



# Estado da Arte da Tecnologia Heliotérmica (CSP)

Torsten Schwab - GIZ  
Palmas, 29 de Junho de 2015

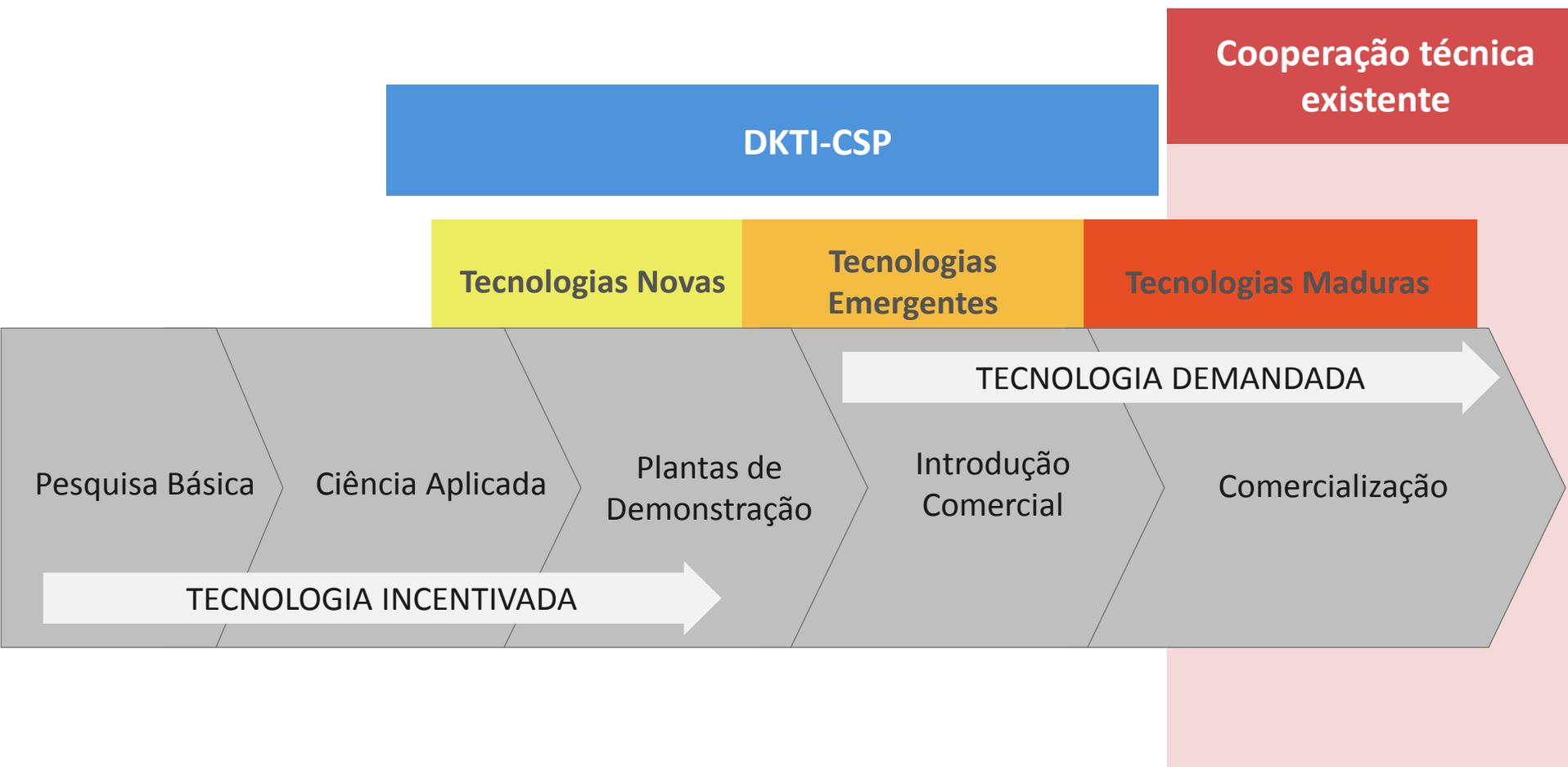


- DKTI-CSP
- Fontes de Energia
- Energia Heliotérmica
- Estado da Arte
- Oportunidades



- DKTI-CSP
- Fontes de Energia
- Energia Heliotérmica
- Estado da Arte
- Oportunidades

