

PEA 3110

Energia, Meio Ambiente e Sustentabilidade

## Aula 5 - Fontes Renováveis de Energia

Biomassa  
Células a Combustível  
Geotérmica e outras



# Fontes Renováveis

## Biomassa

- Rejeitos Agrícolas
- Bagaço da cana
- Fazendas energéticas
- Incineração do lixo urbano
- Biogás de esgotos domésticos
- Biogás de efluentes industriais
- Biogás de aterros

## Oceânica

- Marés
- Corrente de maré
- Ondas costeiras
- Ondas do mar
- Térmica Oceânica
- Gradiente de salinidade

## Geotérmica

- Hidrotérmica
- Geopressurizada
- Rochas secas quentes
- Magma

## Hidrelétrica

- Pequena escala
- Média escala
- Grande escala

## Solar

- Heliotermelétrica
- Solar térmica
- Arquitetura solar
- Fotovoltaica
- Termoquímica
- Fotoquímica

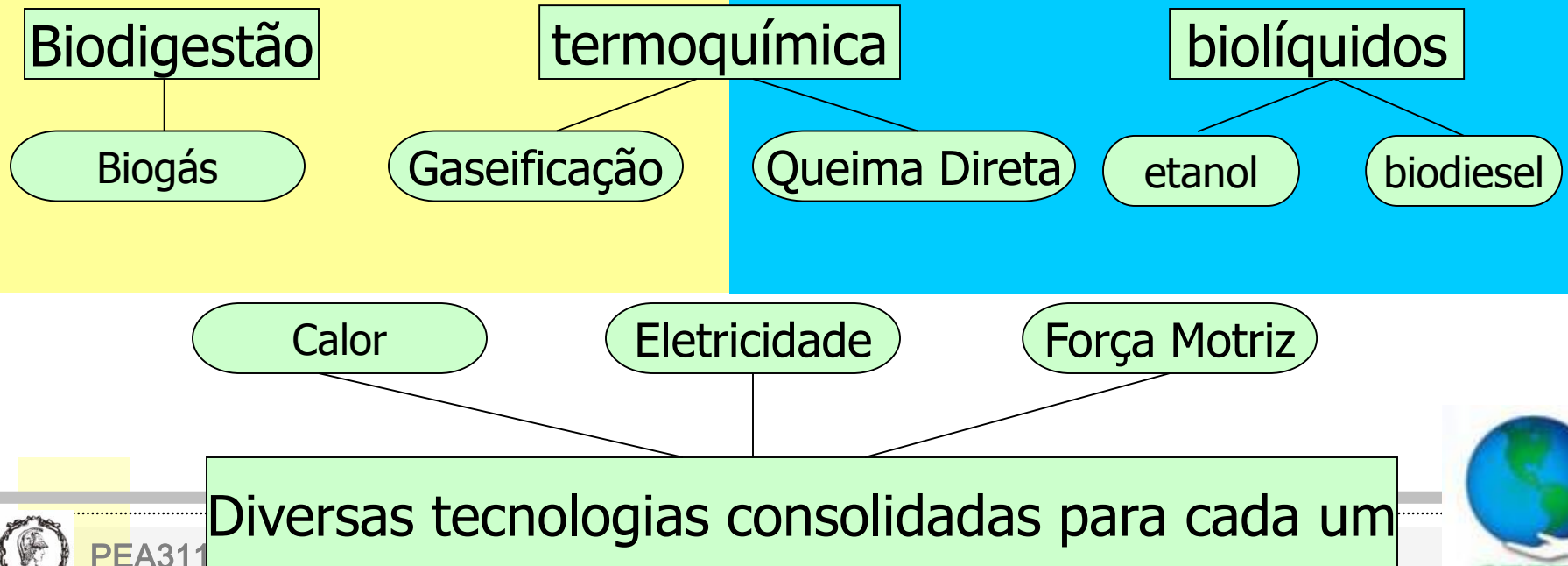
## Eólica

- Em terra firme
- No mar
- Bombas de ar

# Rotas de conversão

## Biomassa

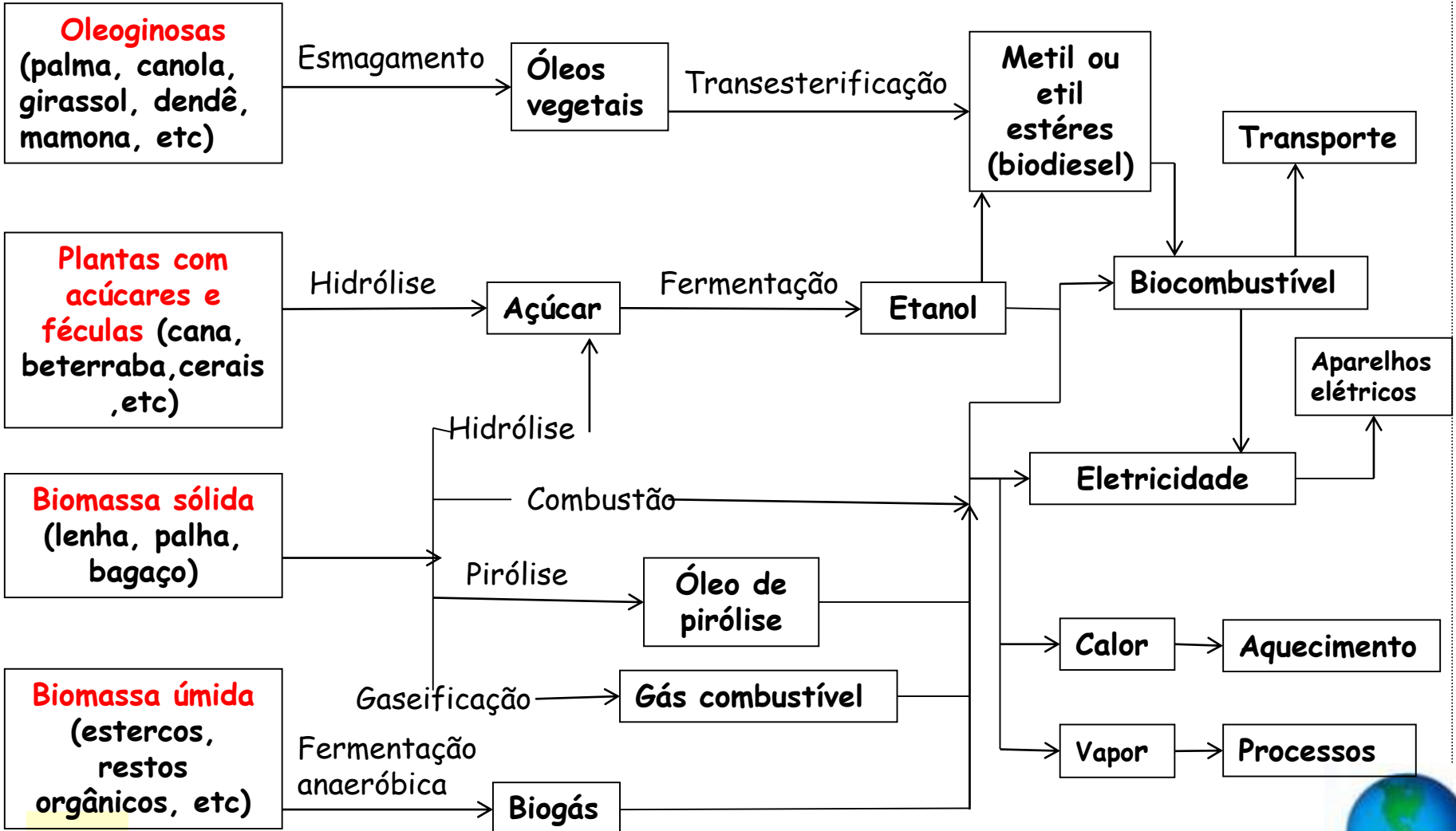
Lodo de Esgoto, lixo, bagaço de cana, madeira etc.



