



# Estudo do Calor da Terra e suas Aplicações em Exploração

**Dra. Suze Guimarães**

## Resumo



De onde vem essa energia interna da

Terra?

O que é Geotermia, anomalias



geotérmicas e parâmetros geotérmicos.

Aplicações da Geotermia e  
Termodinâmica

Qual histórico do uso de energia  
geotérmica.

Vantagens e Desvantagens



## Formação da Terra

A Terra foi formada há 4,6 bilhões de anos a partir de poeira e gás advindo de uma grande explosão (Big Bang) – acúmulo de energia. O gradativo resfriamento terrestre fez com que as rochas se solidificassem formando a crosta terrestre.



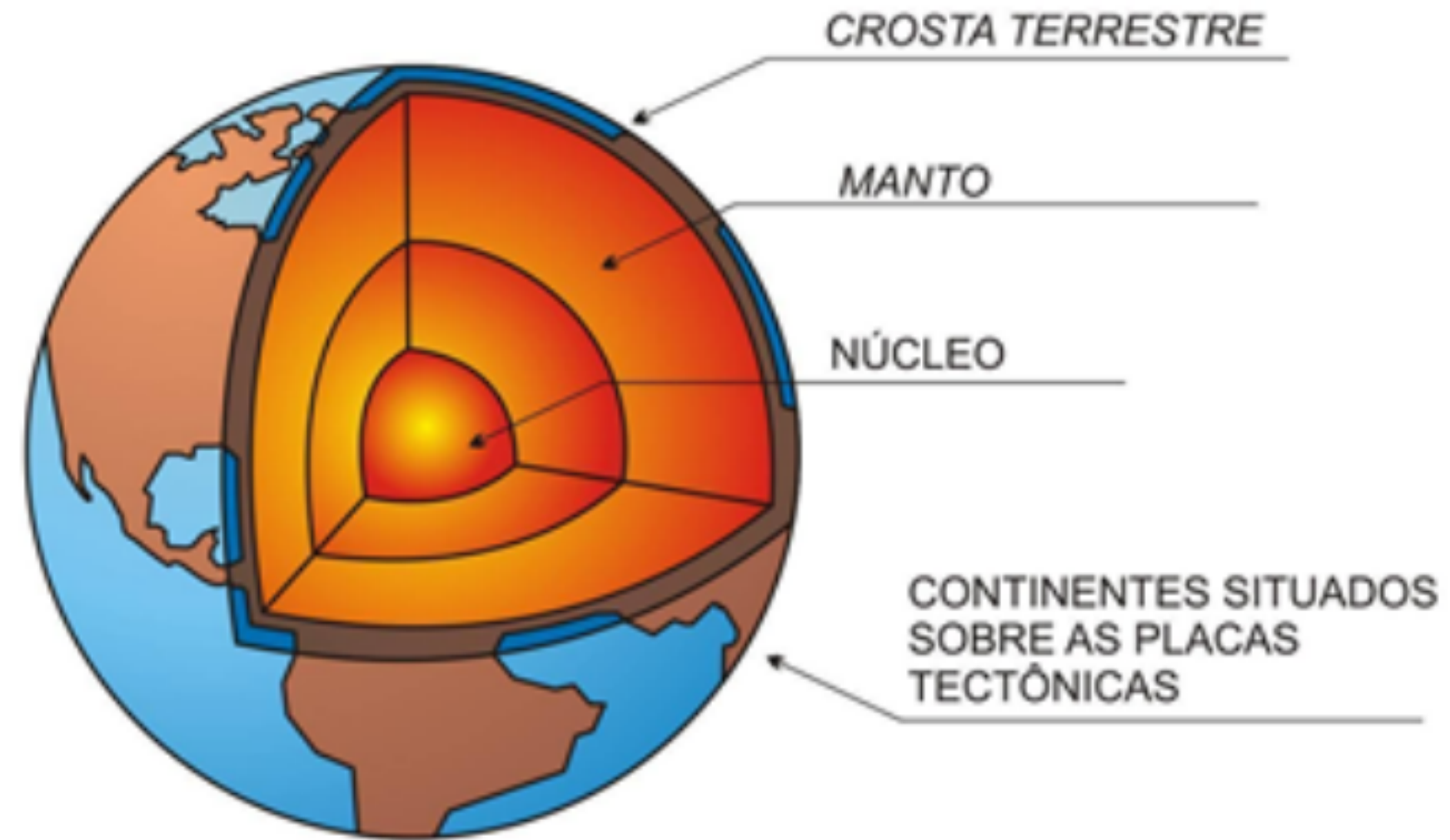
# Composição da Terra

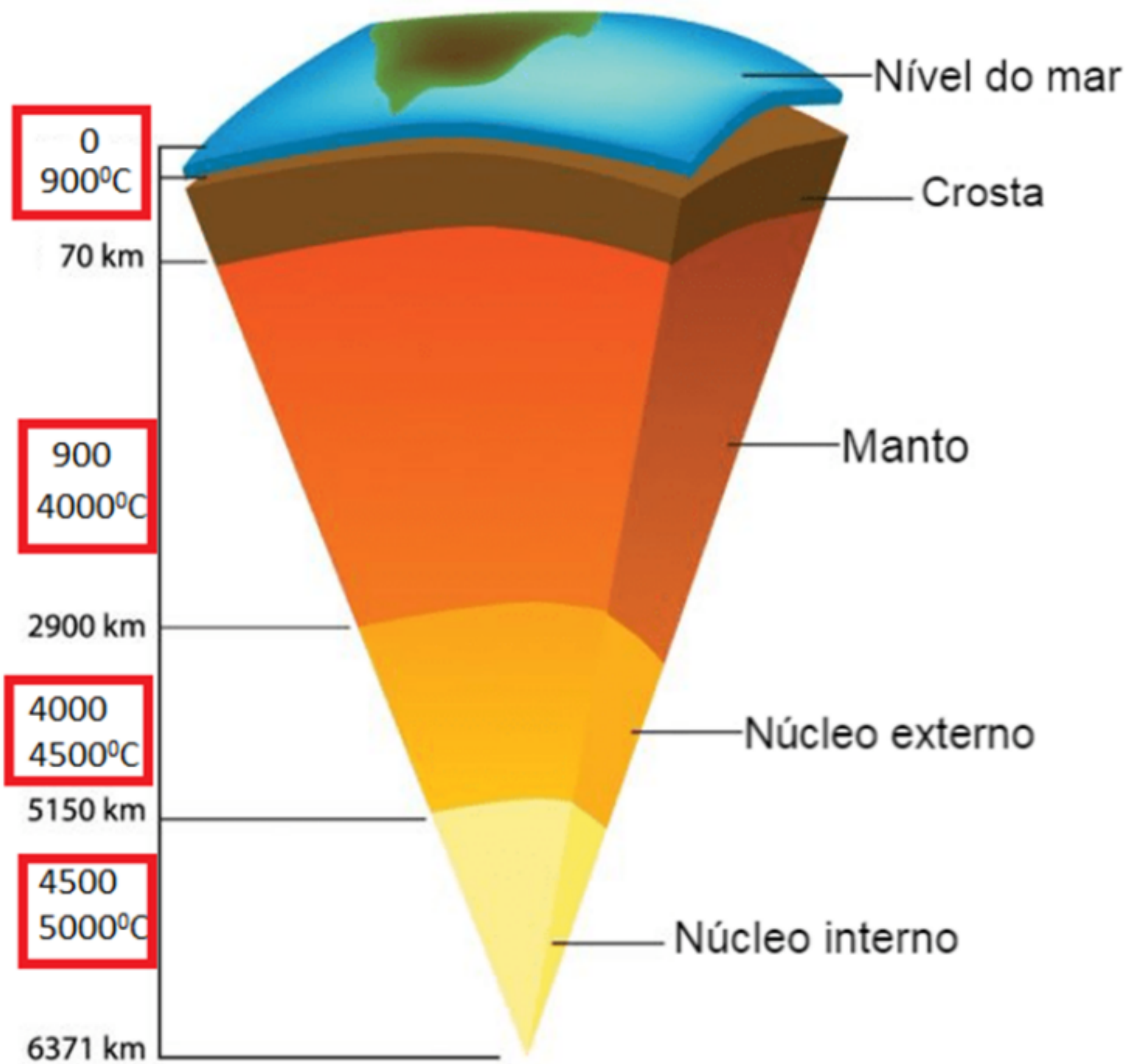


MATERIAL

# ENERGIA INTERNA

PRESSÃO





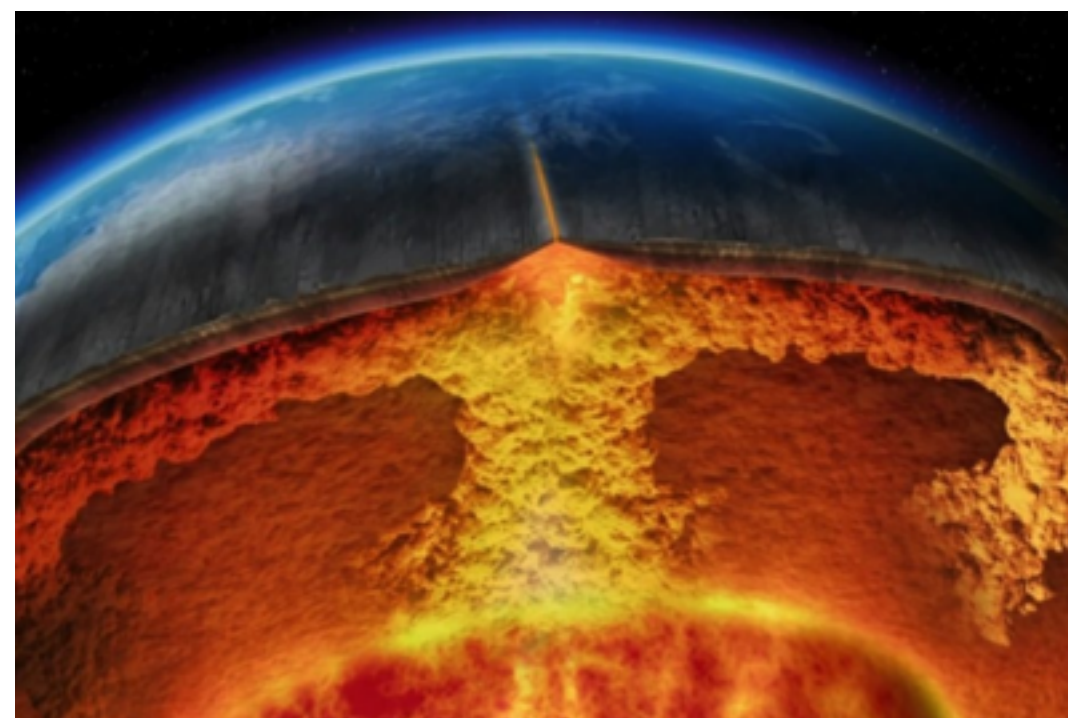




# O que é Geotermia?

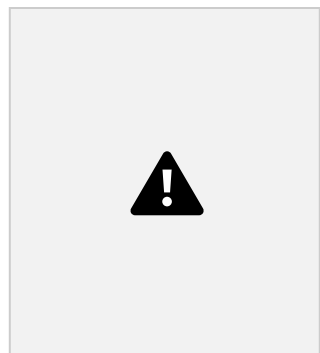
É a parte da Geofísica que estuda as trocas de calor e a temperatura no interior da Terra.