## Heliotermia e o projeto DKTI-CSP na cadeia de inovação





DKTI-CSP

Fontes de Energia

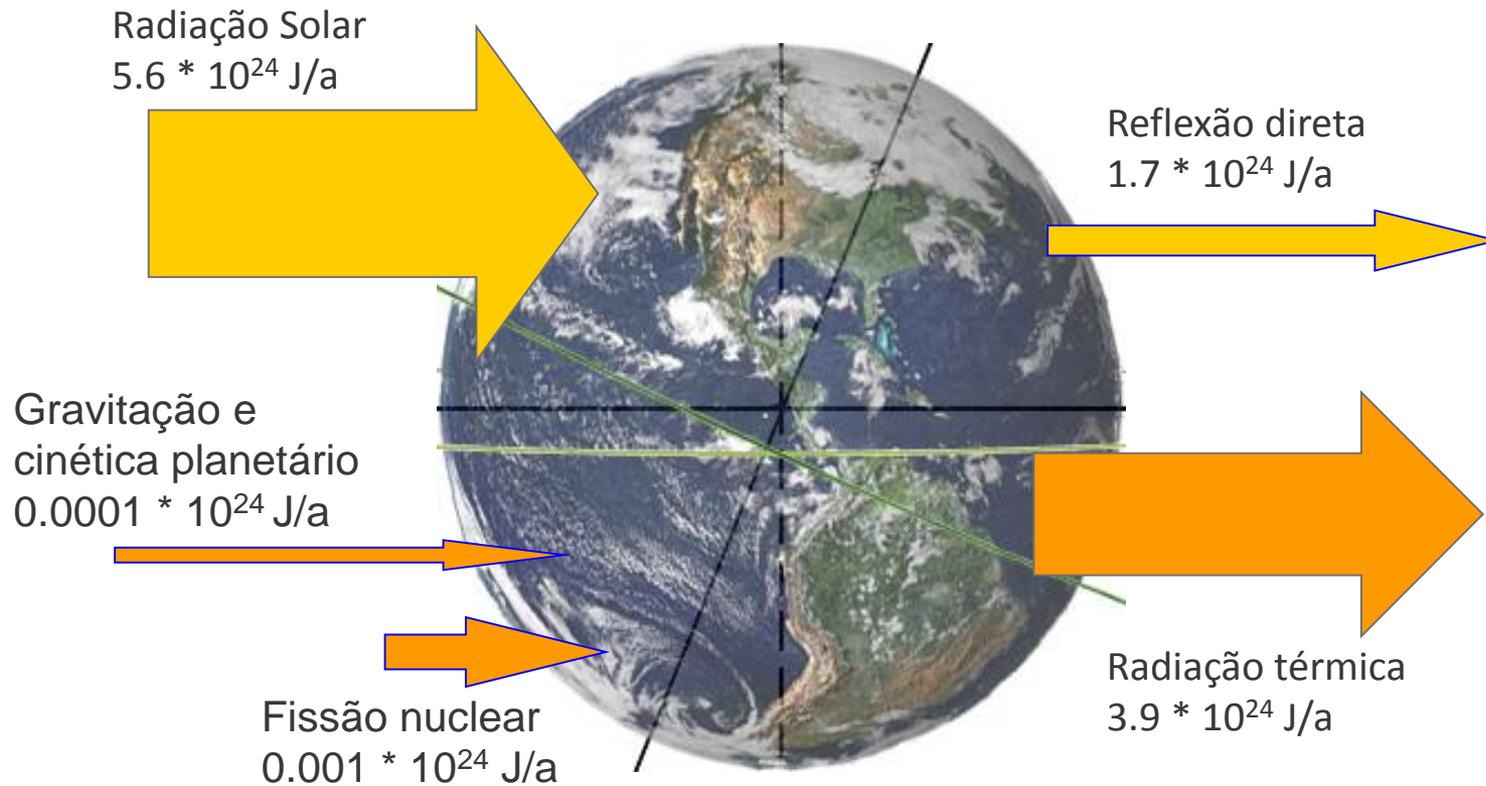
Energia Heliotérmica

Estado da Arte

Oportunidades

## Balço energético do planeta Terra

Entrada  $\approx$  Saída



## Balanço energético do planeta Terra



Arctic sea ice in 1979



Arctic sea ice in 2003



## Fontes

Fissão nuclear no núcleo da terra

0,02%

100% =  
 $5,6 \cdot 10^{24}$  J/a

Fusão nuclear no sol

Gravitação e cinética planetária

0,002%

## Efeitos Naturais

Geotermia

Solo aquecido

Biomassa

Carvão

Petróleo

Gás natural

Chuva

Derretimento

Vento

Ondas

Correntes/Marés

Urânio

## Conversão

Usina geotérmica

Usina geotermelétrica

Bombas de calor

Coletor solar

Calefação

Conversão química

Usinas termelétricas

Usina fotovoltaica

Usina heliotérmica

Usina hidrelétrica

Usina eólica

Usina de onda

Usina de maré

Usina nuclear

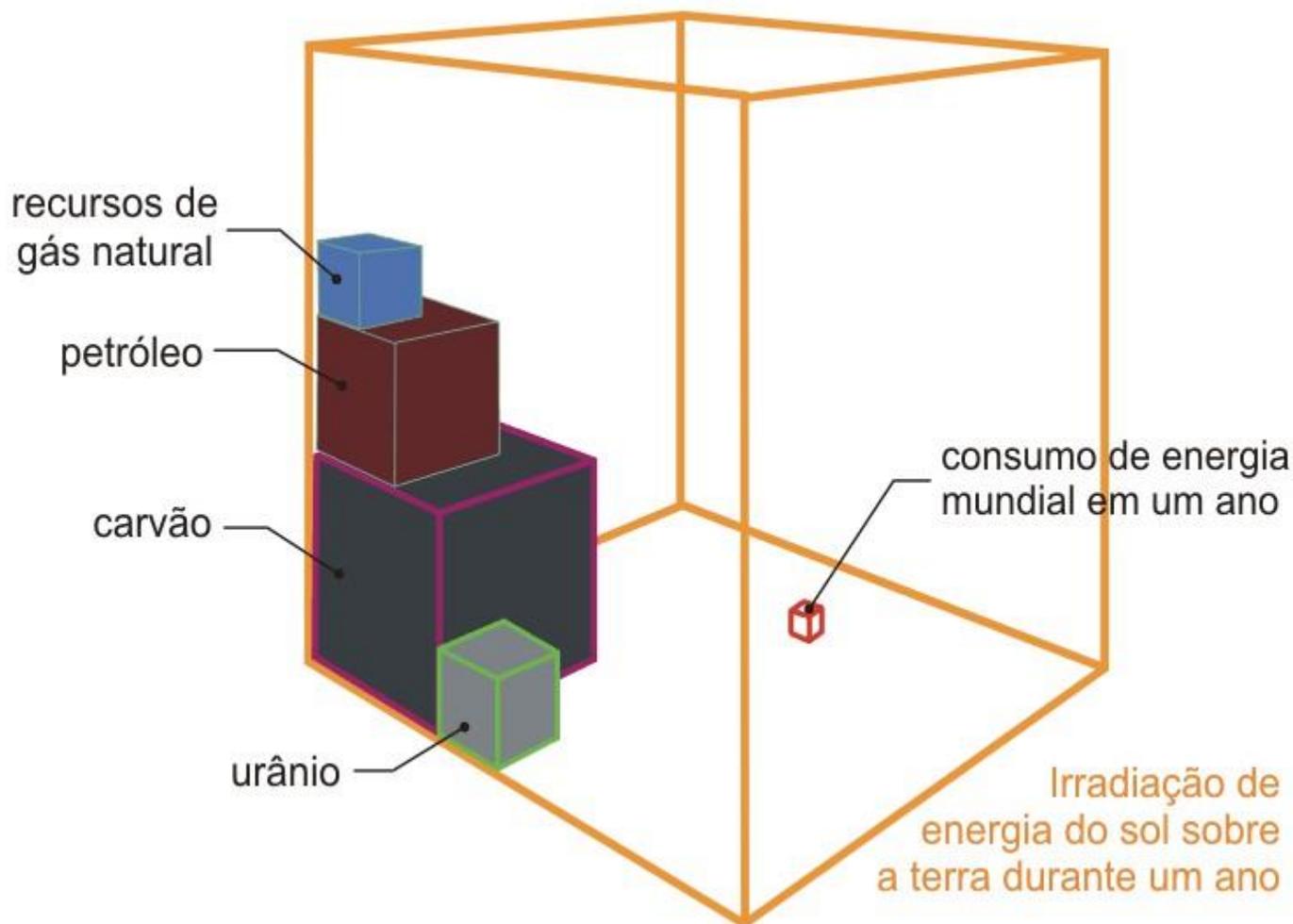
## Uso

Energia térmica

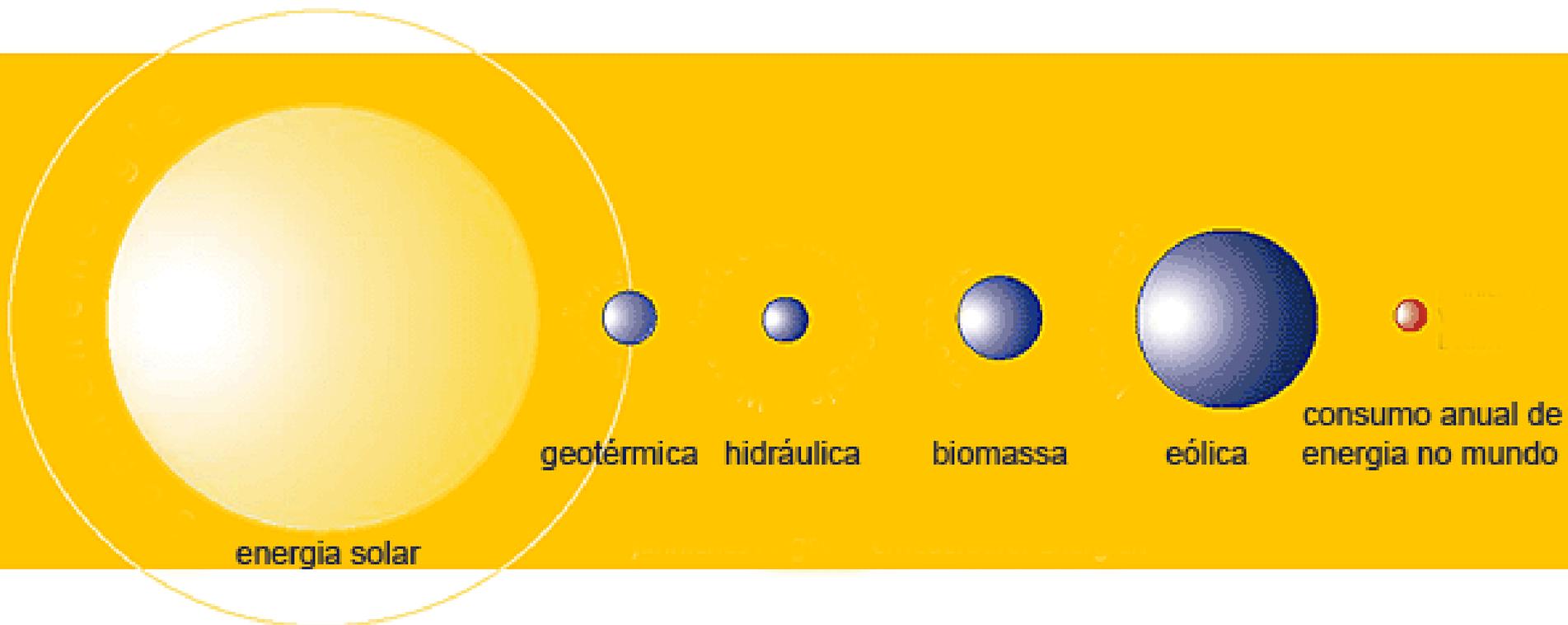
Energia química

Energia elétrica

## Recursos não-renováveis em comparação com irradiação solar



## Comparação dos recursos renováveis



## Quadro energético da humanidade

### Critérios de Sustentabilidade

#### Custo

- Baixo custo de energia
- Sem subsídios permanentes

#### Segurança

- Fornecimento diversificado e redundante
- Geração despachável
- Baseado em recursos não esgotáveis
- Tecnologia disponível ou alcançável