# Rotas de conversão

- **Termoquímica**
  - Combustão Direta do combustível para calor e geração
  - Conversão para combustível gasoso
- **Conversão Biológica**
- Digestão bacteriana - conversão da biomassa em biogás
- **Rota Biolíquida**
  - Biodiesel
  - Etanol

# BIOMASSA



# Características da biomassa

Combustível	Umidade(%)	Poder calorífico superior (kWh/kg matéria seca)	Cinzas (% de matéria seca)
Lenha sem casca	50-70	5.1-5.6	0.4-3.0
Bagaço	70	1.8	1.7
Bagaço seco	0-20	5.0	1.0-3.0
Pellets	<10	>4.7	<0.7
Carvão	6-10	7.2-7.9	8.5-10.9

# Aplicações da biomassa

## Sistemas estacionários :

Energia Elétrica  
Energia Térmica

Motores a combustão  
Turbinas a vapor e a gás,  
caldeiras,  
fornos,  
célula a combustível ( hidrogênio  
reformado),  
cogeração

**Transporte:** motores, célula a combustível

# Ex: Uso de biomassa: Ciclo integrado de gaseificação e cogeração - turbina a gás

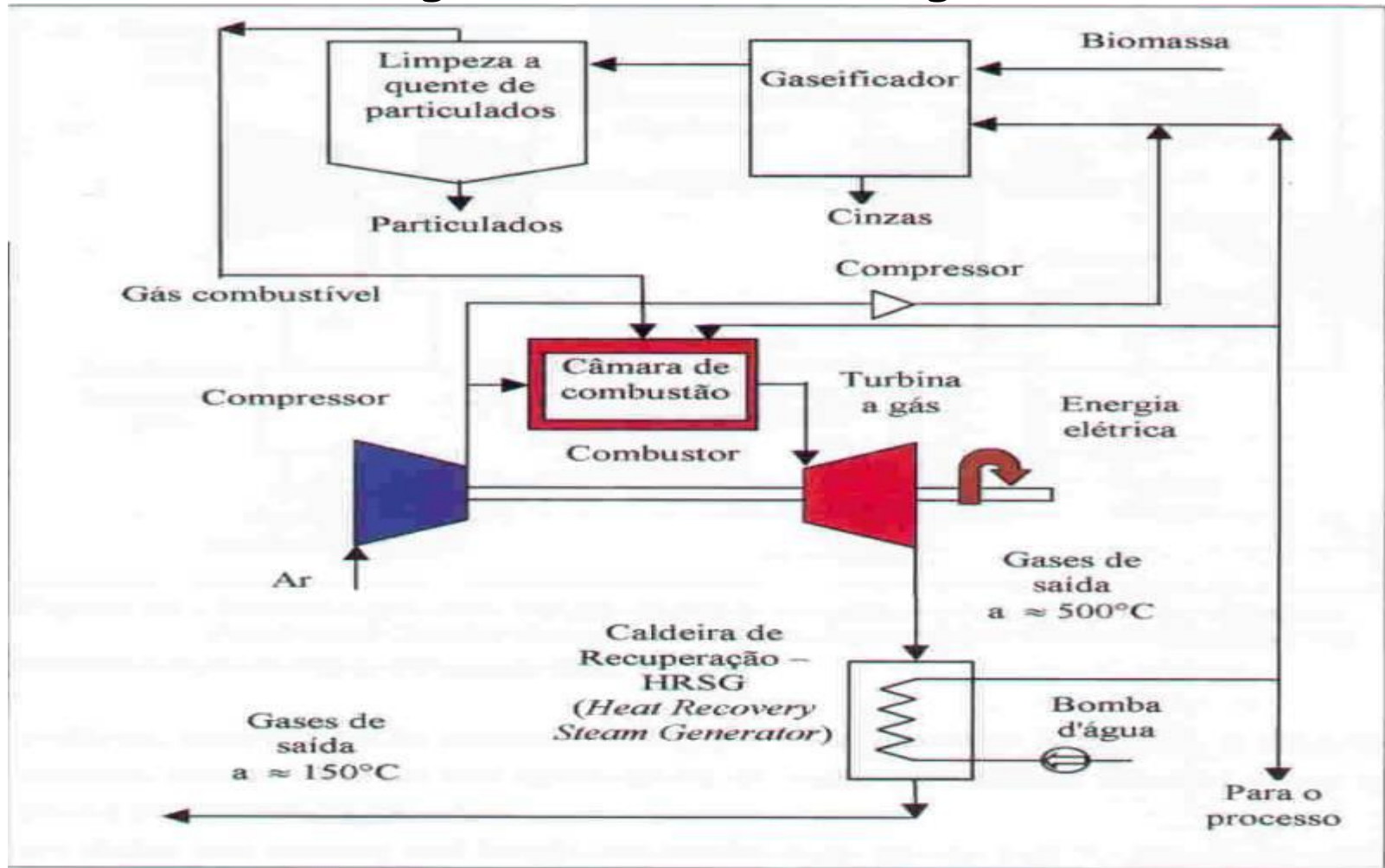
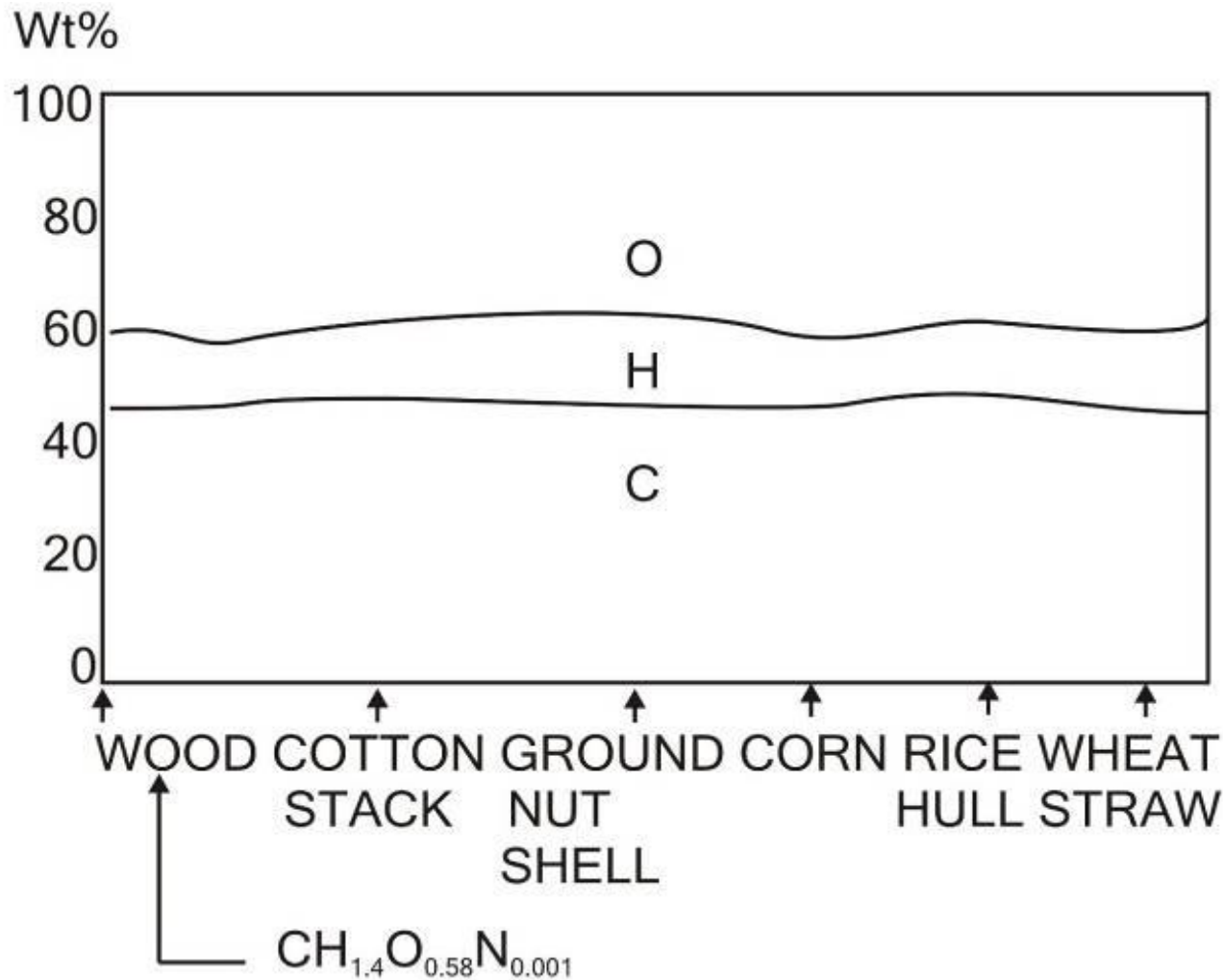


