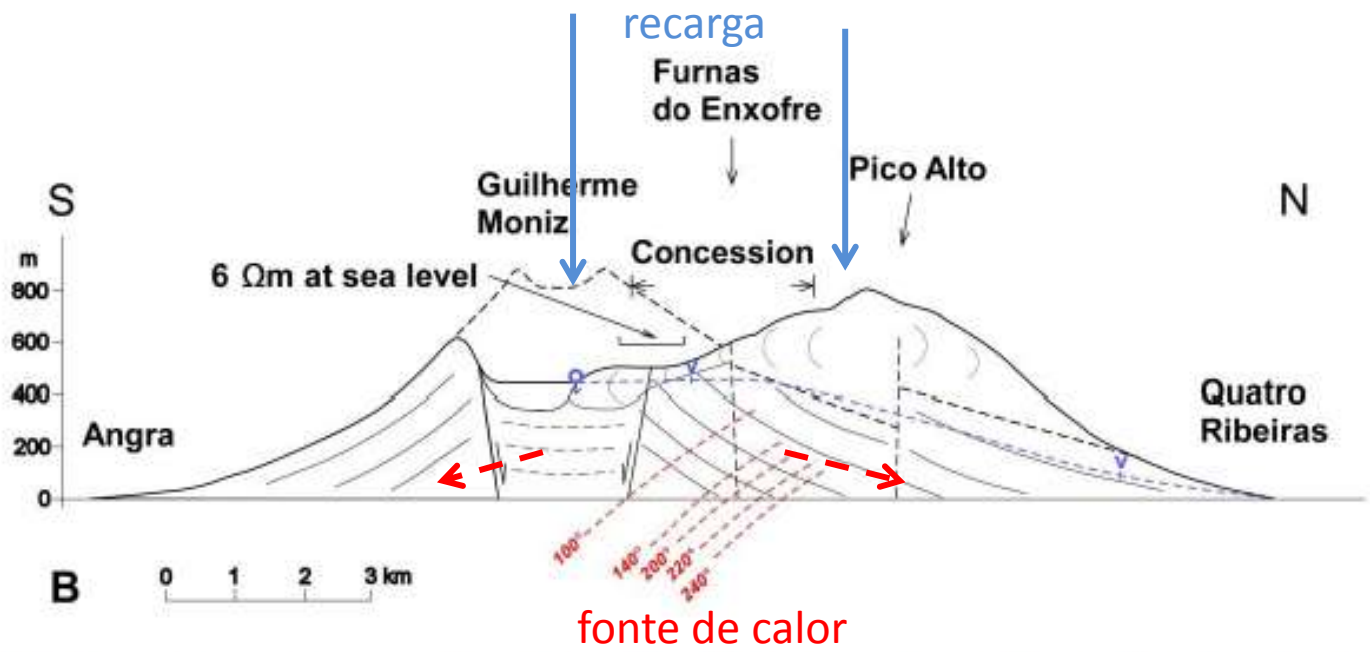
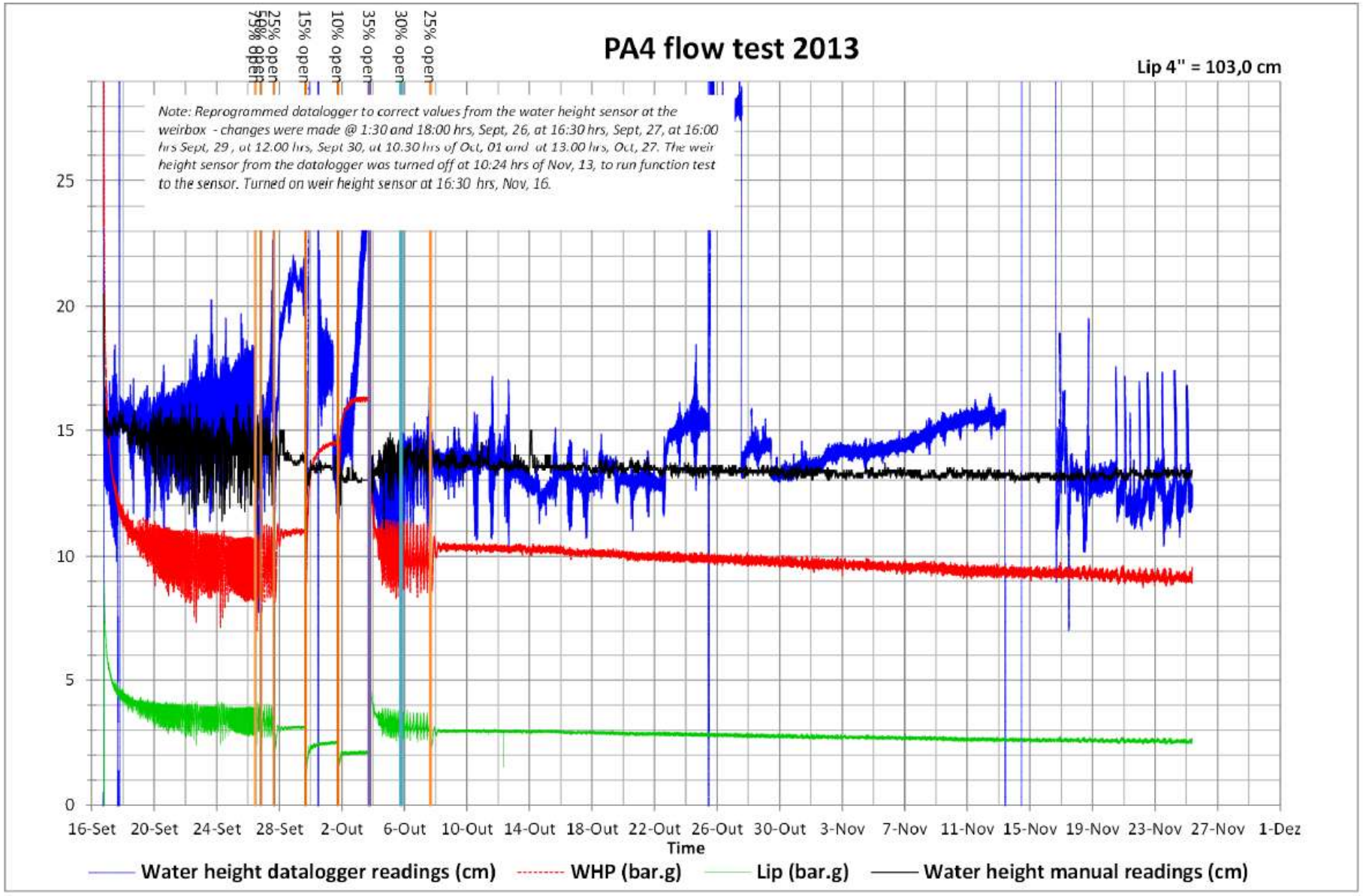


Figure 1. *Section A. Cross sections through Guilherme Moniz – Pico Alto composite volcano based on geological maps shown in Geoterceira report as Fig. II-2 (section A) and Fig. II-I.5 (section B). Black broken lines separate between Guilherme Moniz and Pico Alto units. Guilherme Moniz caldera and its fill is shown. A ring structure, possibly a caldera, is also shown underneath Pico Alto. Static water level is shown by a blue broken line. Only three reference points marked by a blue V were available from water wells and Fig. VIII-2. The northernmost V is from a water well at Viana Biscoitos (168 m). The high water level in the evaluation boreholes could possibly be perched.*

GEOTERCEIRA
GRUPO EDA



S. Miguel		MWe
(1)	Vulcão das Furnas	
	Caldeiras – Vale	45
	Zona da Lagoa	5
	Zona da Ribeira Quente	10
(2)	Vulcão do Fogo	
	Graben da Ribeira Grande	80
	Graben de Vila Franca	10
	Faixa Fogo – Congro	20
(3)	Vulcão das Sete Cidades	
	Graben dos Mosteiros	8
Terceira (4)		MWe
	Vulcão do Pico Alto	15
	Graben das Lajes	5
	Vulcão de Santa Bárbara	5
Graciosa (5)		MWe
	Graben de Guadalupe	5
Pico (6)		MWe
	Graben da Madalena	5
	Graben da Lagoa do Capitão	5
	Graben das Lajes – São João	5
S. Jorge (7)		MWe
	Queimada	8
Faial (8)		MWe
	Graben dos Flamengos	8
	Faixa do Capelo	4
Flores (9)		MWe
	Lajes	2,5
Corvo		MWe
	Fajã	1,0 [?]