Transmissão de Calor : Lei de Fourier



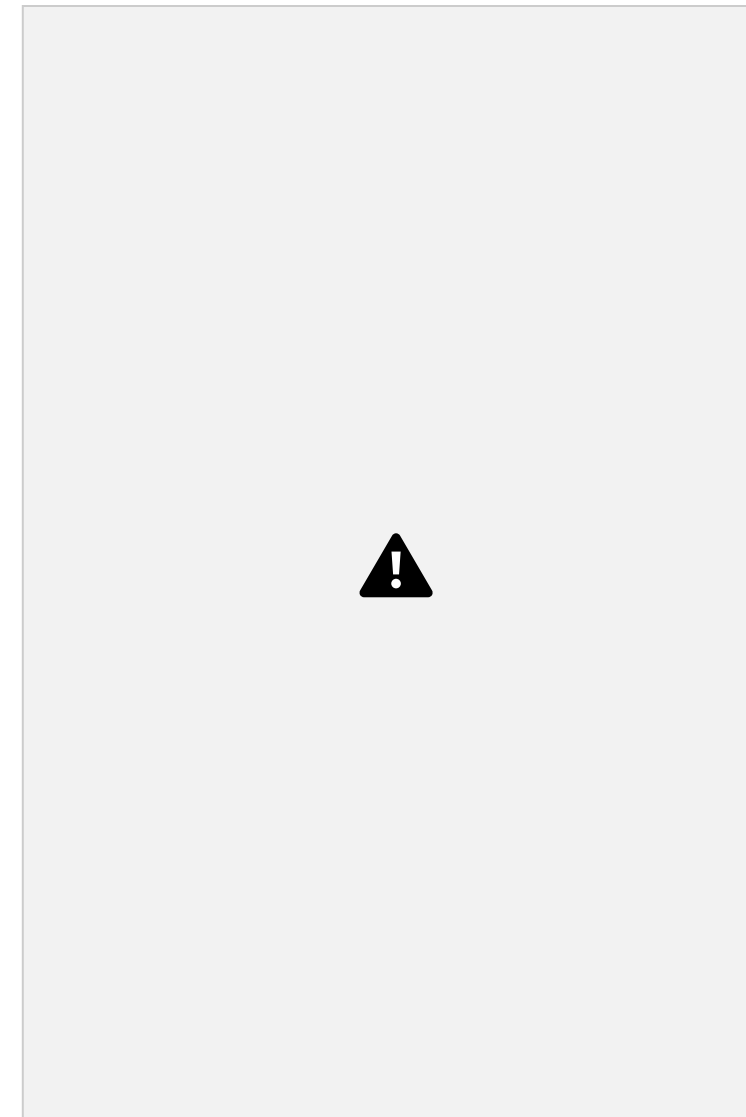


# Anomalias Geotérmicas



Larderello Itália

Anak Krakatau Indonésia