Figura 14 - Turbina a gás com injeção de vapor integrado a gaseificador de biomassa - Biomass Integrated Gasifier/Steam Injected Gas Turbine (BIG/STIG).



# Biomassa - Composição



lenha Resíduos Cascas milho Palha Resíduo  
algodão amendoim arroz s Trigo

# Combustão - Comparação

Combustível	Energia MJ/kg	Temperatura K
Petróleo	40 - 44	1800 - 1900
Lenha	14 - 17	1300 - 1700
Palha de arroz	10 - 13	1000 - 1300

Fonte: Biomass to Energy, IISc, Bangalore, 2003

- Temperaturas alcançadas na biomassa não são muito menores que as do petróleo

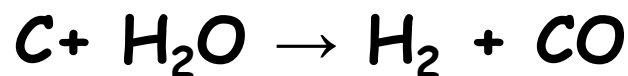
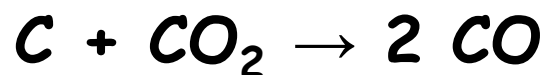
# O que é o Processo de Gaseificação de Biomassa

- Biomassa contém carbono, hidrogênio, oxigênio e pequenas quantidades de outros elementos
- Na combustão com Ar:  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  são gerados
- Na combustão com pouco Ar, ou sub-estequiométrica podem ser gerados produtos como  $\text{CO}$  e  $\text{H}_2$  : "*queima mal feita*".