#### Compatibilidade

- Poluição baixa ou nula
- Proteção climática
- Baixo risco de saúde ou ambiental
- Acesso independente aos recursos

### Portfólio atual

Carvão, Lihito  
Petróleo, Gás  
Combustível Nuclear

recursos  
energéticos  
estocados

Helio- & Solartermia  
Geotermia  
Biomassa  
Hidrelétrica

energias  
armazenáveis

Energia Eólica  
Fotovoltaica  
Correntes Marinhas / Marés

energias  
intermitentes





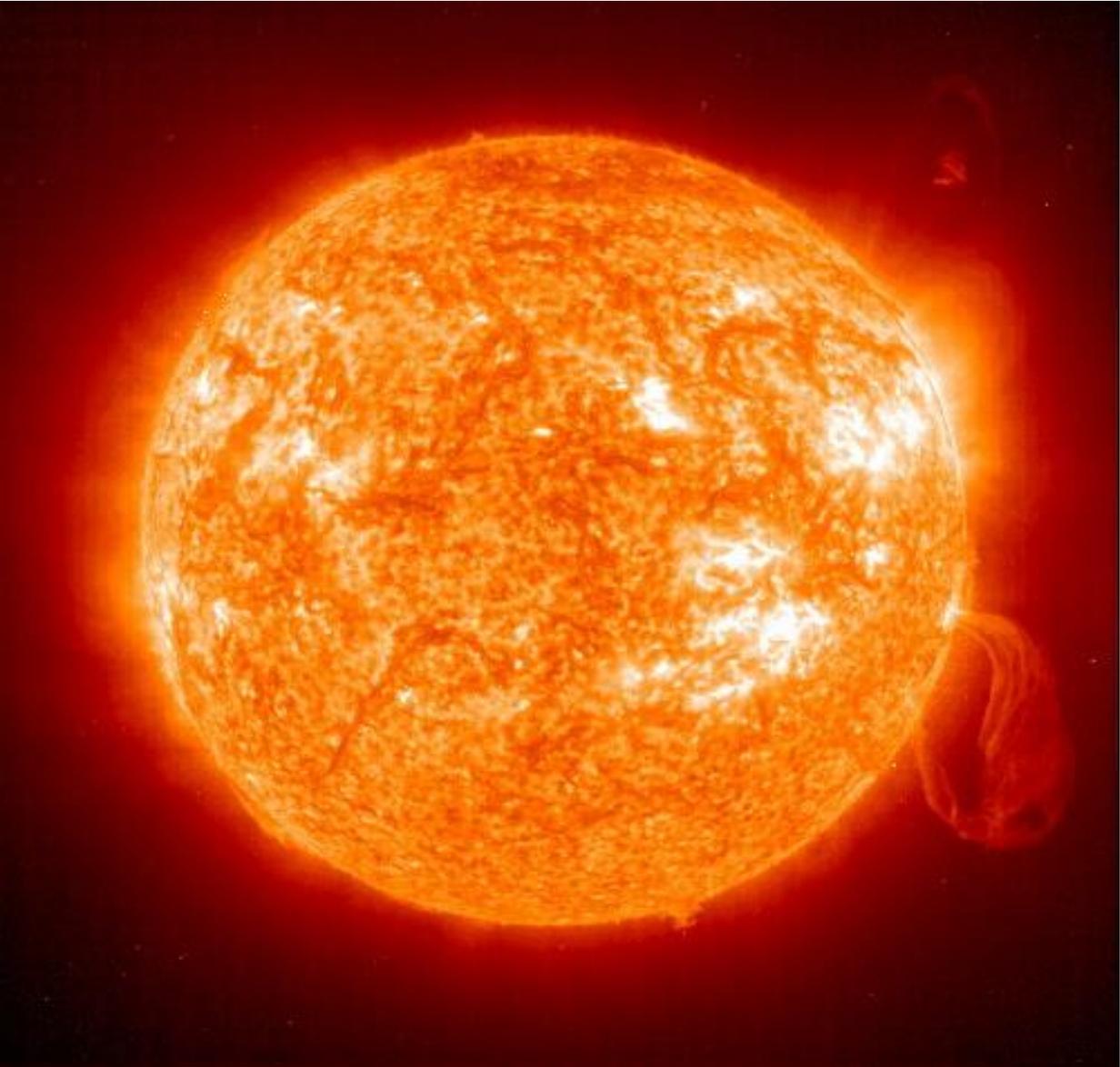
DKTI-CSP

Fontes de Energia

**Energia Heliotérmica**

Estado da Arte

Oportunidades



## Fusão Nuclear Solar

$H (650 \cdot 10^6 \text{ t/s}) \rightarrow He (646 \cdot 10^6 \text{ t/s})$

$\Delta m = 4 \cdot 10^6 \text{ t/s}$

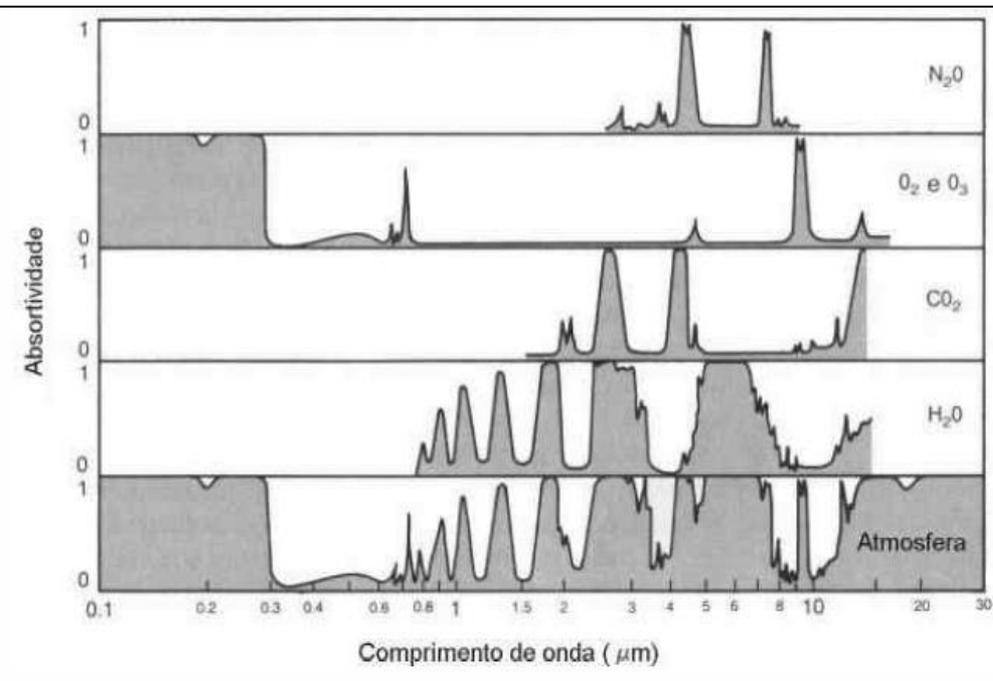
*O Sol perde 0,03% da sua massa em  $5 \cdot 10^9$  anos*

$E = mc^2 \rightarrow 3,7 \cdot 10^{26} \text{ J/s} = 3,7 \cdot 10^{20} \text{ MW}$