Potências geotérmicas estimadas para o Arquipélago dos Açores (Forjaz 2001)

Forjaz (2001)

MADEIRA E PORTO SANTO

ILHA DA MADEIRA:

O LNEG tem um contrato de prestação de serviços com a EEM (Empresa Eléctrica da Madeira) para avaliação do potencial geotérmico

Porto Santo, Portugal

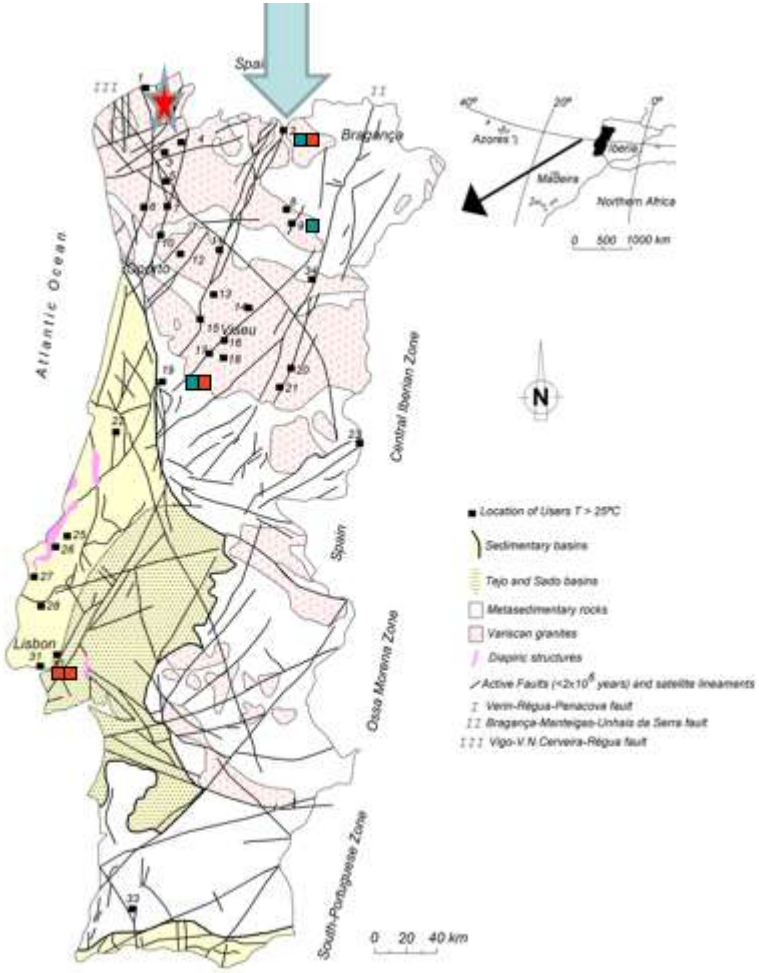
Inclui o estudo prévio (prospecção/avaliação): investigações geológicas, geoquímicas e geofísicas visando obter a máxima informação sobre a possível localização (geográfica e em profundidade) de fontes térmicas e respectivos sistemas.

Projecto interdisciplinar: geologia, termometria, magnetometria, gravimetría, tomografia sísmica e microssismicidade.

O projecto encontra-se em fase de conclusão e redacção do relatório final

Informação Prof Doutora Maria Luisa Duarte (LNEG)

NO TERRITÓRIO CONTINENTAL A GEOTERMIA DESENVOLVEU-SE A PARTIR DOS USOS BALNEOTERÁPICOS SOBRETUDO NO MACIÇO ANTIGO



PORTUGAL Mainland geothermal applications

- Balneotherapy
- District heating
- Greenhouses
- Fish farming

- **AHORRO ENERGÉTICO RESULTANTE DE LA UTILIZACIÓN DE LAS ÁGUAS TERMOMINERALES EN BALNEARIOS TERMALES (2005)**
- Portugal :350 TJ/año
- España:350 TJ/año *(valor subestimado)*
- 194 millones de kw/h
- **17,5 millones de euros**

PORTUGAL: Potência total de cerca de 22 MW_t em balneoterapia

Carvalho et al (2005); Sanchez- Gusman & Noceda-Marquez (2005)

CHAVES 1982

- 100 m depth
- >40 l/s when drilling DTH
- 76ºC

Geothermal swimming pool (15 l/s-76 ºC)

EQUIPAMENTOS
GEOTÉRMICOS DE 1982

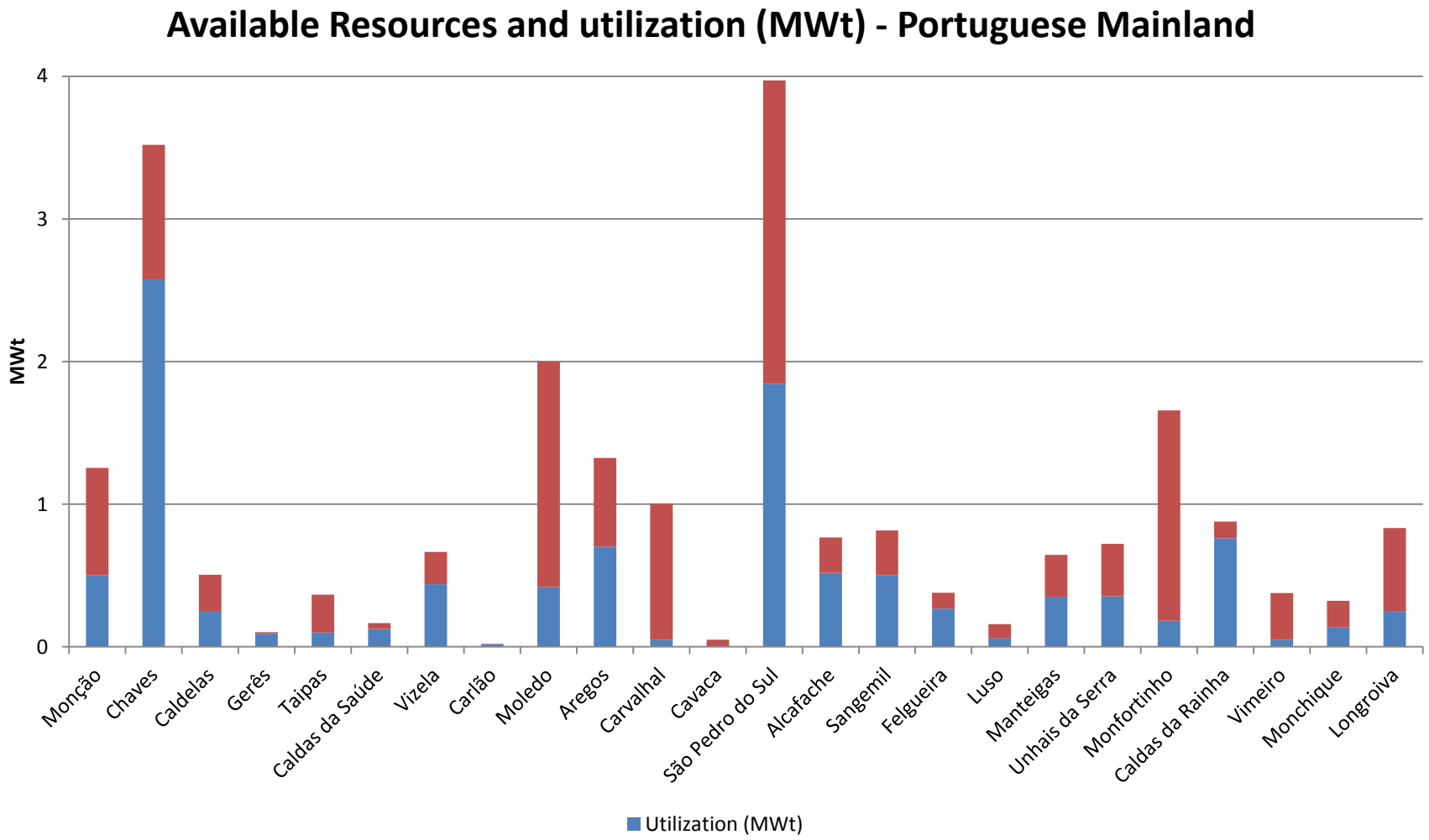
CHAVES (15 l/s-76 ºC) – Geothermal heated hotel