O gás resultante do processo de combustão sub-estequiométrica é o **Gás Produzido (Gasogênio)**

# Etapas do Processo de Gaseificação

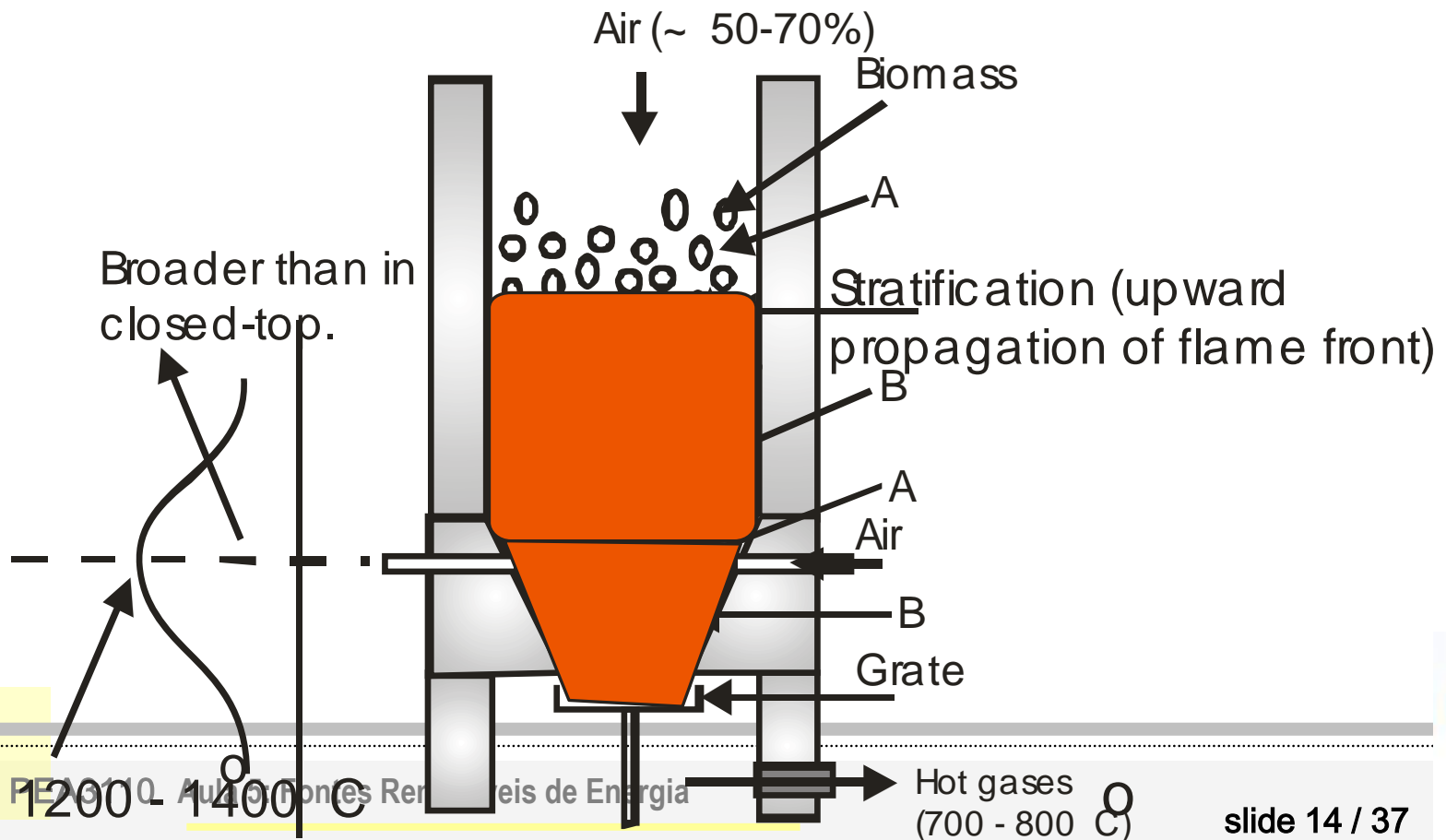
- Aquecimento da biomassa e liberação de materiais voláteis
- Combustão dos materiais voláteis com Ar aquecimento da biomassa e aumentando a temperatura dos gases para algo em torno de 1200-1400°C
- Os gases quentes produzidos, que contém  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}$  reagem com o carbono (carvão) e geram  $\text{CO}$  e  $\text{H}_2$   
Estas são reações endotérmicas que trazem as temperaturas para a faixa em torno de 600-700°C



# Composição do Gas Produzido

CO	18 – 20 %
H2	18 – 20 %
CH4	1– 2 %
CO2	11 –12 %
N2	Restante

# Gaseificador Open top - IISC



# Combustão - Comparação

Combustível	A/C (ar/Comb)	Densidade Energética MJ/m <sup>3</sup>
Petróleo	18	2,83
Gás Natural	18	3,00
Gás Produzido	1.2	2.40
Biogás	11	2.30

Fonte: Biomass to Energy, IISc, Bangalore, 2003

# Centrais de Biomassa

Usina Ankhur - Índia - 1,2 MW - Cascas de Coco Gaseificação









# INCINERAÇÃO DE LIXO E BIODIGESTÃO

Possibilidades de conservação e produção de energia através da utilização de resíduos sólidos urbanos e rurais.