California, US



Caldas Novas, GO, Brasil

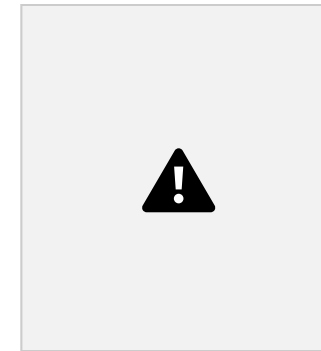


Caxambu, MG, Brasil

# Conceitos Geotérmicos

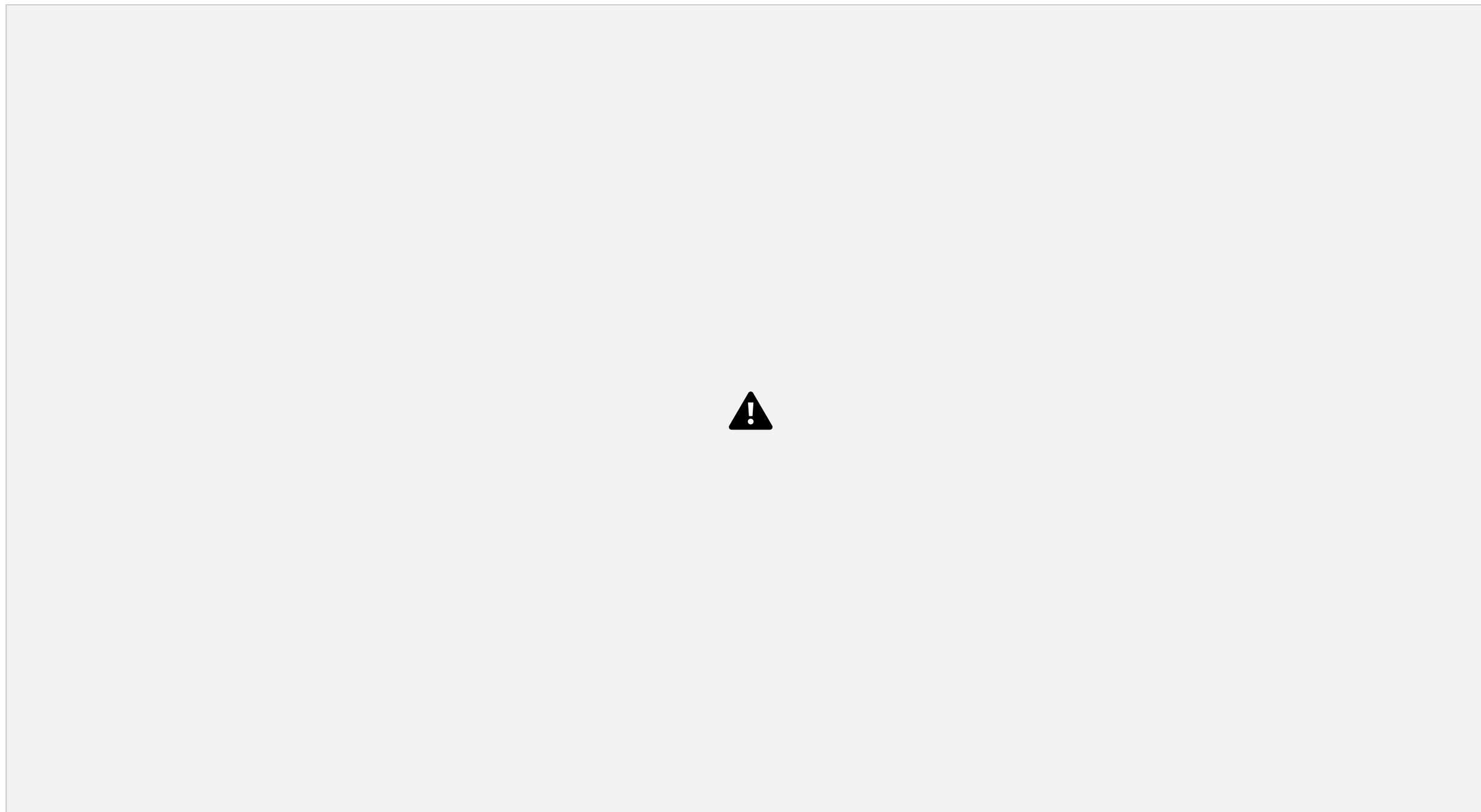