S. Pedro do Sul Geothermal Field

THERMIE Program S. Pedro do Sul Spa; well AC1 (15 l/s, 68ºC)

S. Pedro do Sul
estufa geotérmica

Geothermal Portugal ➢ Overview

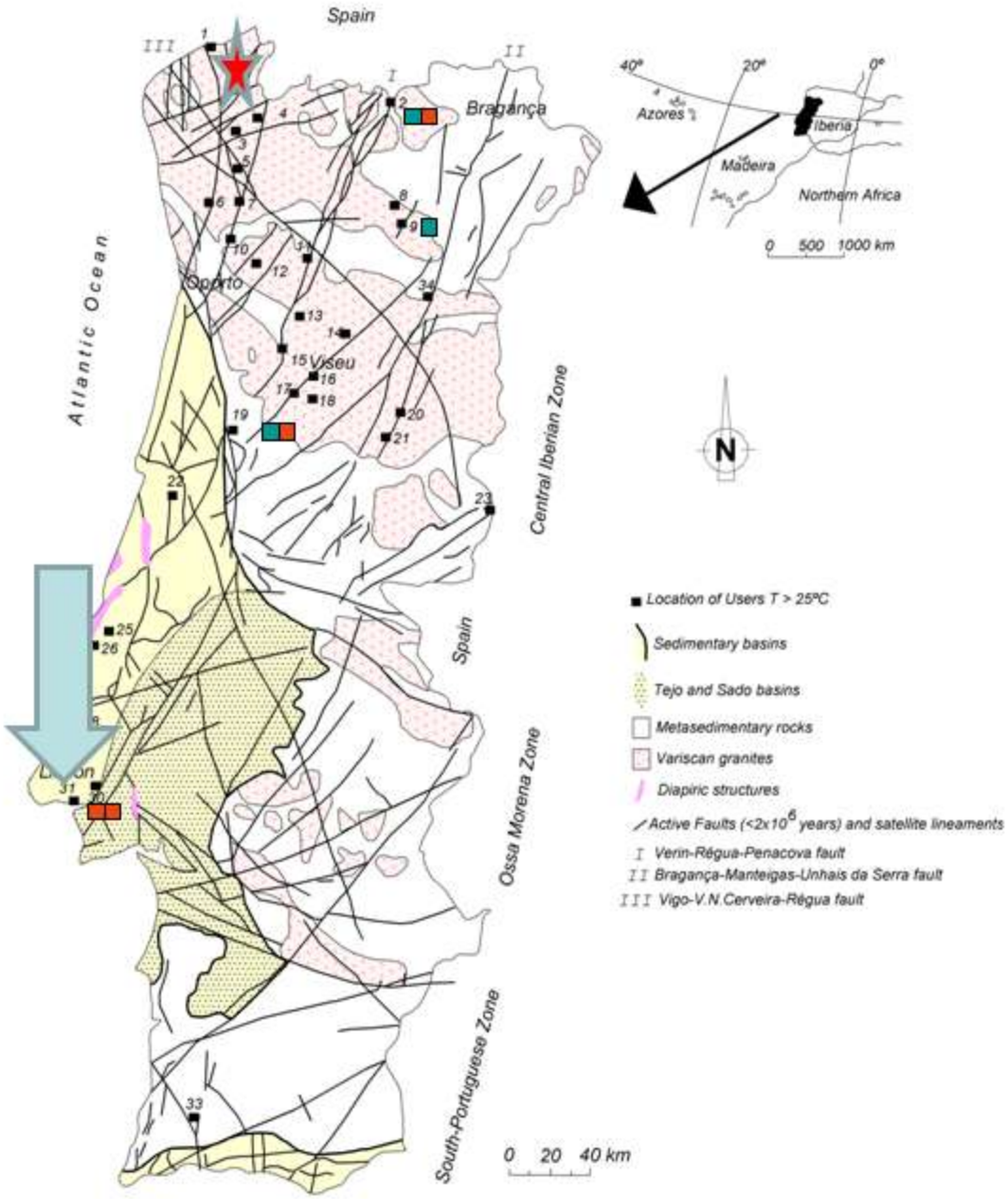


Potências instaladas em usos directos (não incluindo balneoterapia): cerca de 4MWt
Potencial de crescimento muito limitado

O desenvolvimento de projectos geotérmicos para usos directos nos pólos termais portugueses é condicionado por:

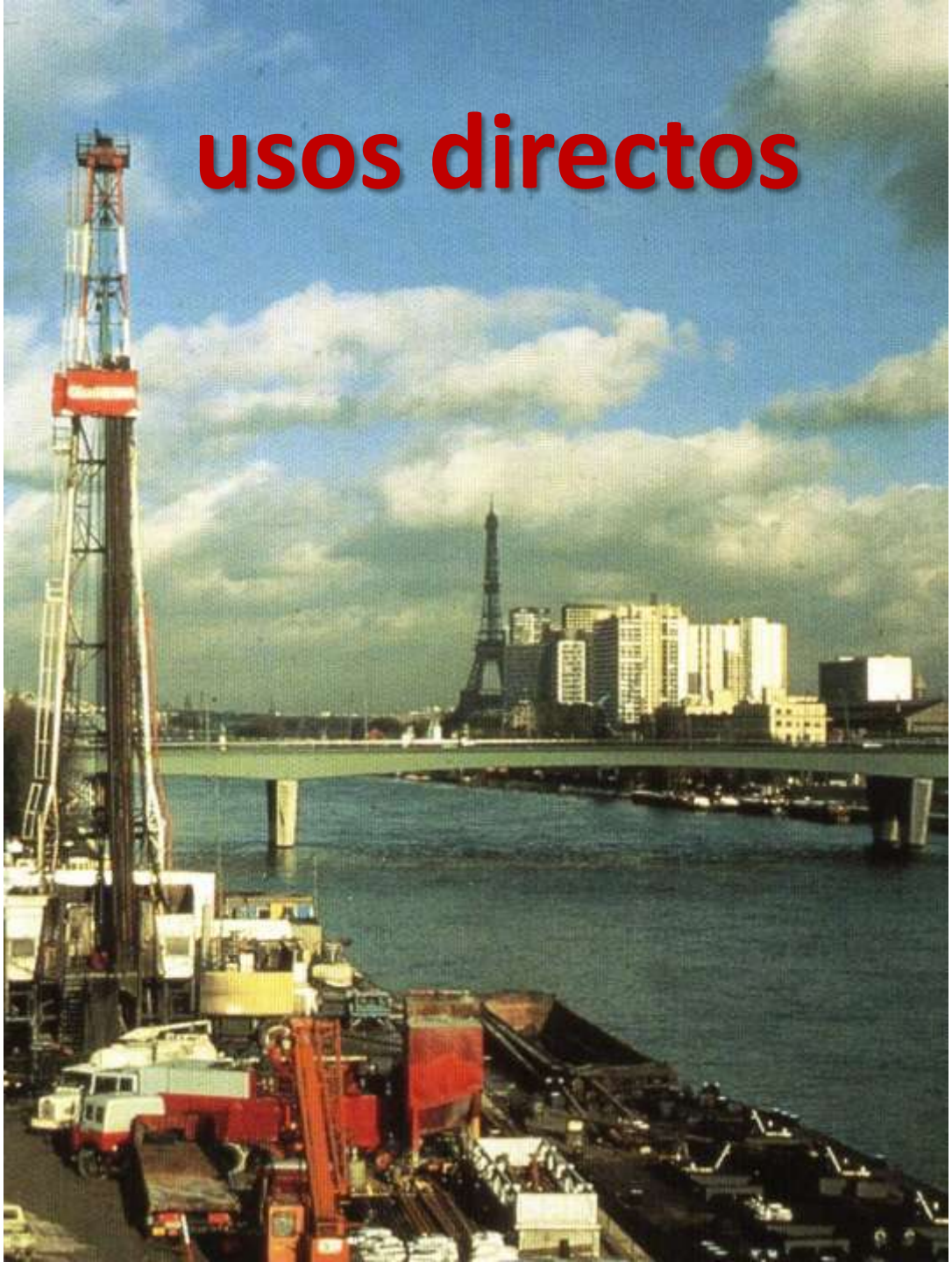
- **Constrangimentos geológicos e hidrogeológicos;**
- **Pequena procura (estação de aquecimento curta, ausência de tradição de aquecimento doméstico e urbano);**
- **Conflito com as actividades termais e/ou hoteleiras;**