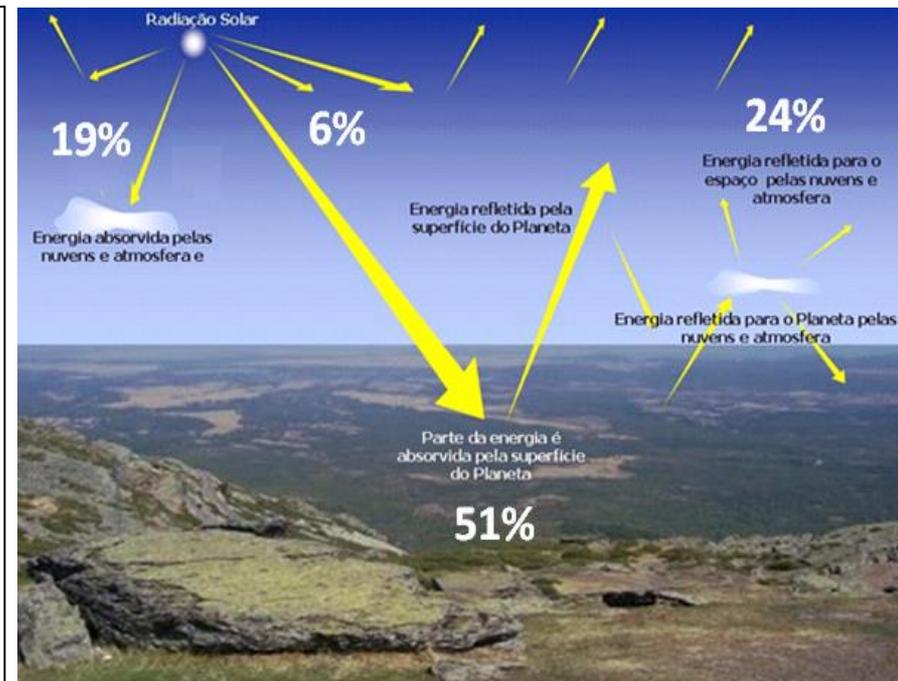
$T_{\text{superfície}} = 5.785 \text{ K}$

## Absorção de Energia pela Atmosfera

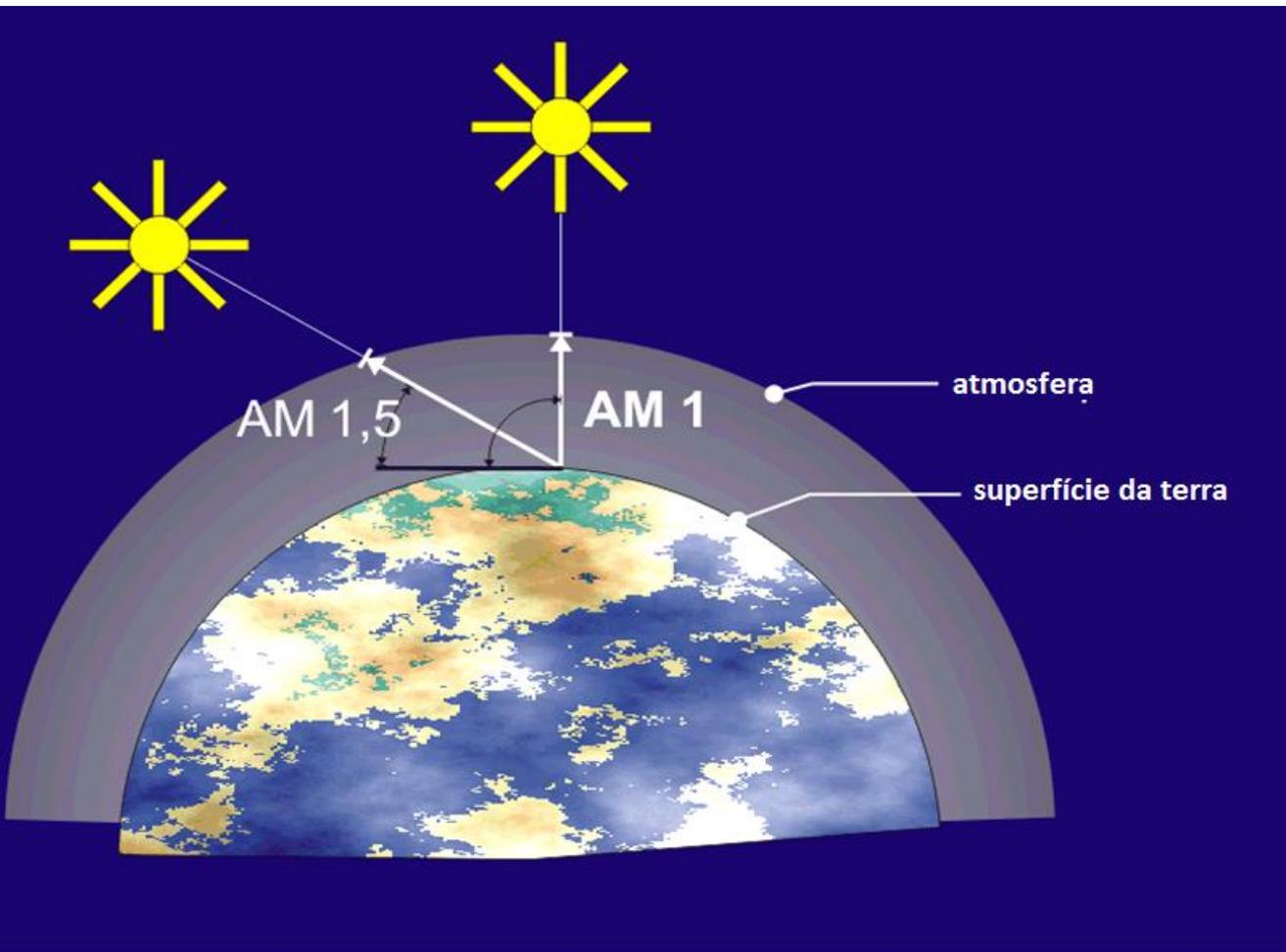
### Absorção de gases na atmosfera



### Efeitos na Atmosfera



## O parâmetro “Air Mass”

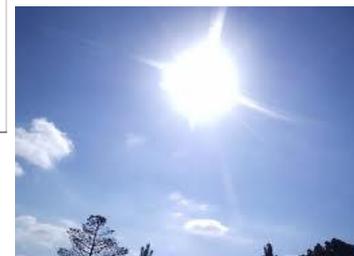
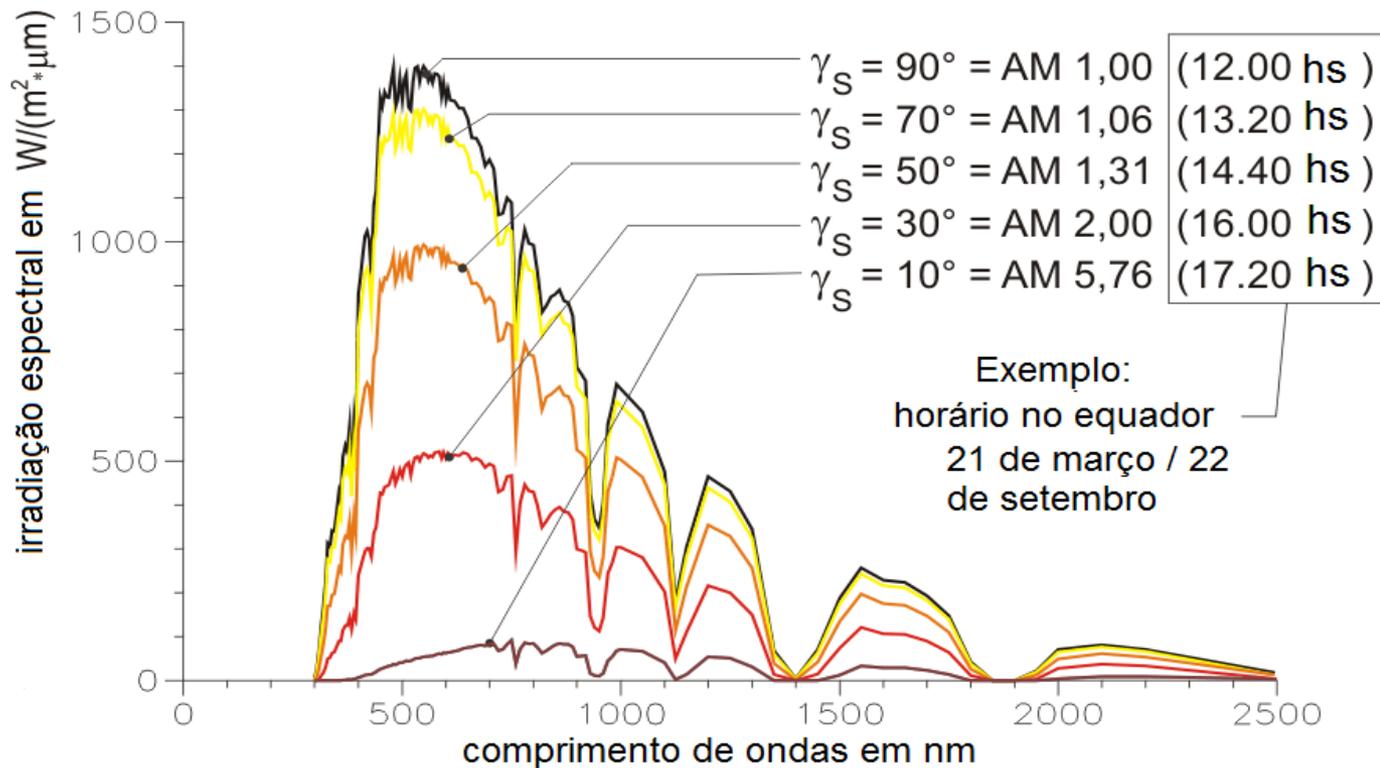