# Conceitos Geotérmicos





# Zonas de Anomalías Geotérmicas

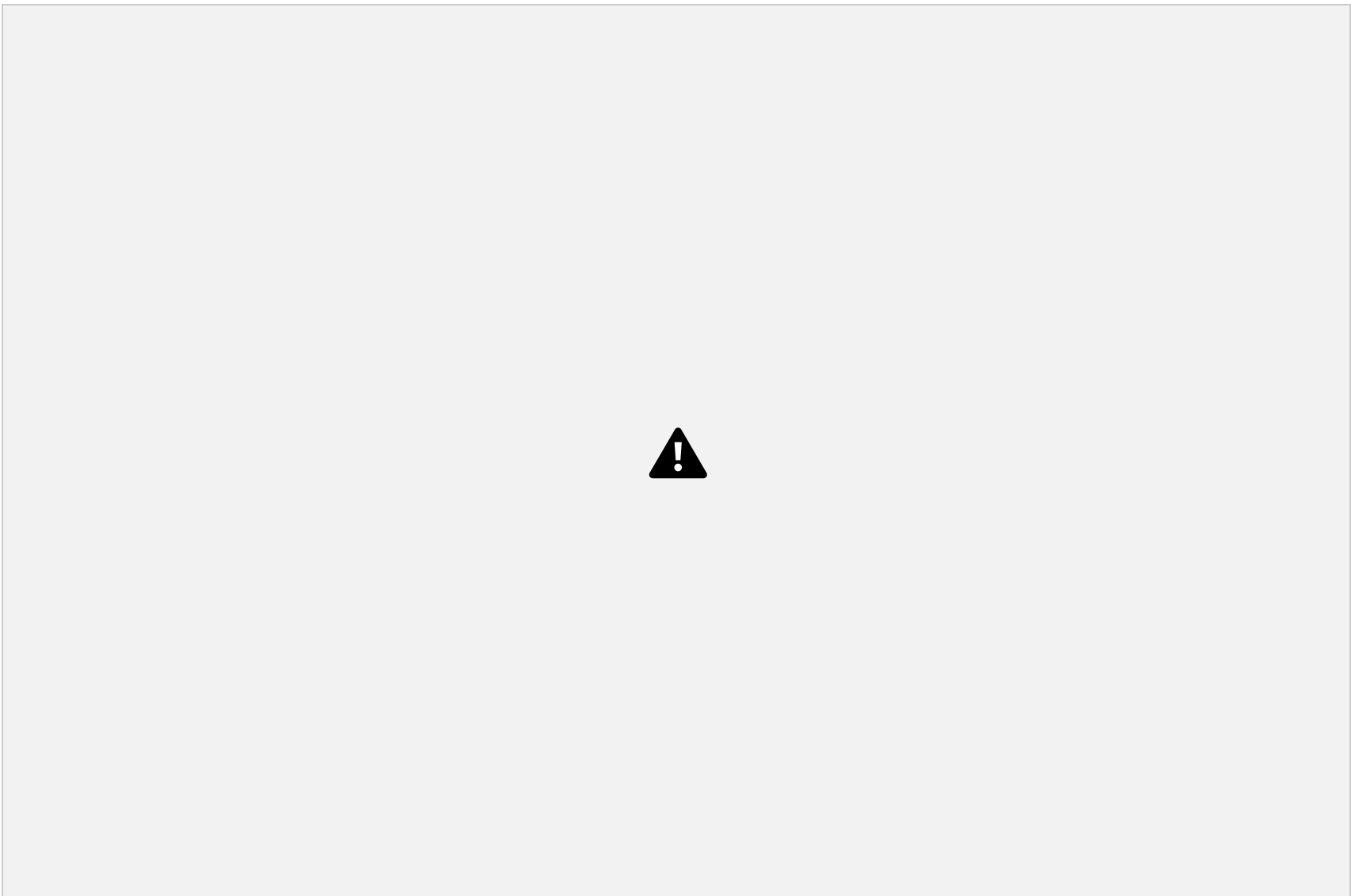
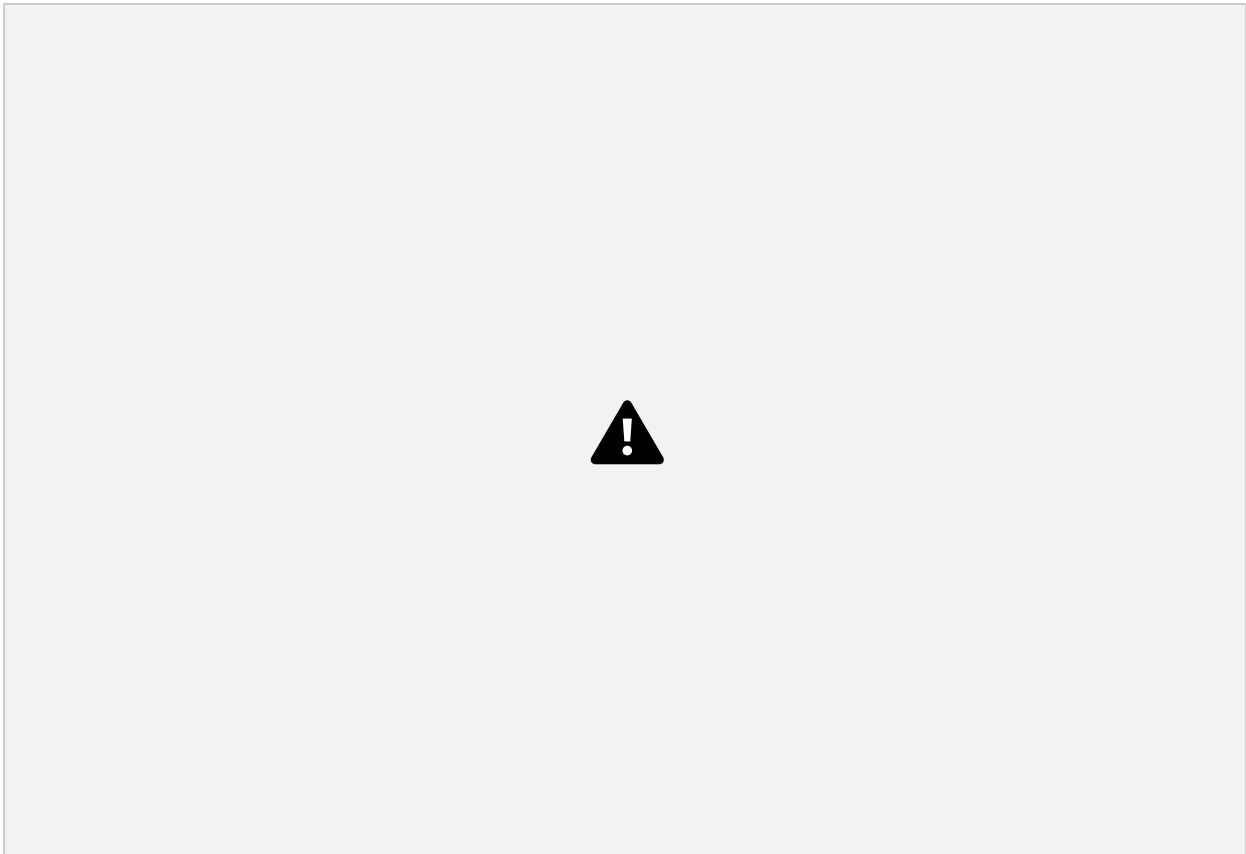