PORTUGAL Mainland geothermal applications



- Balneotherapy
- District heating
- Greenhouses
- Fish farming

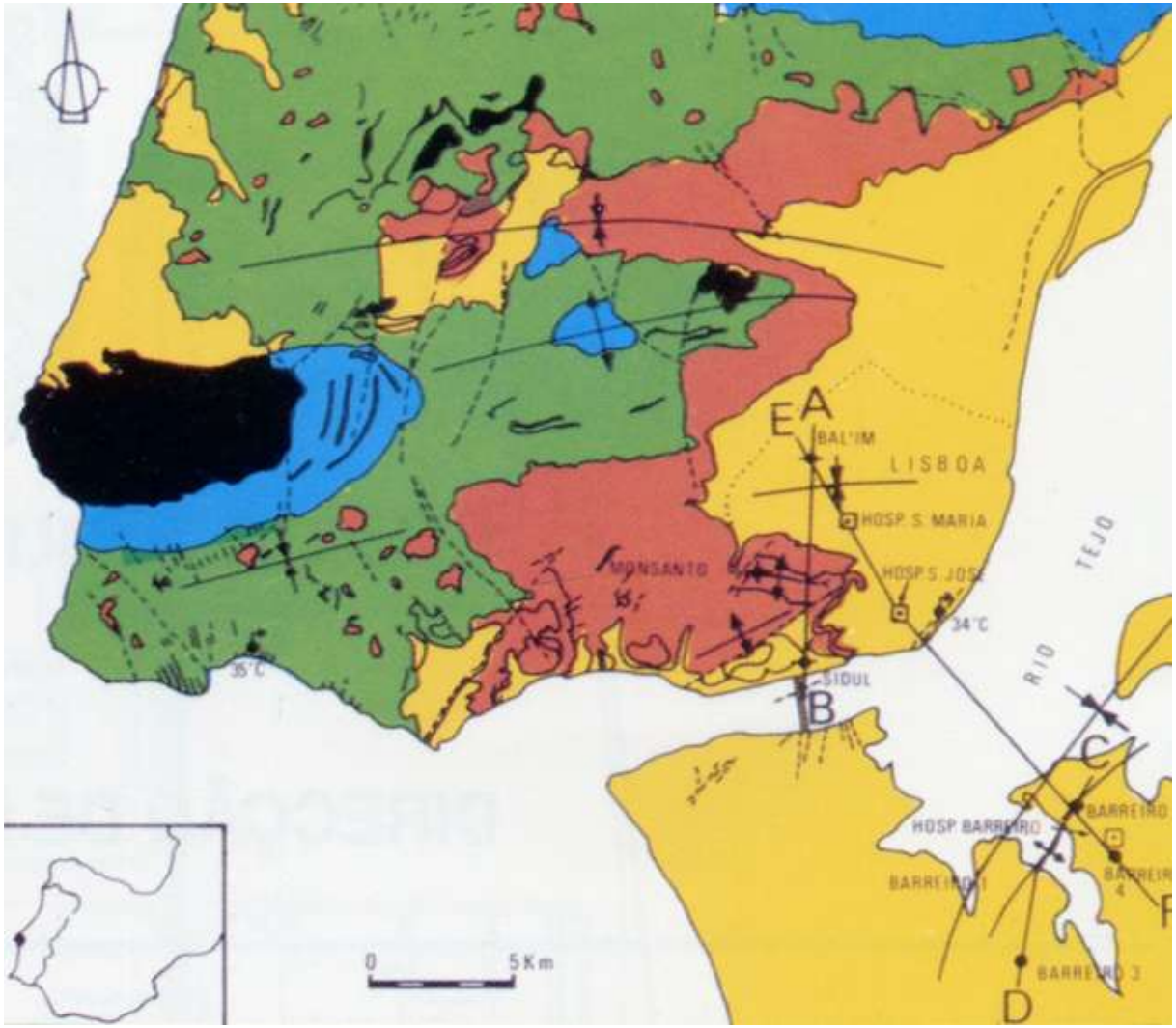
usos directos

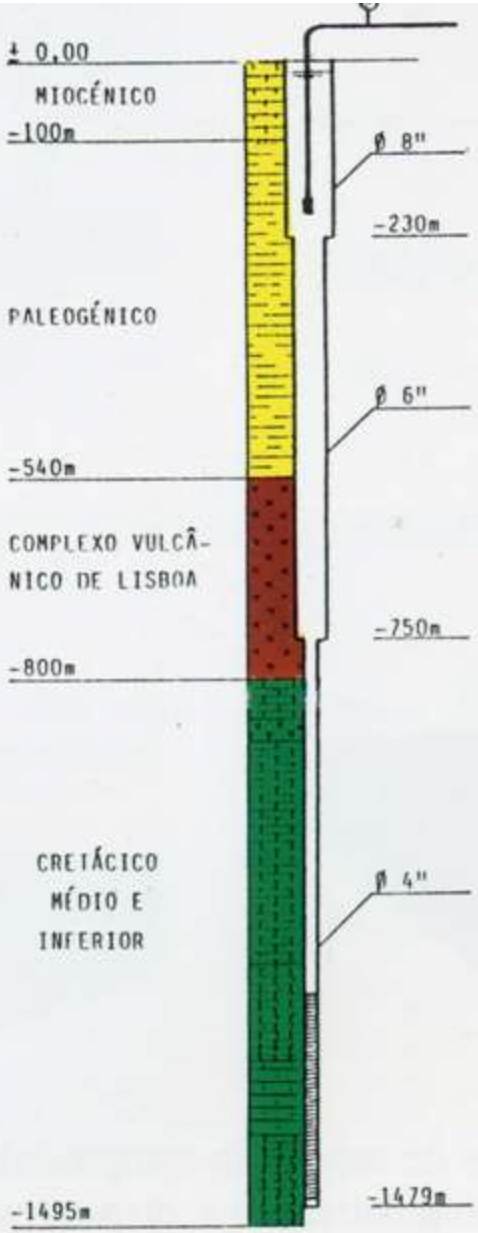


Furo de avaliação-produção na Bacia de Paris

Air Force Hospital Geothermal Project – Lisbon
VALOREN PROJECT
Not operational

Em 1987 a FORÇA AÉREA PORTUGUESA e a ACAVACO decidiram estudar as sondagens de petróleo da CPP da região de Lisboa, numa óptica geotérmica





Furo Geotérmico AC1 - BALUM

BALUM Geothermal Plant and monitoring room

BALUM–AIR FORCE HOSPITAL GEOTHERMAL PROJECT

THE RESOURCE

- **1500 m deep taping the Aptian-Albian sandstone**
- **BHT: 53ºC**
- **WHT: 50ºC**
- **Exploitation yield: 5 l/s**
- **Water TDS: 0,44 g/l**

Potência instalada 0,6 MW_t

Multi purpose project: heating, hot tap water and drinkable water production.

The heat consumption was lower than the available geothermal resource , so a cooling tower was installed to produce hot tap water