## Conservação

Reciclagem

Redução

Reutilização

## Recuperação energética

Combustão de material orgânico

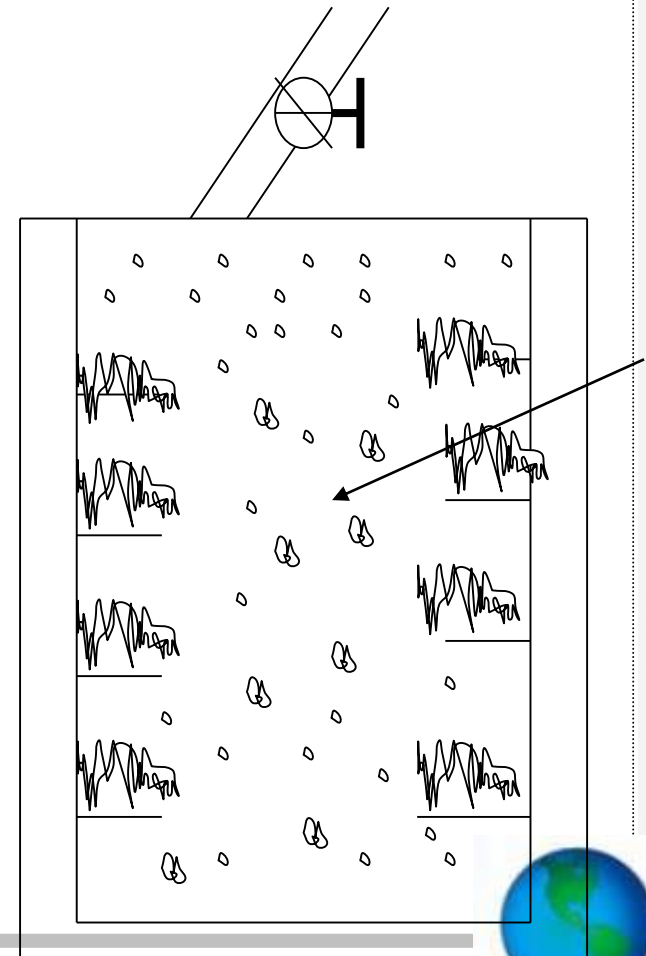
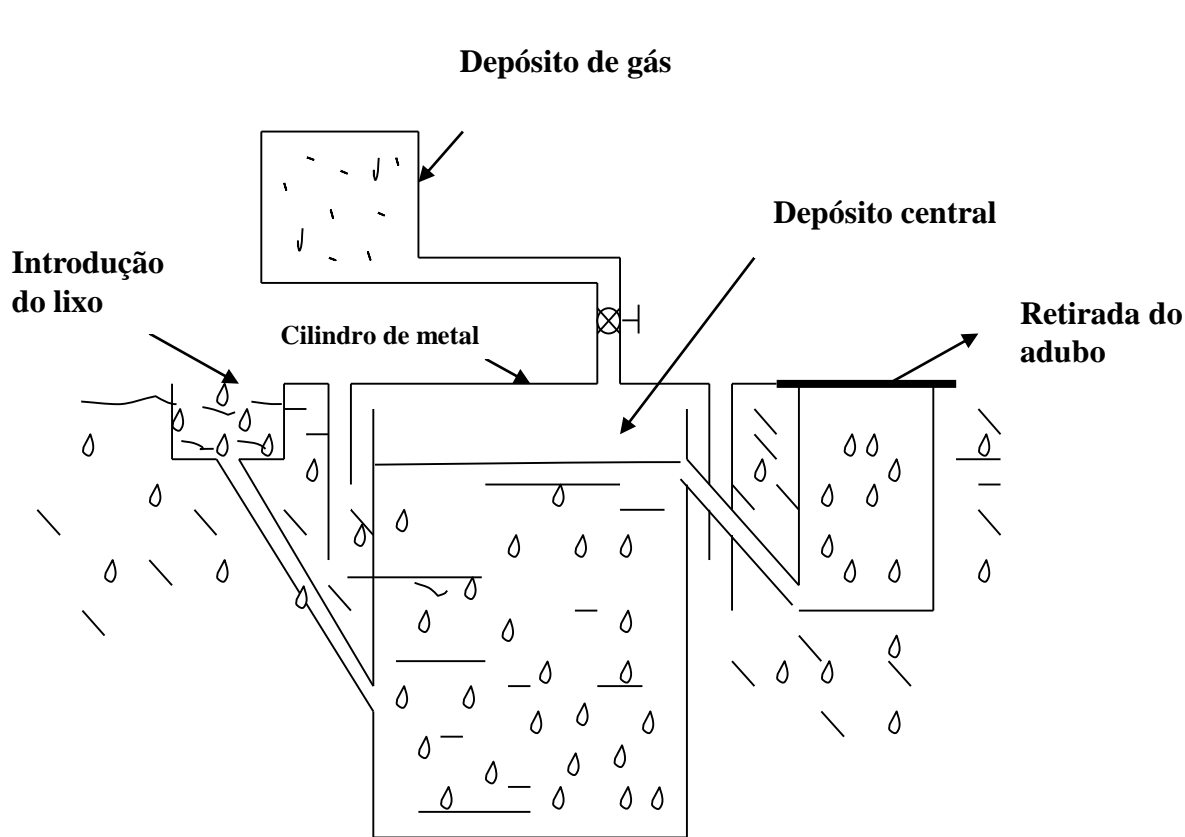
Incineração de plásticos e pneus

Biodigestão de material orgânico

# Ex: Biodigestores - Produção de biogás a partir da matéria orgânica

## BIODIGESTOR DESCONTÍNUO

### BIODIGESTOR CONTÍNUO



# OLEAGINOSAS

O termo **oleaginosas** envolve um grande número de plantas produtoras de óleos e gorduras vegetais, com composição química muito variada.

## CARACTERÍSTICAS DE ALGUMAS VEGETAIS OLEAGINOSAS DE POTENCIAL USO ENERGÉTICO

Espécie	Origem do óleo	Conteúdo do óleo (%)	Ciclo para a máxima eficiência	Rendimento em óleo (t/há)
Dendê	Amêndoa	20	8 anos	3,0 – 6,0
Avacate	Fruto	7-35	7 anos	1,3-5,0
Coco	Fruto	55-60	7 anos	1,3-1,9
Babaçu	Amêndoa	66	7 anos	0,1-0,3
Girassol	Grão	38-48	anual	0,5-1,9
Colza	Grão	40-48	anual	0,5-0,9
Mamona	Grão	43-45	anual	0,5-0,9
Amendoim	Grão	40-43	anual	0,6-0,8
Soja	Grão	17	anual	0,2-0,4
Algodão	Grão	15	anual	0,1-0,2

# BIODIESEL

É obtido através da reação de óleos vegetais com um intermediário ativo, formado pela reação de um álcool com um catalisador, processo conhecido como **transesterificação**. Os produtos da reação química são um **éster (o biodiesel)** e **glicerol**.

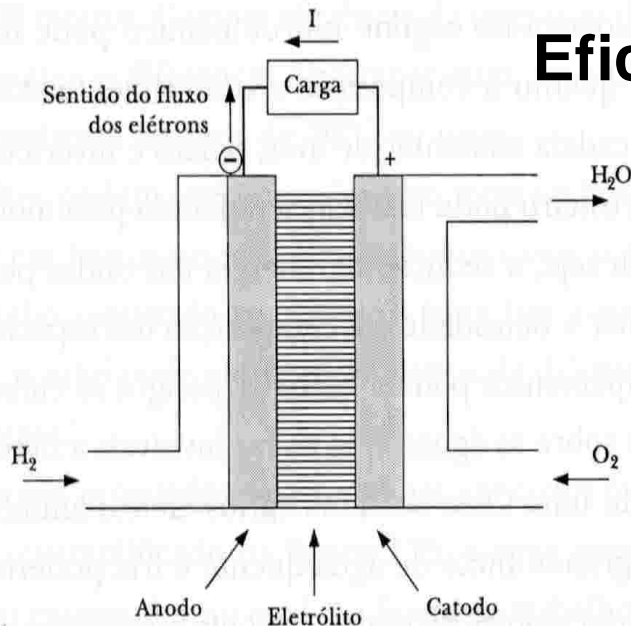
- **Utilização de óleos vegetais para queima em motores de combustão interna para geração de eletricidade:**