≥ 400oC

PIRAJNO, 1992



# Zonas de Anomalias Geotérmicas





# Aplicações Termodinâmicas



1 GEOTERMIA BÁSICA: GRADIENTE

GEOTÉRMICO, CONDUTIVIDADE TÉRMICA, FLUXO DE CALOR

2

RECURSOS ENERGÉTICOS – HIDROCARBONETO E ENERGIA GEOTÉRMICA

TERMOMAGNETISMO

3

4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS - AMBIENTAL; ESTUDO RADIOGENICO 5 REOLOGIA E

ISOSTASIA DA TERRA

6

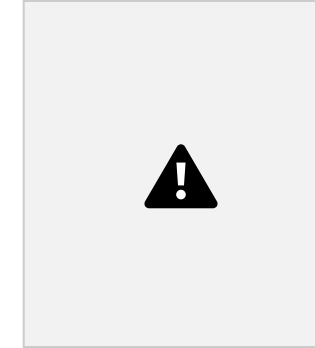
VARIAÇÃO DO CALOR INTERNO DA TERRA - TECTONISMO

7

AREAS ASSOCIADAS: HIDROGEOLOGIA, MAGMATISMO, ESTRUTURAL, GEOQUÍMICA, ETC.

# Energia Geotérmica ENTALPIA

Média (90-150oC)



Alta (>150oC)

Baixa (<90oC)

Residenciais Industriais Energia Elétrica

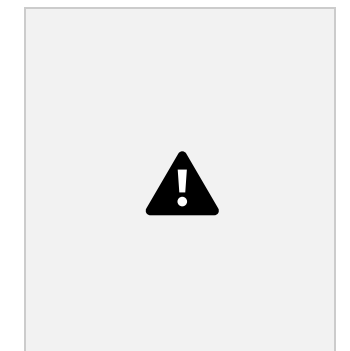
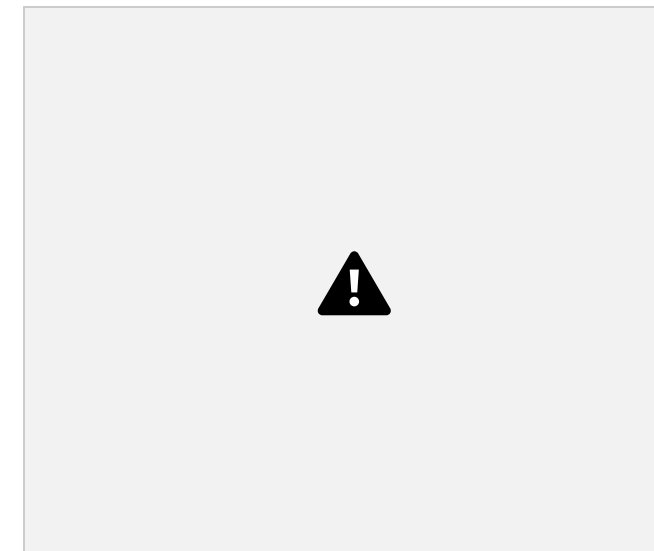
Turístico  
Agrícola

Secagem Psicultura MUFFLER E  
CATALDI, 1978

## Bombas de Calor

Muito Baixa Entalpia (até 40oC)

Uma bomba de calor é um dispositivo termodinâmico que extrai calor de um local (a