Air Mass

$$AM = 1 / \text{seno}(\gamma)$$

$\gamma$  = ângulo de incidência solar

## Irradiação solar espectral ao longo do dia

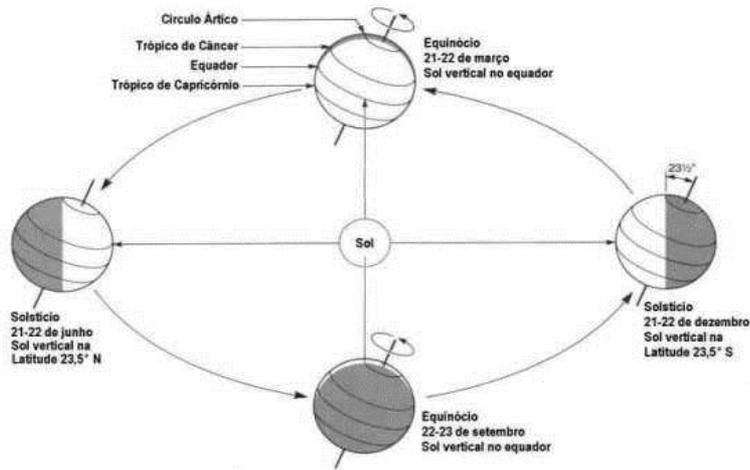


$\lambda$ (nm)	200-390	390-450	450-490	490-580	580-600	600-620	620-760	> 760
Cor do espectro	UV	violeta	azul	verde	amarelo	laranja	vermelho	IV

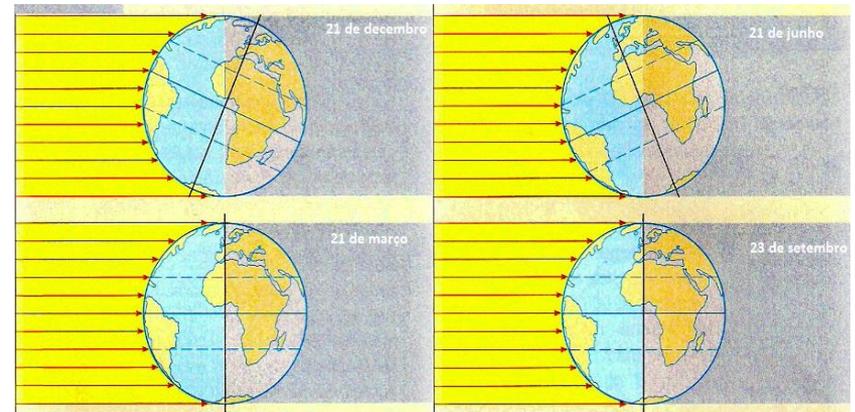
Geração de  
eletricidade a partir  
da fonte solar



## Distância entre Terra e Sol e Ângulo de Incidência



Rotação terrestre ao redor do Sol



Mudanças da irradiação solar na superfície da Terra

A energia depende do ângulo de incidência solar

$$E_R = E * A_0 * \text{seno}(\gamma)$$

$E_R$  = Energia recebida [W];

$E$  = Energia solar chegando no lugar [ $W/m^2$ ];

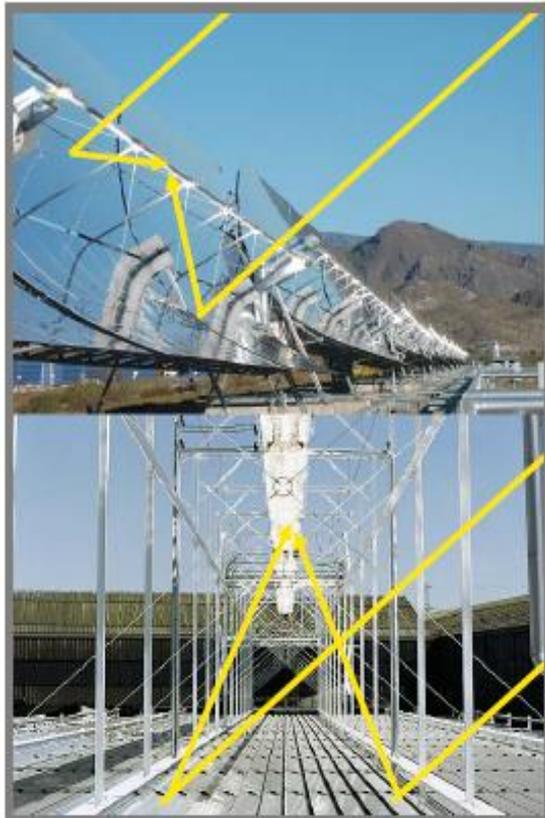
$A_0$  = Área de incidência deitada na superfície da terra [ $m^2$ ];

$\text{seno}(\gamma)$  = Função seno para o ângulo de incidência considerado.