COM ESTA ÁGUA PODERIA CRIAR-SE UMA ESTÂNCIA TERMAL

BALUM–AIR FORCE HOSPITAL GEOTHERMAL PROJECT

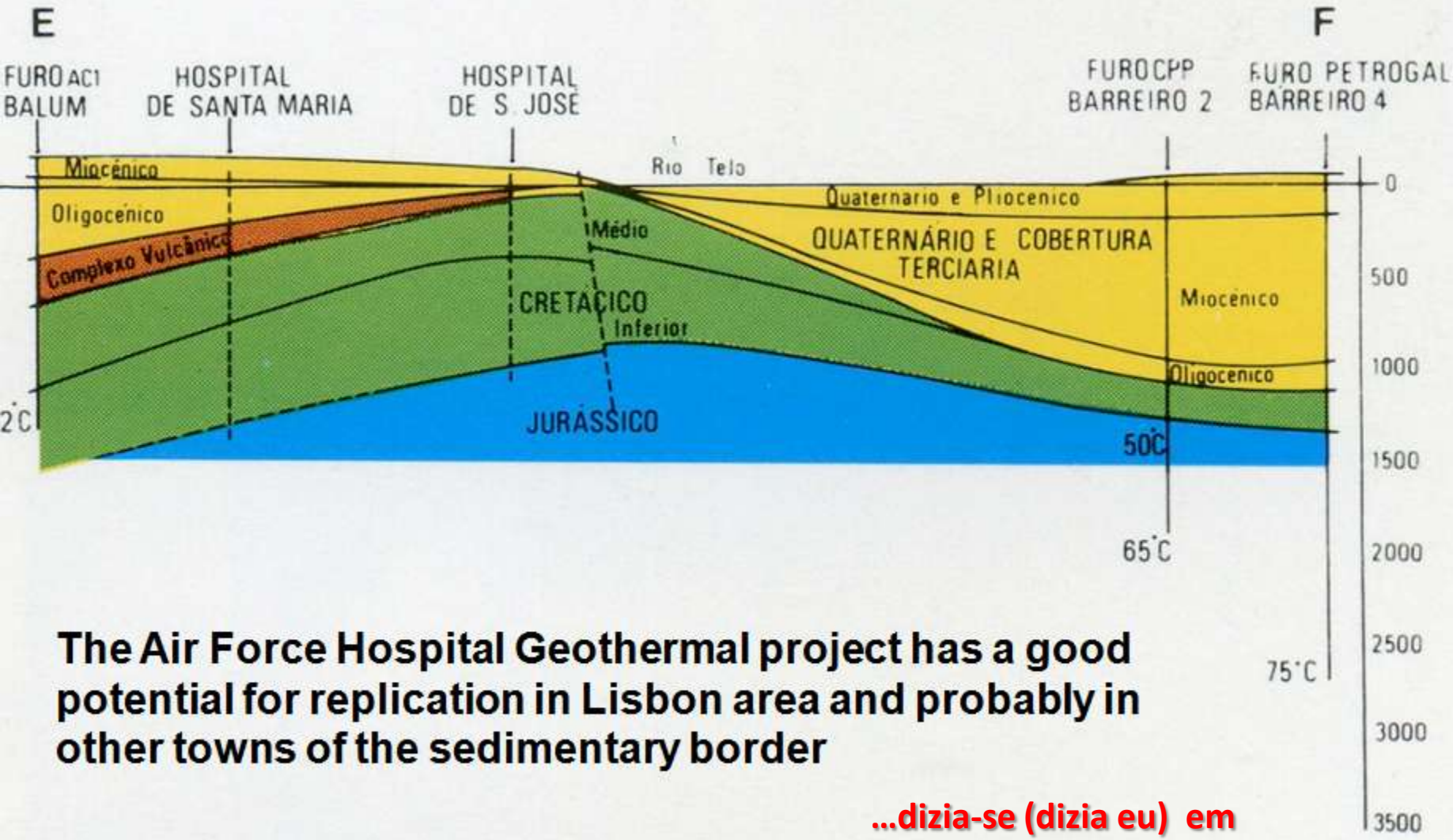
Financed by the Valoren Program
Well drilling : 1987

Start of the operation: 1992
End of operation: 1998

Total investment: 1million euro
Pay back time: 10 years

Metade das economias da operação resultavam da produção de água potável

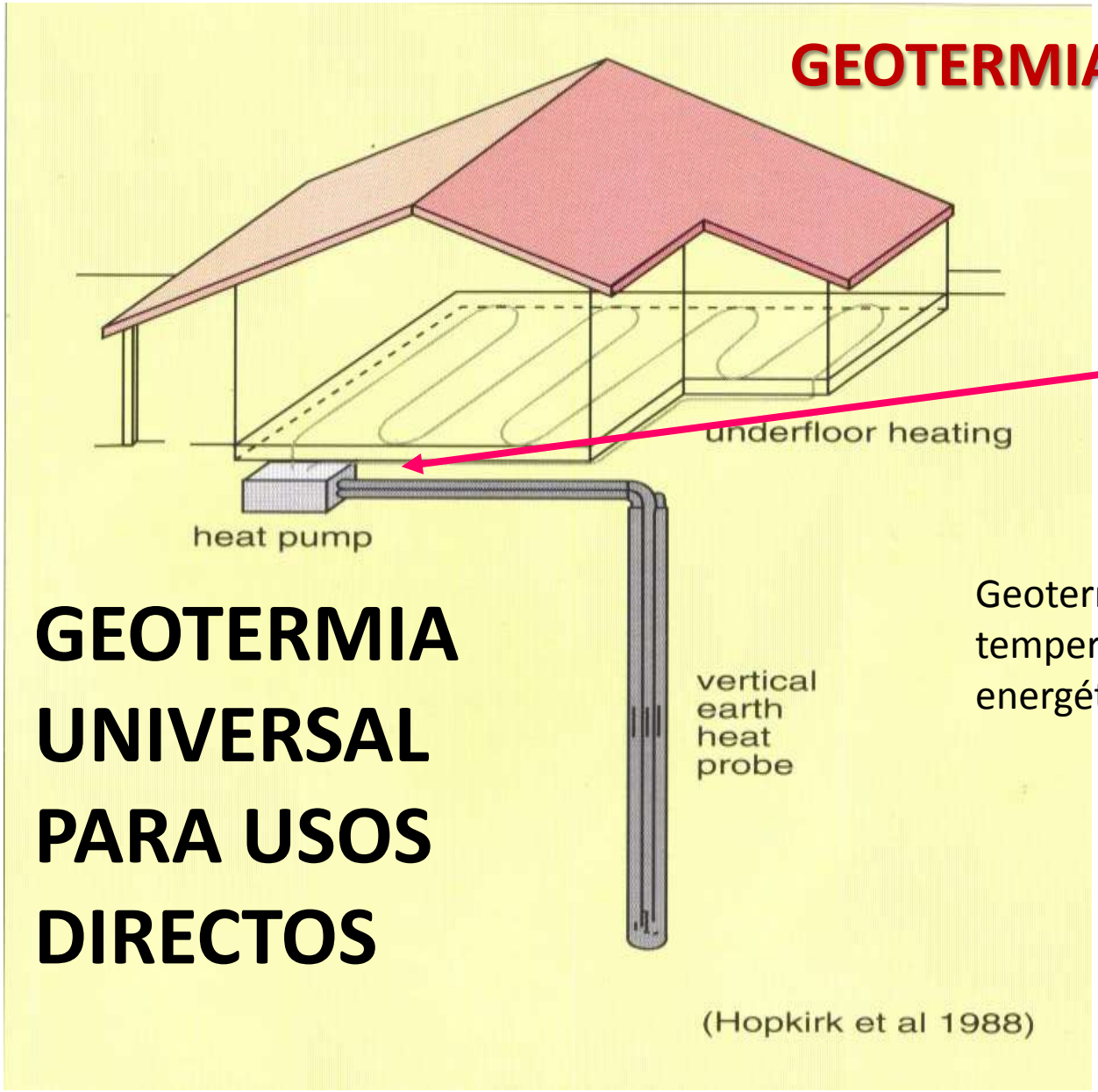
Operation was aborted due to corrosion problems in the well casing. Probable sea water intrusion



The Air Force Hospital Geothermal project has a good potential for replication in Lisbon area and probably in other towns of the sedimentary border

...dizia-se (dizia eu) em 1990....