- a) Utilização de misturas de óleos vegetais com Diesel
- b) Utilização de ésteres de óleos vegetais
- c) Utilização de óleos vegetais craqueados

- **Utilização em motores multicomcombustível**

# Ex: Células de combustível : geração de energia elétrica e vapor (reforma do etanol)

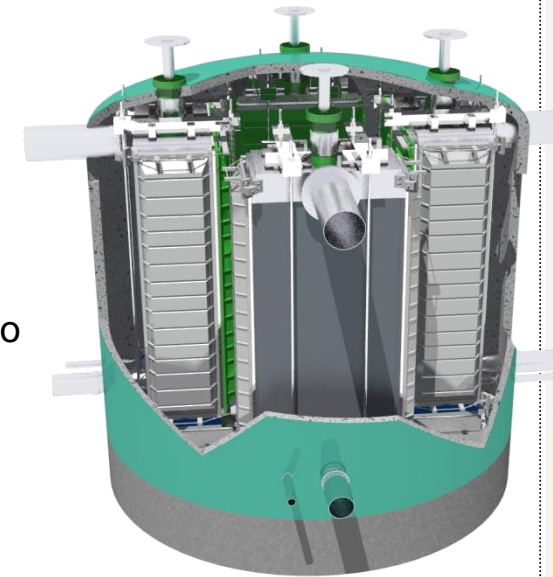
Numa célula de combustível, o combustível, suprido constantemente em um dos eletrodos - o anodo -, reage eletroquimicamente com um oxidante ( oxigênio) suprido no outro eletrodo. Entre os eletrodos encontra-se um eletrólito composto por material que permite o fluxo de íons, induzindo assim uma corrente elétrica através do circuito externo.



**Eficiência = 55%**

**Classificação:** Tipo de eletrólito

- ácido fosfórico
- carbonato fundido
- óxido sólido



# CÉLULAS A COMBUSTÍVEL

<b>TIPOS DE CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL</b>	<b>TEMPERATURA DE OPERAÇÃO (°c)</b>	<b>APLICAÇÕES TÍPICAS</b>	<b>FABRICANTES REPRESENTATIVOS</b>
<b>MEMBRANA DE TROCA DE PRÓTONS</b>	80	Veículos, residências, geradores portáteis	Avista Labs, Ballard Power Systems, H. Power, Plug Power
<b>ÁCIDO FOSFÓRICO</b>	200	Fábricas, edifícios comerciais, hospitais	Onsi (Unidade da United, Technologies Corp)
<b>CARBONATO FUNDIDO</b>	650	Estações de força de pequenas a grandes	Energy Research, Fuel Cell Energy, M-C Power
<b>ÓXIDO SÓLIDO</b>	1000	Estações de força de pequenas a grandes	Global Thermoelectric, Siemens Westinghouse Power



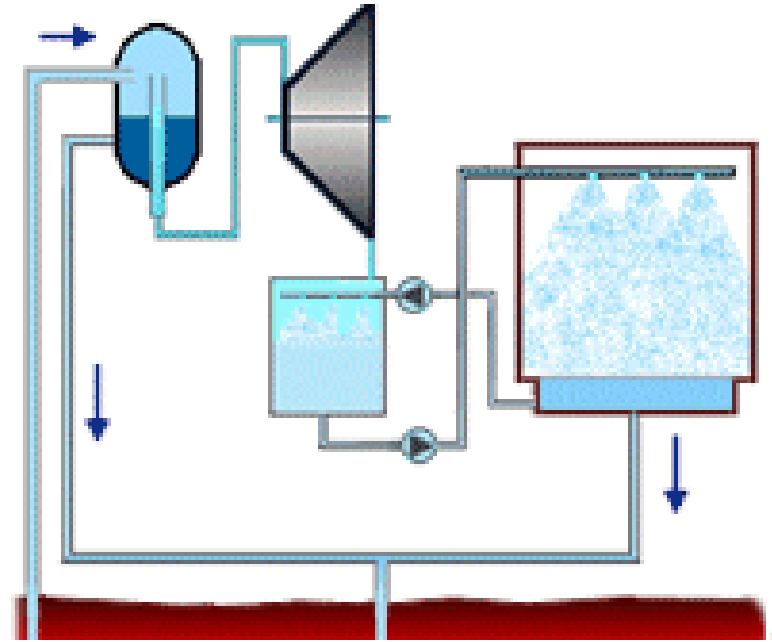
# Centrais Geotérmicas

Pode ser feita de quatro maneiras:

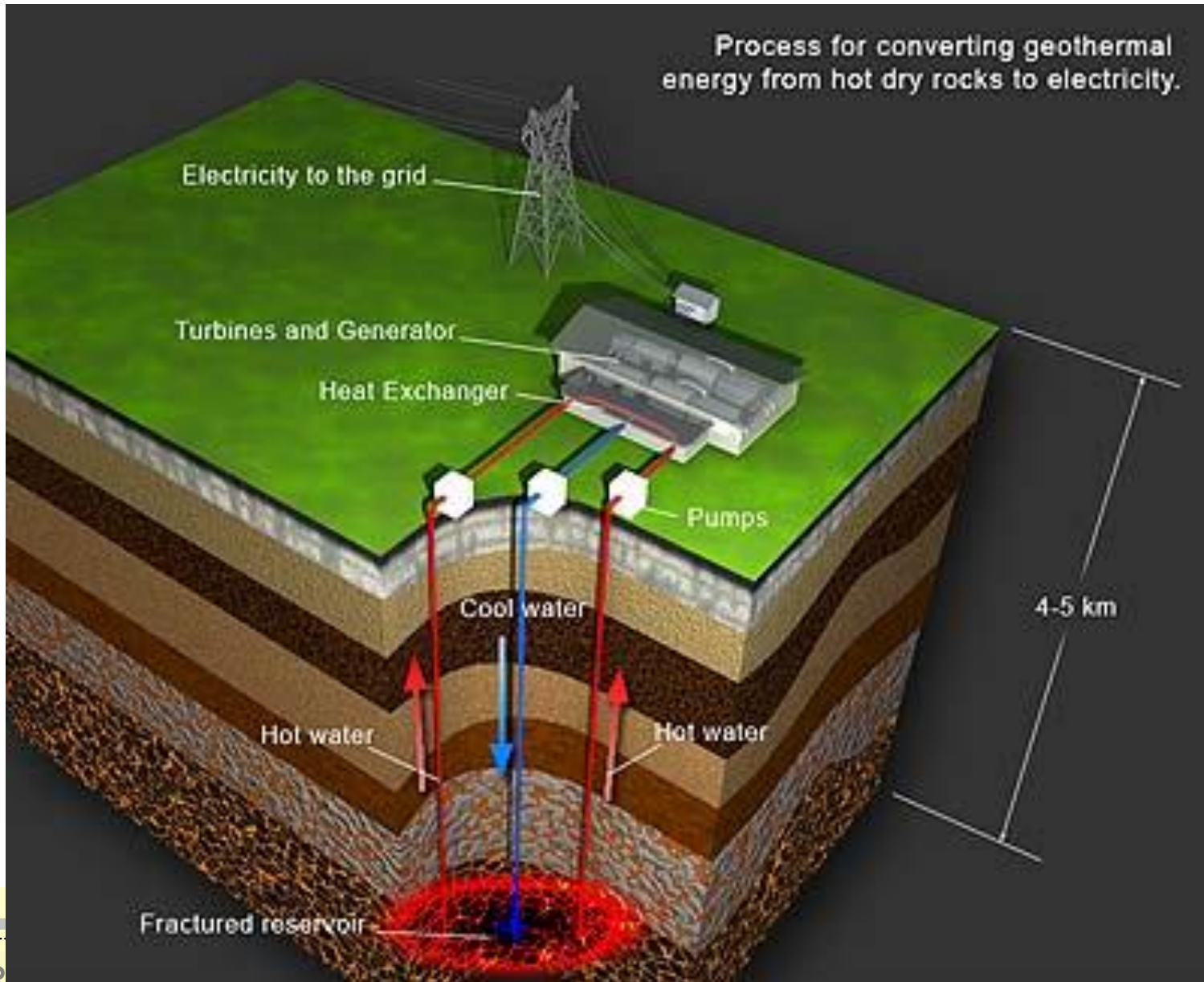
- Energia hidrotérmica: reservatórios de água quente e/ou vapor aprisionados entre rochas e sedimentos da crosta terrestre são utilizados para produção de calor;
- Rocha quente e seca: um poço profundo é perfurado e a água é injetada retirando-a aquecida de um outro poço de retorno;
- Reservatórios geopressurizados: contém uma mistura de água e metano saturada e sob uma pressão elevada;
- Magma: em certas regiões pode-se extrair calor do magma injetando-se água nesse magma criando uma espécie de buraco trocador de calor.

# Ciclo Rankine - UTEs Geotérmicas

- Existem em funcionamento diversos tipos de centrais geotérmicas. Nestas centrais, é utilizado vapor ou água quente sob pressão, produzida pela energia geotérmica, para acionar diretamente as turbinas da central, ou efetuar a passagem a vapor da água no circuito secundário, que aciona as turbinas da central



# Centrais Geotérmicas



# Centrais Geotérmicas

Mundo - 2010: 11 GW - 67.2 TWh de eletricidade

2011 - Operando em ao menos 24 países, principais:

- EUA: 3.1 GW
- Filipinas: 1.9 GW
- Indonésia: 1.2 GW
- México: ~ 1 GW
- Itália: 0.9 GW
- Nova Zelândia: ~ 0.8 GW
- Goenlândia: 0.6 GW
- Japão: 0.5 GW

# Central Geotérmica Pico Vermelho - S. Miguel/Açores/Portugal

## CG Pico Vermelho

<b>Potência</b>	10 MW
<b>Produção anual</b>	80 GWh
<b>Produção de vapor</b>	56 T/hora
<b>Pressão</b>	6 bar
<b>Fator de capacidade</b>	0,9
<b>Participação no sistema elétrico Açoriano</b>	37 %