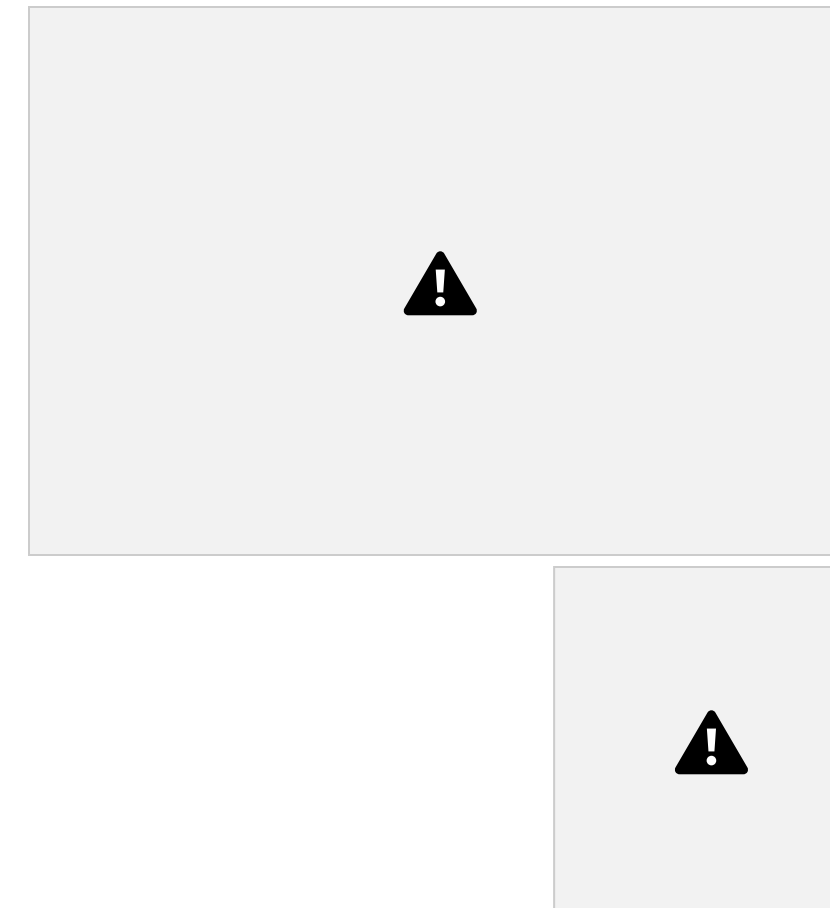


fonte de calor) e o torna disponível para outro local (o dissipador de calor), utilizando um sistema mecanizado.

A temperatura do solo, a poucos metros de profundidade, é bastante estável e próxima à média anual da região (verão: resfria, inverno:aquece).

O funcionamento de uma bomba de calor engloba princípios básicos de transferência de calor: condução, a radiação e a convecção

## Histórico



Primeiro poço geotérmico - Reykjavik Islândia

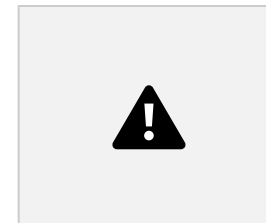
Aquecimento de um distrito (atual 200k hab) - Reykjavik, Islândia.

USD

Investimento mundial de 2,7 bilhões

**SEC.XIV 1913**  
**1755**

Primeiro sistema de aquecimento geotérmico - Chaudes-Aigues, FR



Larderello, Itália.  
**2010**

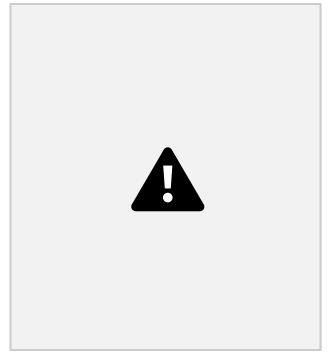
Consumo mundial de energia geotérmica de 50GWth

1.1% matriz energética mundial

Primeira usina geotérmica -

**Países que utilizam energia**

# geotérmica



Uso indireto

Uso diretto

BERTANI, 2012  
LUND ET AL., 2011



# TOP 6 USINAS GEOTÉRMICAS

THE GEYSERS  
COMPLEX

1 CA, EUA

(CAPACIDADE 1,520 MW)

ESTACIÓN

COMPLEXO DE  
LARDARELLO

ITÁLIA  
(CAPACIDADE 770 MW)

COMPLEXO

2

4

3 CERRO  
PRIETO

MÉXICO  
(CAPACIDADE 720 MW)

CALENERGY 5

SALTON SEA

FILIPINAS  
(CAPACIDADE 460 MW)