## Tecnologias de Concentração



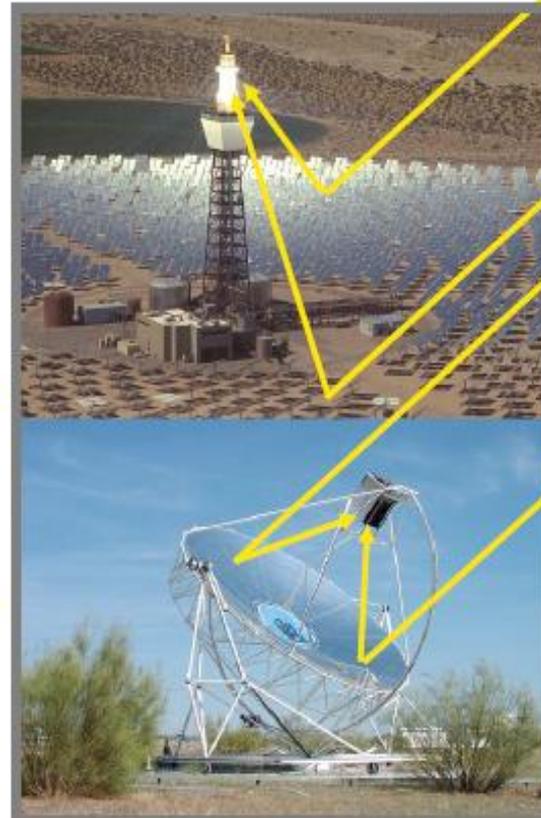
Calhas Cilindro-Parabólicas



Até 550°C; Turbinas a Vapor

Linear Fresnel

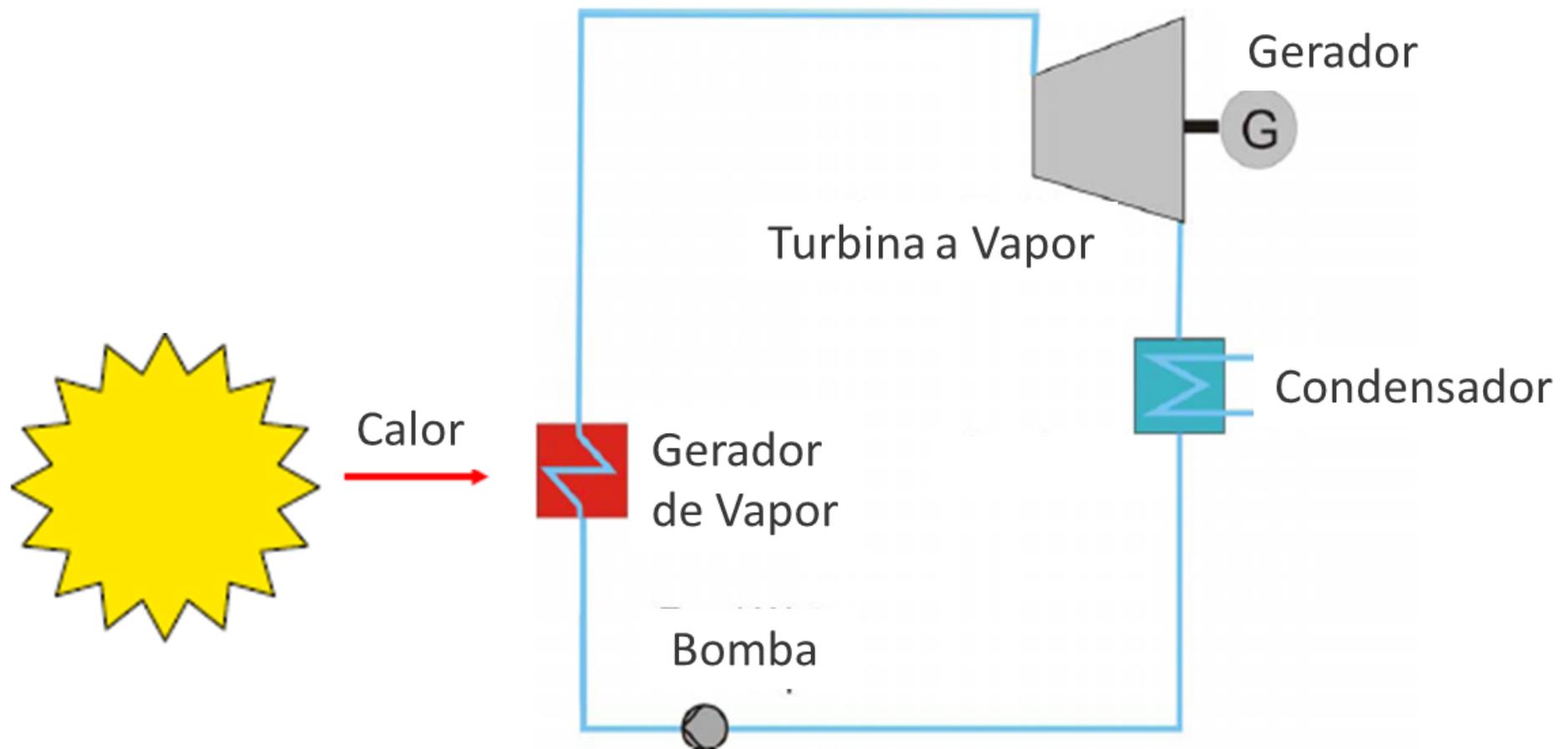
Torre Central



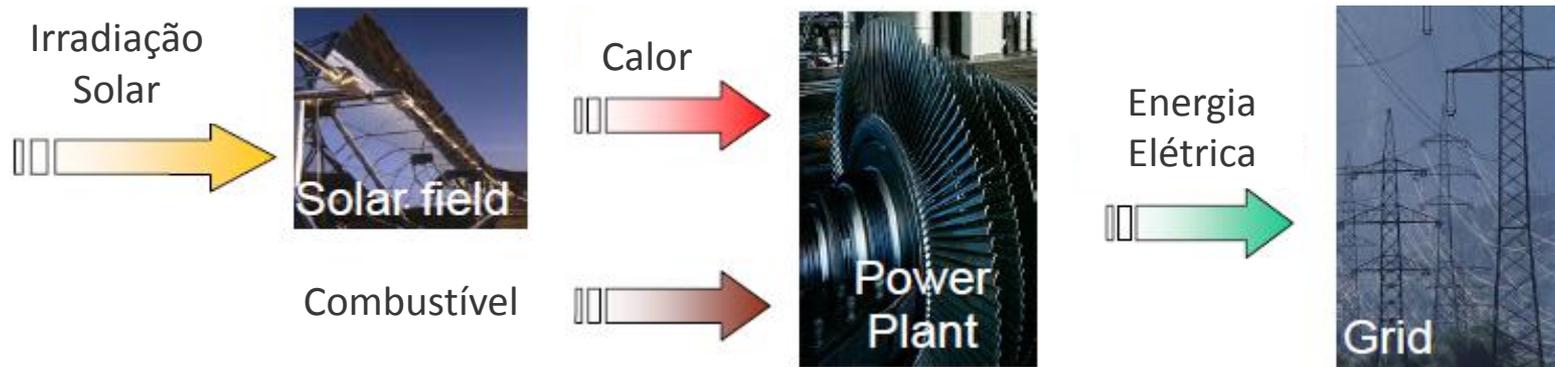
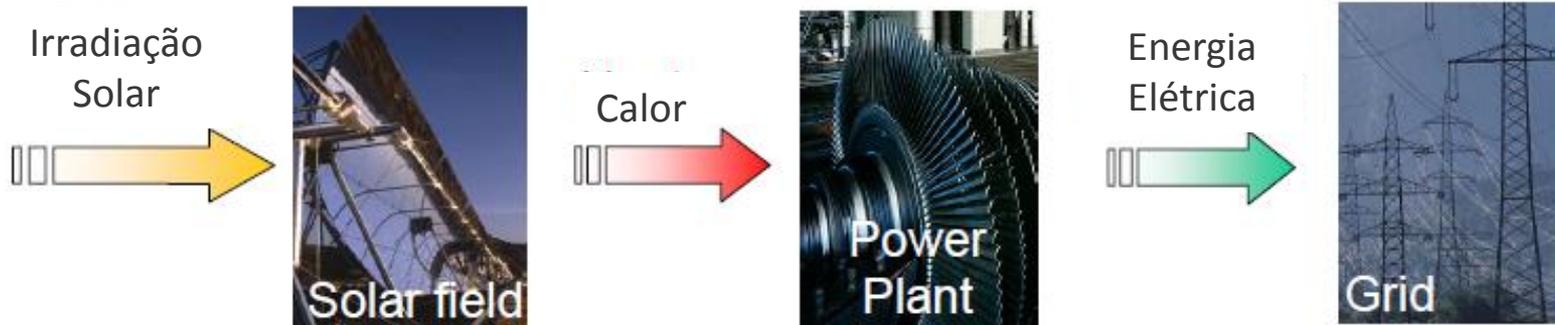
500°C a 1000°C;  
Turbinas a Vapor, Turbinas a Gás,  
Motores Stirling