# Centrais a Energia Solar

## Sistemas Hélio-convectivos

- Protótipo espanhol
  - Operação entre 82 - 89
  - Potência 50 kW

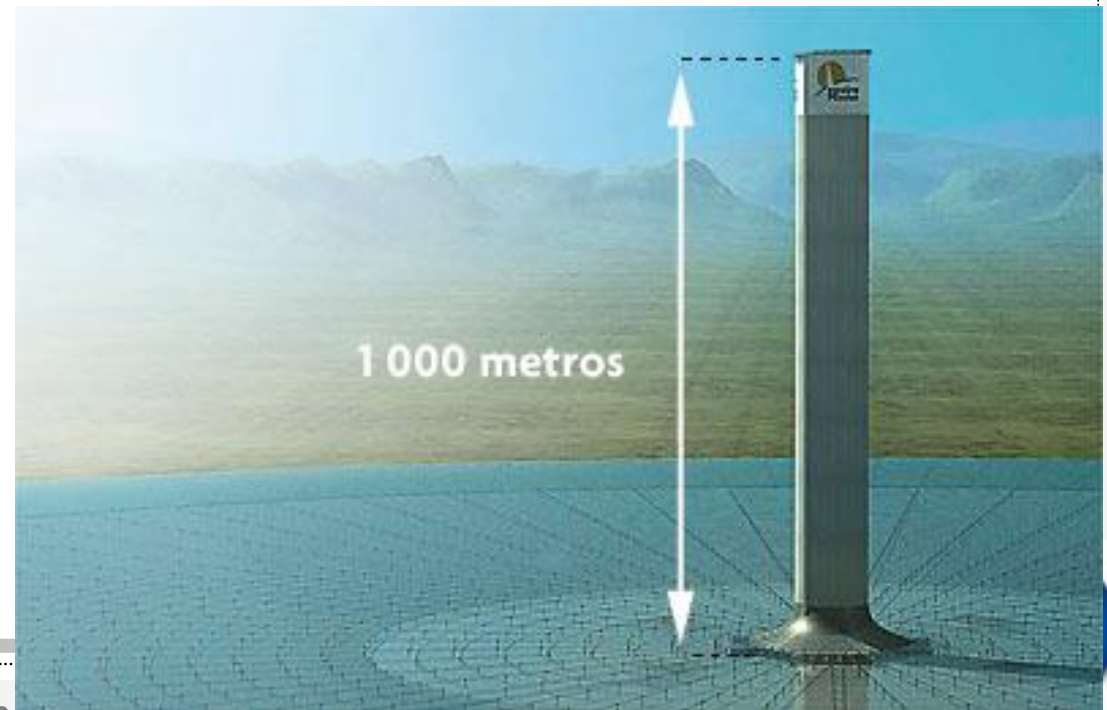


# Centrais a Energia Solar

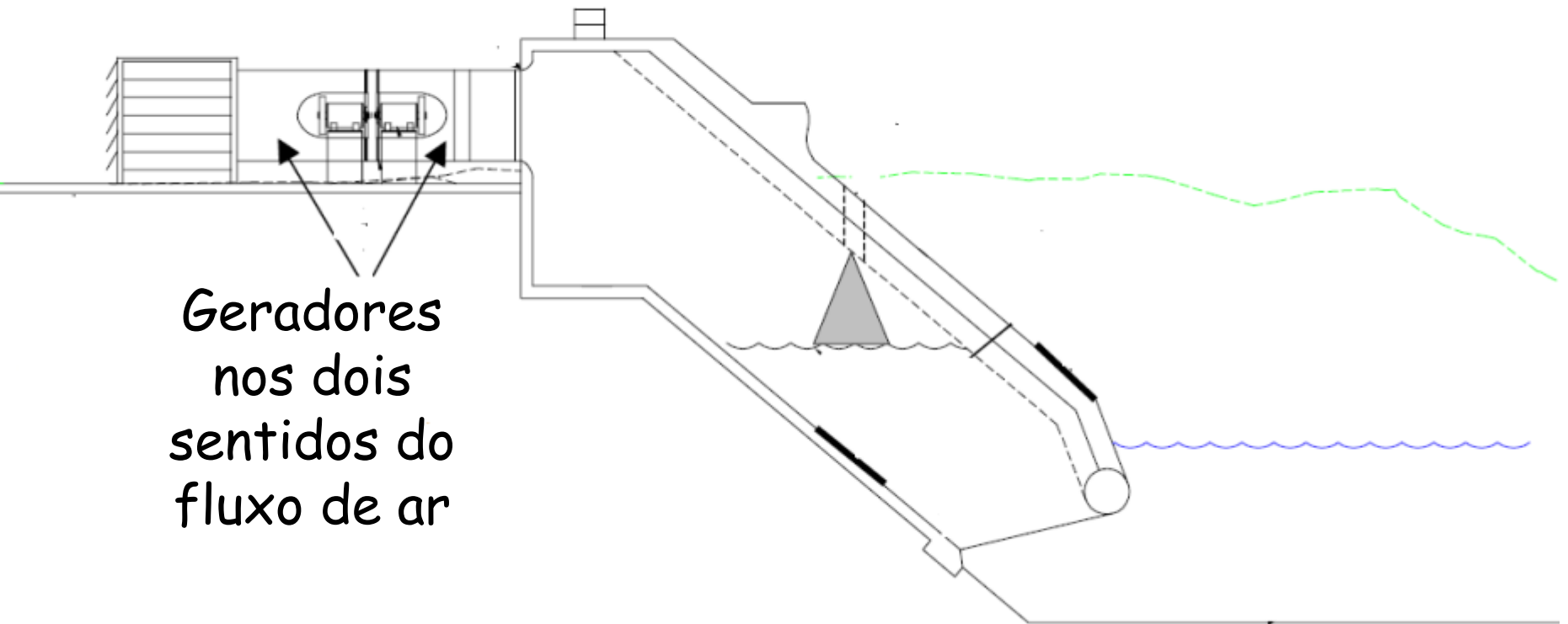
## Sistemas Hélio-convectivos

- **Projeto**

- Local: Deserto Austrália
- Torre de 1000 m altura e 130 m diâmetro;
- Mais alta construção do mundo;
- Paineis solares de 20 km quadrados;
- Pronta em 2009
- 32 Turbinas no interior da torre;
- Geração de 200 MW.



# Layout de uma central a ondas - Usina de Islay Escócia



Geradores  
nos dois  
sentidos do  
fluxo de ar



# Usina de Islay (500 kW) Escócia



# Central a ondas

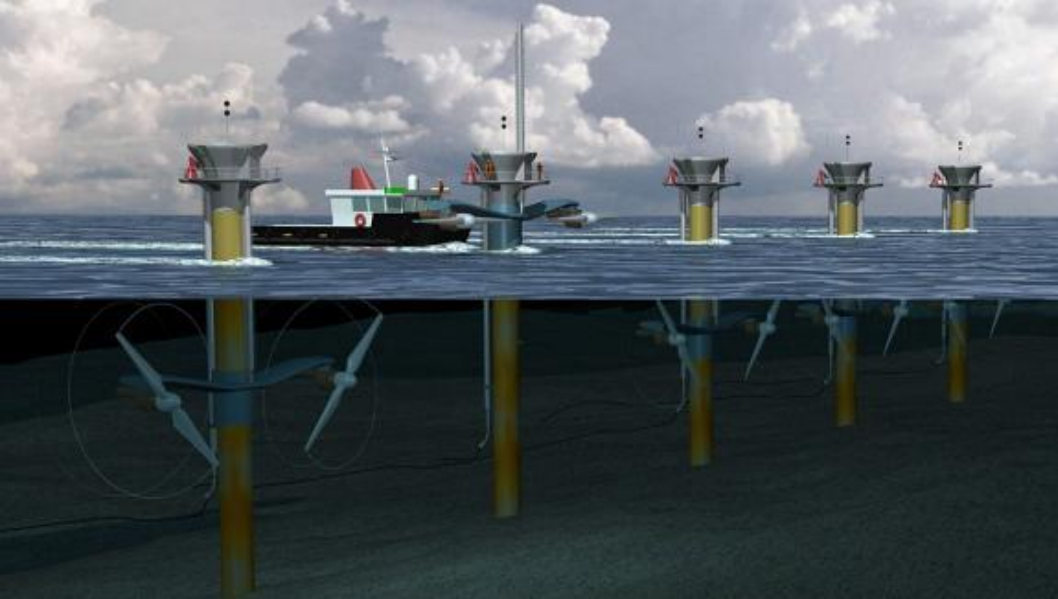


# Central a ondas



2,25 MW em Portugal





# Correntes marítimas

Irlanda Norte - 1MW  
Para correntes acima  
de 2,4 m/s