GEOTERMIA SUPERFICIAL



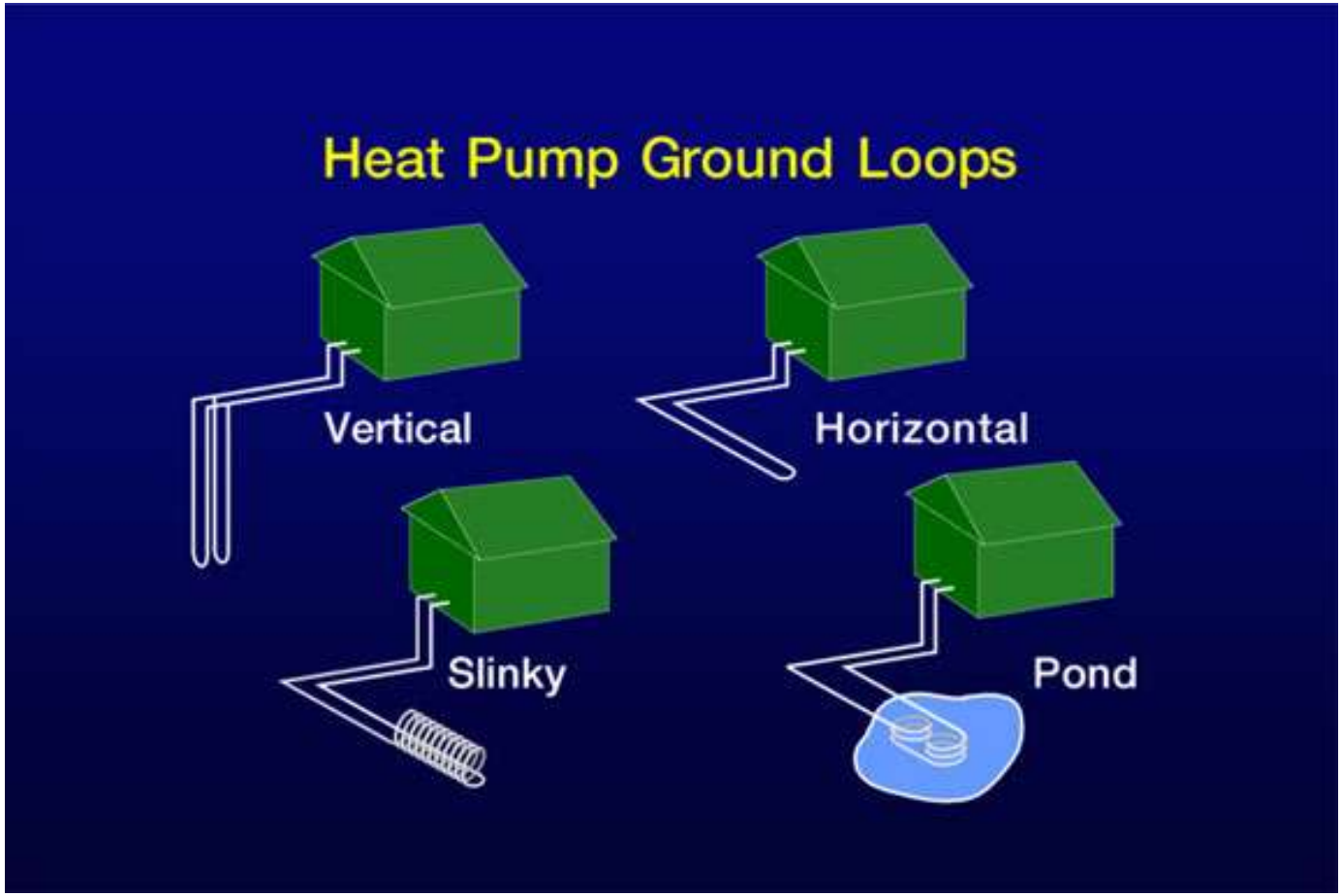
(Hopkirk et al 1988)

Bombas de calor geotérmicas **(BCG, GSHP)**

Geotermia de muito baixa temperatura, hidrogeologia energética

GEOTERMIA UNIVERSAL PARA USOS DIRECTOS

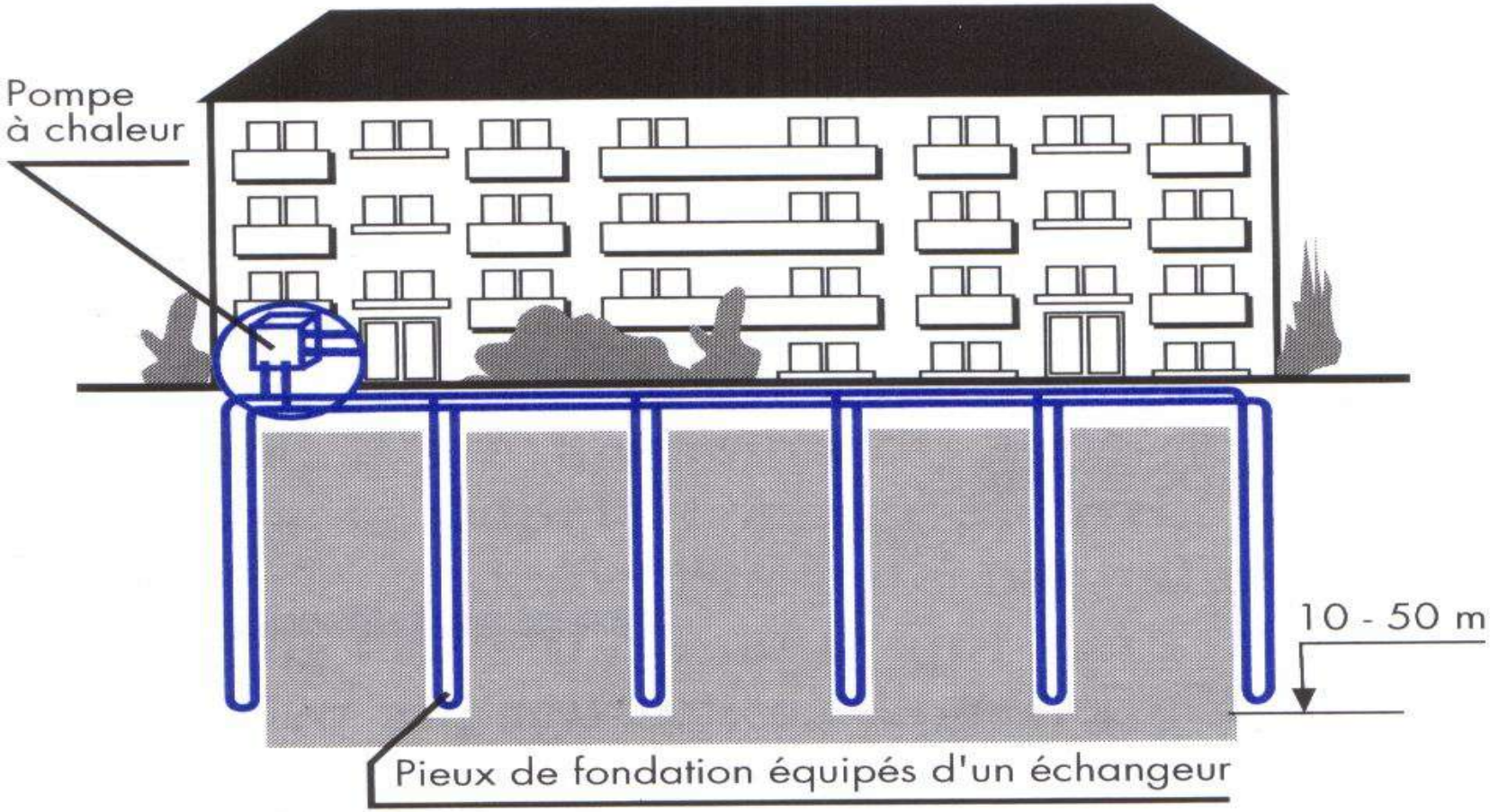
Origens para instalação de bombas de calor geotérmicas



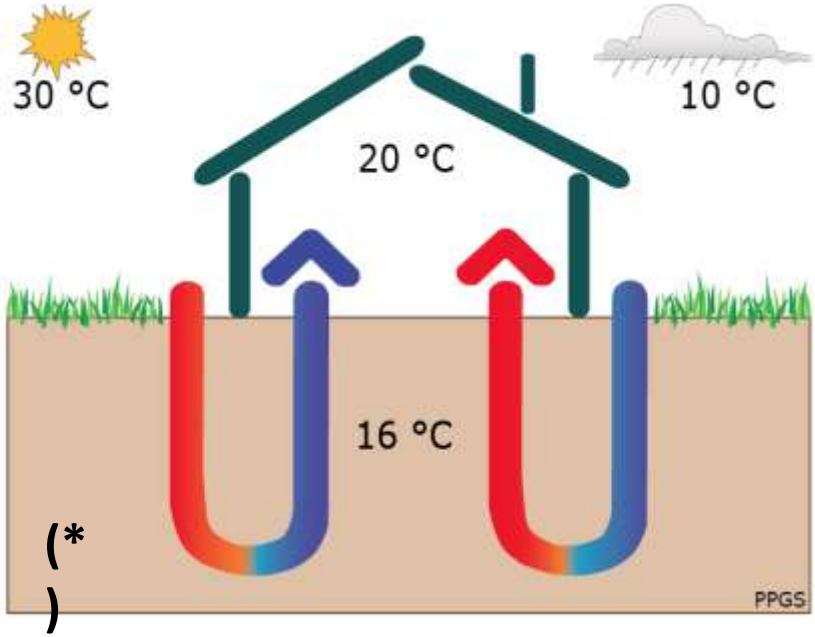
…e, ainda, captação em aquífero….