Disco Parabólico

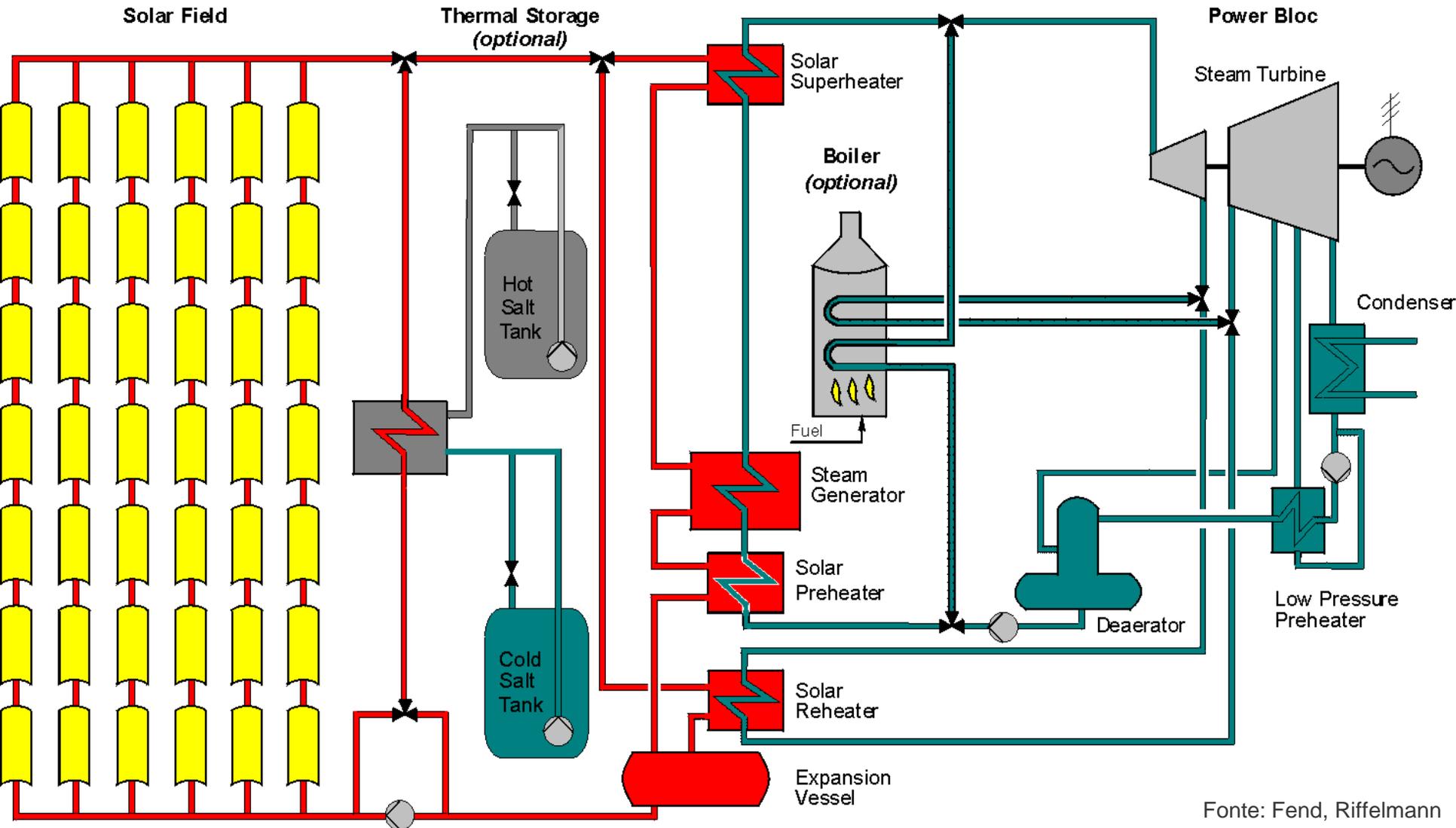
## Ciclo Heliotérmico



## Opções Heliotérmicas



# Esquema de uma Usina Heliotérmica





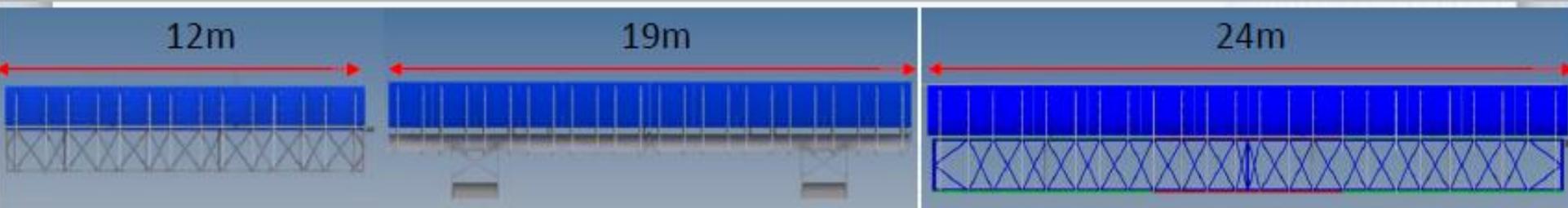
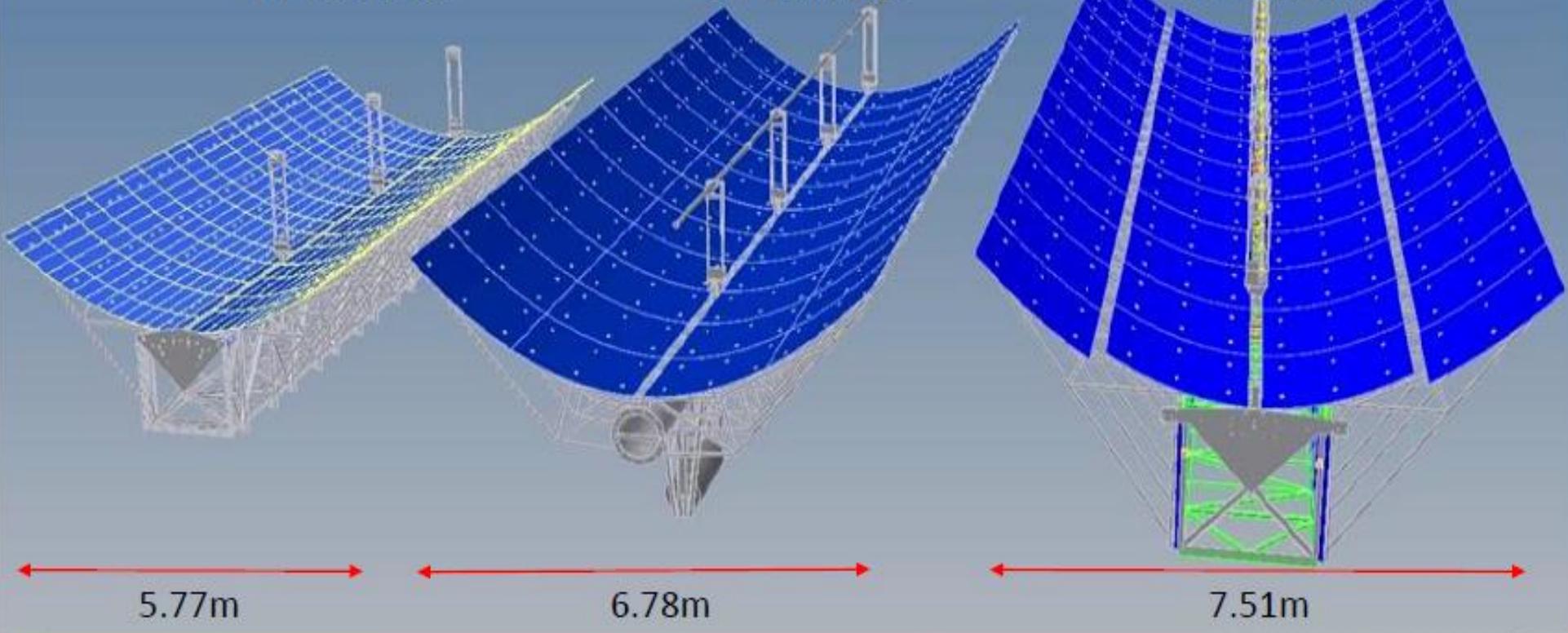
- DKTI-CSP
- Fontes de Energia
- Energia Heliotérmica
- Estado da Arte**
- Oportunidades