HELLISHEIDI

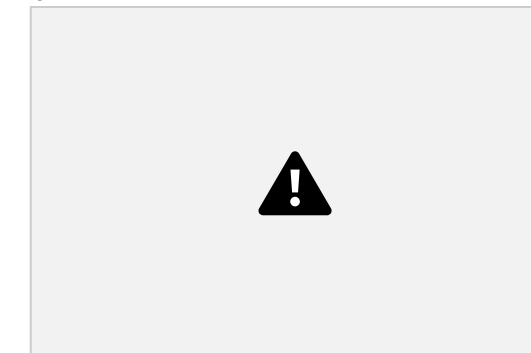
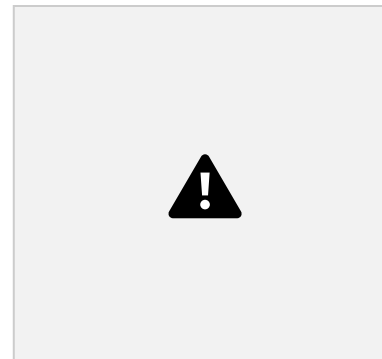
CA, EUA  
(CAPACIDADE 340 MW)

ISLÂNDIA  
(CAPACIDADE 300 MW)

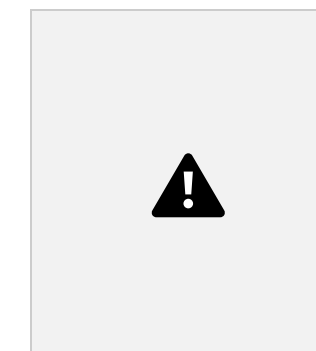
[HTTPS://WWW.DICASECURIOSIDADES.NET/2019/11/MAIORES-USINAS-GEOTERMICAS-DO-MUNDO.HTML](https://www.dicasecuriosidades.net/2019/11/maiores-usinas-geotermicas-do-mundo.html)

MAKILING

BANAHAW



6



# Vantagens e Desvantagens

Energia Geotérmica

emissão de poluentes nocivos. **Energia Limpa** Energia limpa por ser uma fonte sem

Capacidade de operar continuamente, sem estar sujeita às condições meteorológicas.

## **Energia renovável**

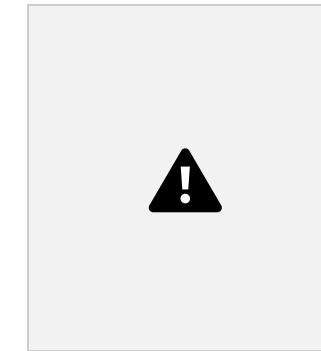
**Energia sustentável** a vantagem de reutilizar o fluido extraído, re-injetando na crosta terrestre.

Reduz custos com a exploração e utilização de outras fontes, como o carvão mineral e o petróleo.

## **Energia Ecológica**

# Vantagens e Desvantagens

## Energia Geotérmica



o preço atual da energia vendida pelas usinas de energia geotérmica, varia entre USD 0,03 a USD 0,05 por kWh gerado, enquanto o preço ofertado pelas usinas hidrelétricas gira em torno

### Economia

O custo inicial para instalação de uma usina gira entre USD 3000 a USD 5000 por kW instalado (para uma usina pequena <1MW).

### Alto Investimento Inicial

### Viabilidade de Implantação

As usinas só podem ser construídas em zonas geológicas propícias, presentes em menos de 10% do planeta.

# Vantagens e Desvantagens

Energia Geotérmica

Poluição sonora local

Devido a pressão do vapor que chega a superfície, é necessário utilização de um sistema de abafamento acústico para minimizar os efeitos sonoros produzidos durante a extração.



na atmosfera, como o H<sub>2</sub>S.

Emissão de Gases poluentes durante a perfuração.

Liberação de gases dissolvidos em subsuperfície



Reinjeção do fluido minimiza esse efeito.

## **Aluimento da Terra**

**localmente**

atmosfera (durante a perfuração do poço).

**Variação de Temperatura  
localmente**

**são controlados!!!**

ocasionada pela liberação de vapores na

## **Aspectos Ambientais**

Não é necessário desmatamento e desvio do curso de rios. Não há risco associados a contaminação por vazamentos de qualquer

composto e não há poluição atmosférica

(vapor: água).

# Referências

Bertani, R. (2012). Geothermal power generation in the world  
41, 1-29.



2005–2010 update report. *geothermics*,

Lund, J. W., Freeston, D. H., & Boyd, T. L. (2011). Direct utilization of geothermal energy 2010 worldwide review. *Geothermics*, 40(3), 159-180.

Muffler, P., & Cataldi, R. (1978). Methods for regional assessment of geothermal resources. *Geothermics*, 7(2-4), 53-89.

Pirajno, F., & Pirajno, F. (1992). Hydrothermal Processes in Oceanic Crust and Related Mineral Deposits. *Hydrothermal Mineral Deposits: Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist*, 450-506.

Vieira, F. P. 2015. Energia geotérmica de média e alta entalpia no Brasil: Avaliações de recursos e perspectivas de aproveitamento/Fábio Pinto Vieira.-Rio de Janeiro:ON/MCTI. 257p.

Obrigada pela atenção!!

[suzeguimaraes@ufrrj.br](mailto:suzeguimaraes@ufrrj.br)