ESTACAS PERMUTADORAS

38. Schéma de stockage par « Pieux échangeurs »



Bombas de calor geotérmicas (BCG, GSHP) Estado da Arte



(*)

- As bombas de calor geotérmicas GSHP **(*)** estão entre os sistemas de energia mais eficientes para aquecimento e arrefecimento disponíveis. Usam menos energia elétrica e produzem menos emissões de CO_2 do que sistemas convencionais;

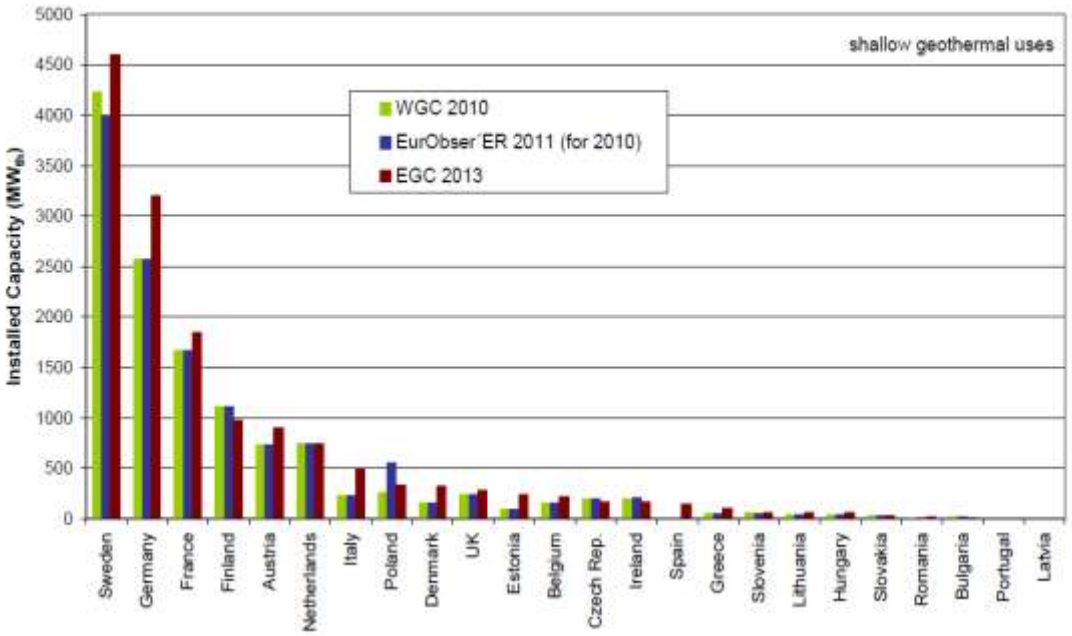
- Cerca de 1, 3 milhões de bombas de calor geotérmicas são utilizadas atualmente na Europa, com uma capacidade de 17000 MW_{th} quer em aplicações domésticas, comerciais e governamentais; exemplo tipico é o Reichstag em Berlim ***(**)***.

(**) *Reichstag, Berlim*

GSHP. Estado da Arte (cont.)

- A actual população de 1,3 milhões de Bombas de Calor (GSHP) na Europa representa apenas uma pequena fracção do potencial de aplicação desta tecnologia em franco crescimento.

Antics, Bertani, Sanner



Antics et al 2013

GSHP Estado da Arte (cont.)

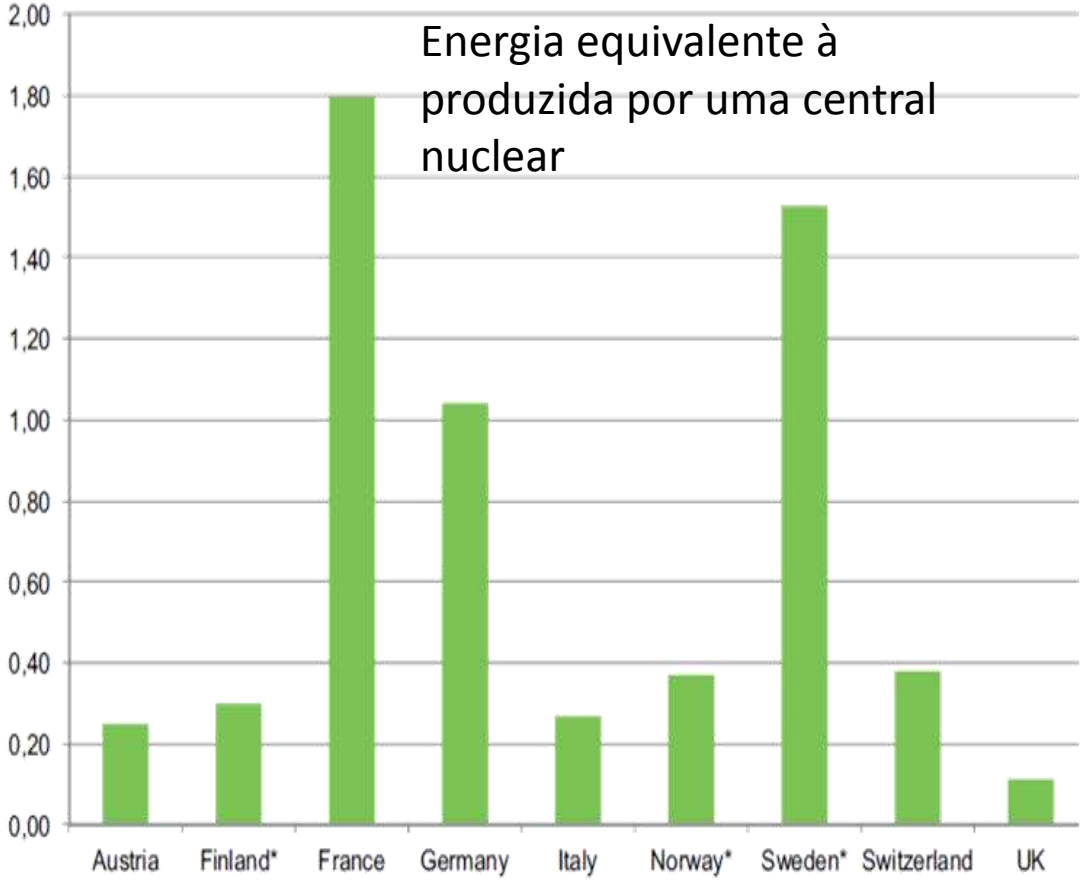
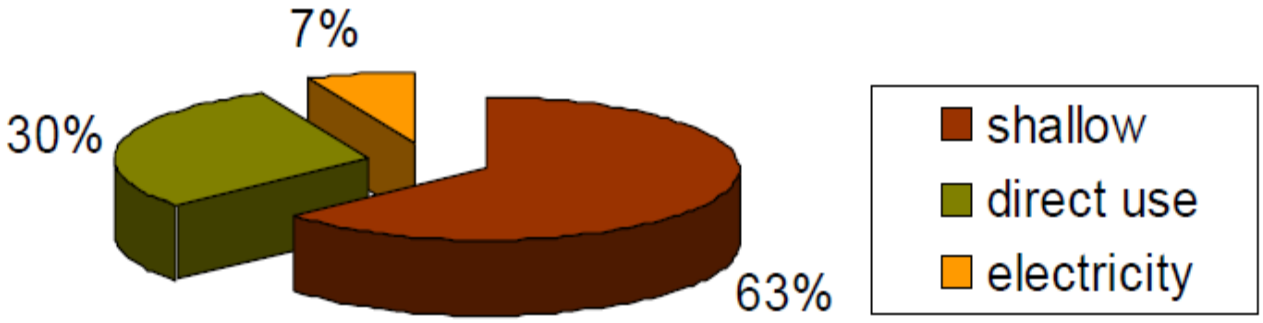


Figure 1-3: Renewable energy from heat pumps installed from 2005 to 2009 (in TWh).

Grafico EHPA Outlook 2010

GSHP Estado da Arte (cont.)

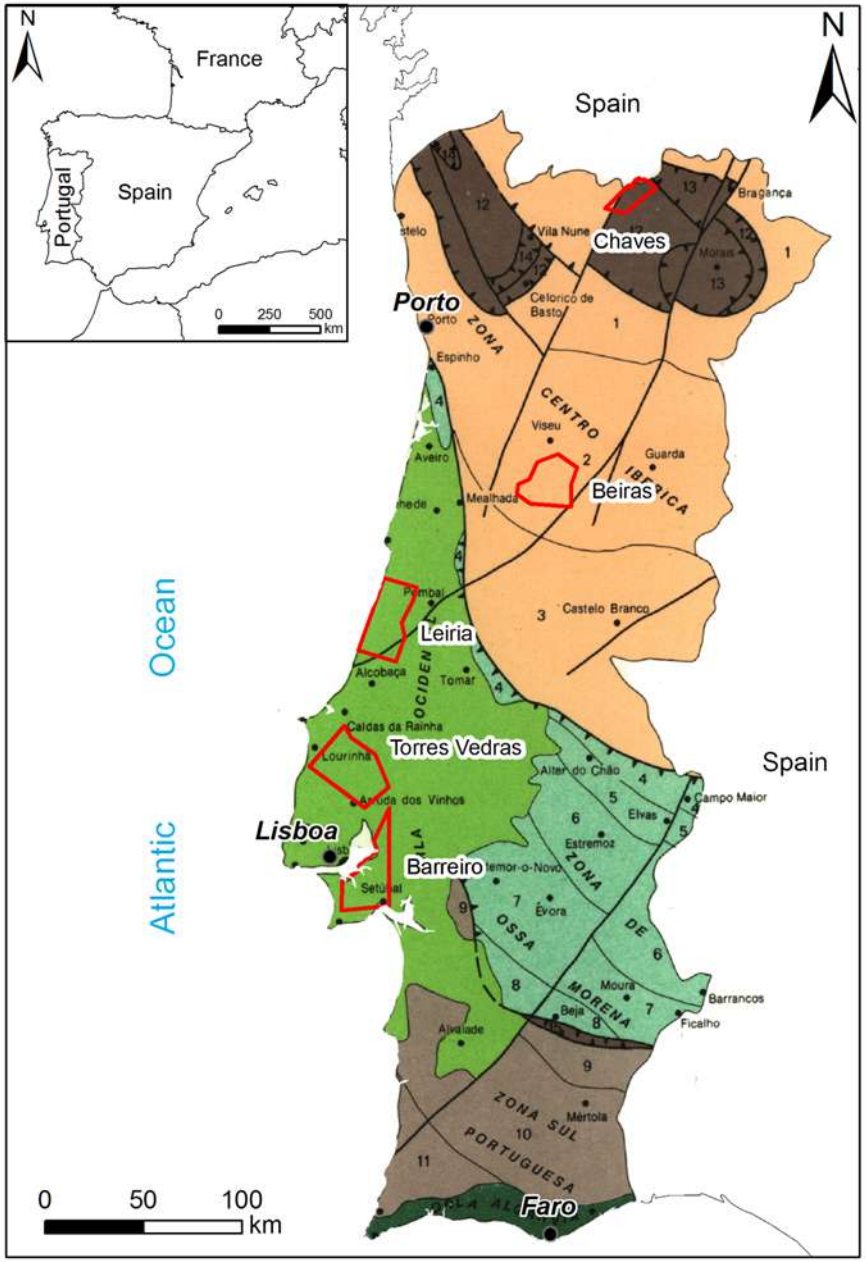


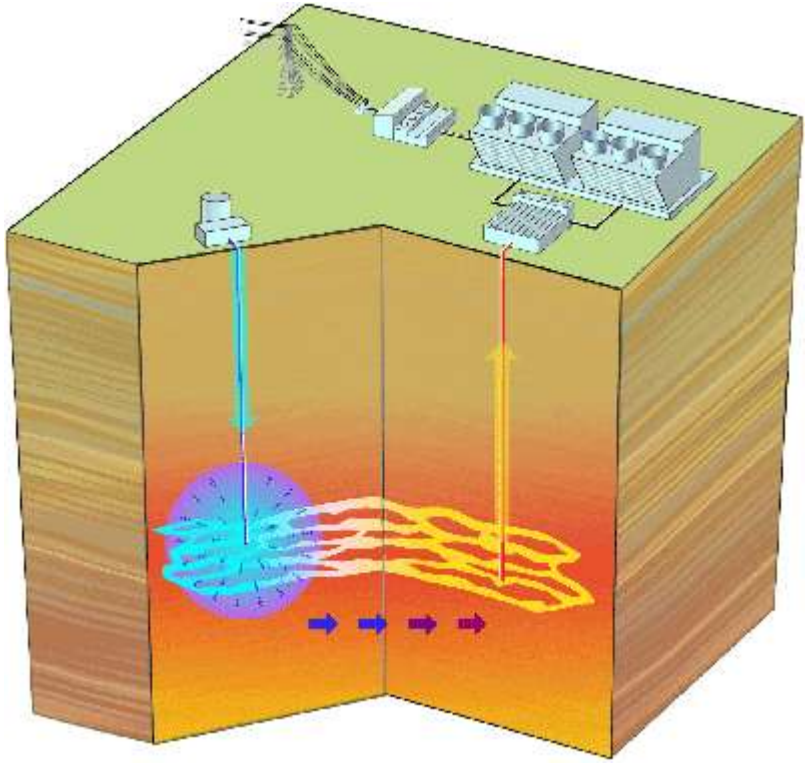
17 000 MWt

Capacidade instalada na Europa nos três subsectores da geotermia

Antics et al 2013

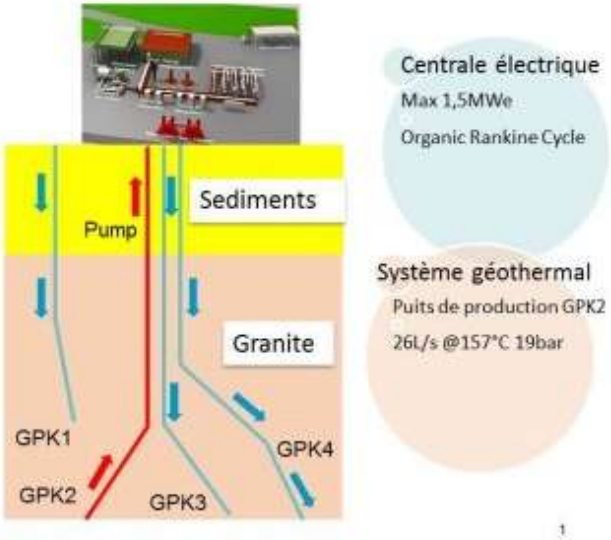
EGS, a Geotermia do futuro ??





Concessões atribuídas em 2010 pela DGEG mas entretanto extintas

SITE GEOTHERMIQUE DE SOULTZ



Une étape décisive a été franchie le 13 juin 2008, avec la mise en service de la centrale pilote de production d'électricité. Il s'agit d'une deuxième boucle fermée constituée d'un autre fluide (isobutane) de type ORC dont l'objectif est d'extraire la chaleur du fluide géothermal en se vaporisant à son contact et puis de faire tourner à haute vitesse une turbine électrogène avant d'être refroidi et recondenser par des aérocondenseurs qui propulsent de l'air ambiant sur le fluide chaud. *(voir animation)*

LA CENTRALE DE SOULTZ-SOUS-FORÊTS

Geothermal utilization in Portugal

Expectativas

23 MW_e for electrical; → 35 a 40 MW_e

22 MW_t and 360 TJ/yr for balneotherapy;
3 MW_t and 13 TJ/yr for district heating;
1 MW_t and 14 TJ/yr for greenhouse heating. → 30 MW_t

No estimates are available for geothermal heat pumps, thus we estimate 24 installations at 12 kW, a COP of 3.5 and 1,500 full load operating hours per year, gives 0.3 MWt and 1.1 TJ/yr. This gives a total for the country of 28 MW_t and 386.4 TJ/yr

Actualmente, com toda a probabilidade, a potência instalada em Portugal com GSHP já é superior à correspondente aos usos directos nos pólos termais.

EGS???!!!

(adaptado de Cabeças et al., 2010).

Muito obrigado

Caldas de Moledo

Foto José Martins Carvalho (1986)