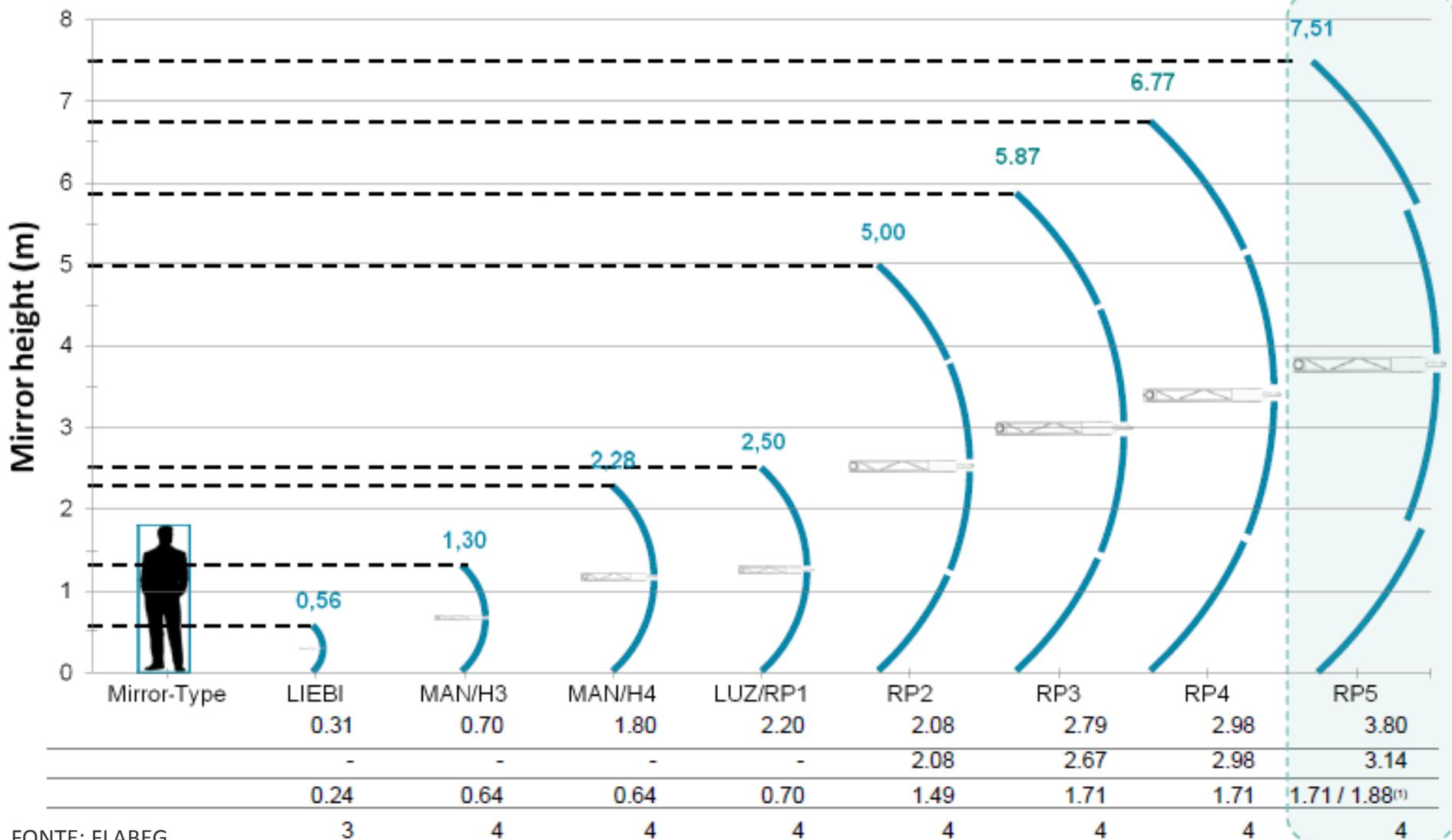


ET-Collector

HT-Collector

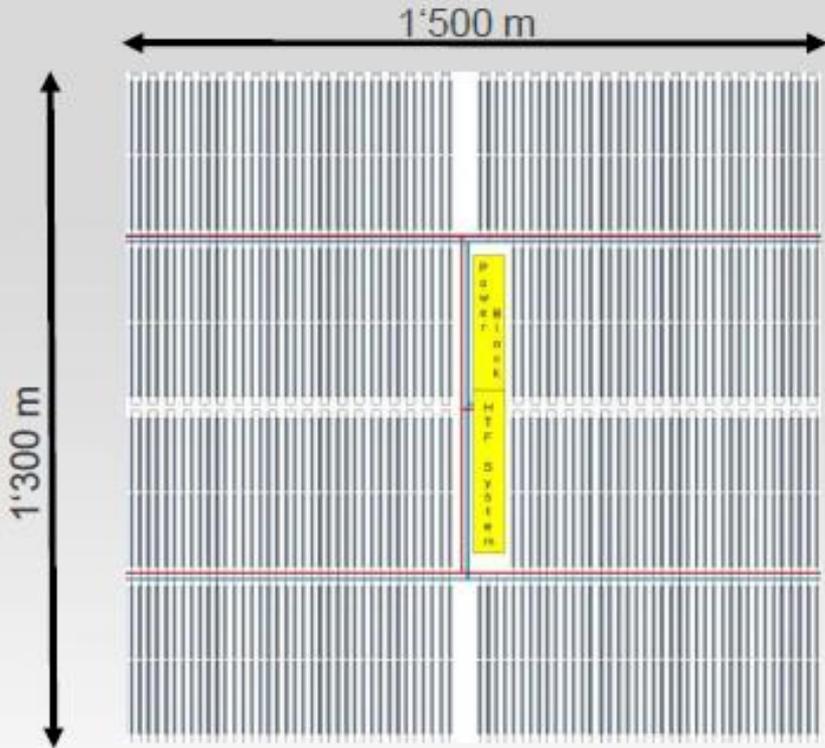
UT-Collector



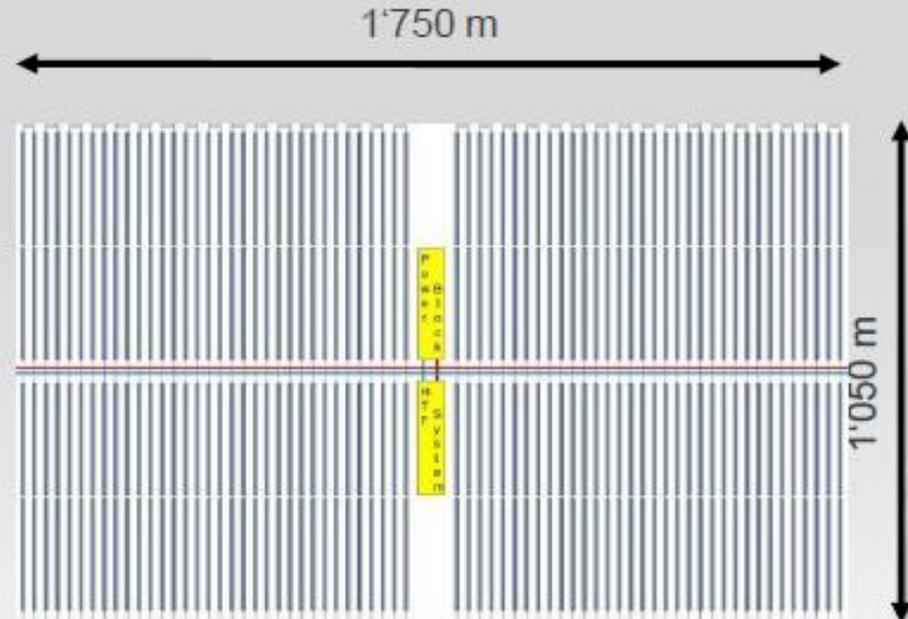




**Eurotrough, 497'040 m<sup>2</sup>**



**Ultimate Trough®, 459'363 m<sup>2</sup>**

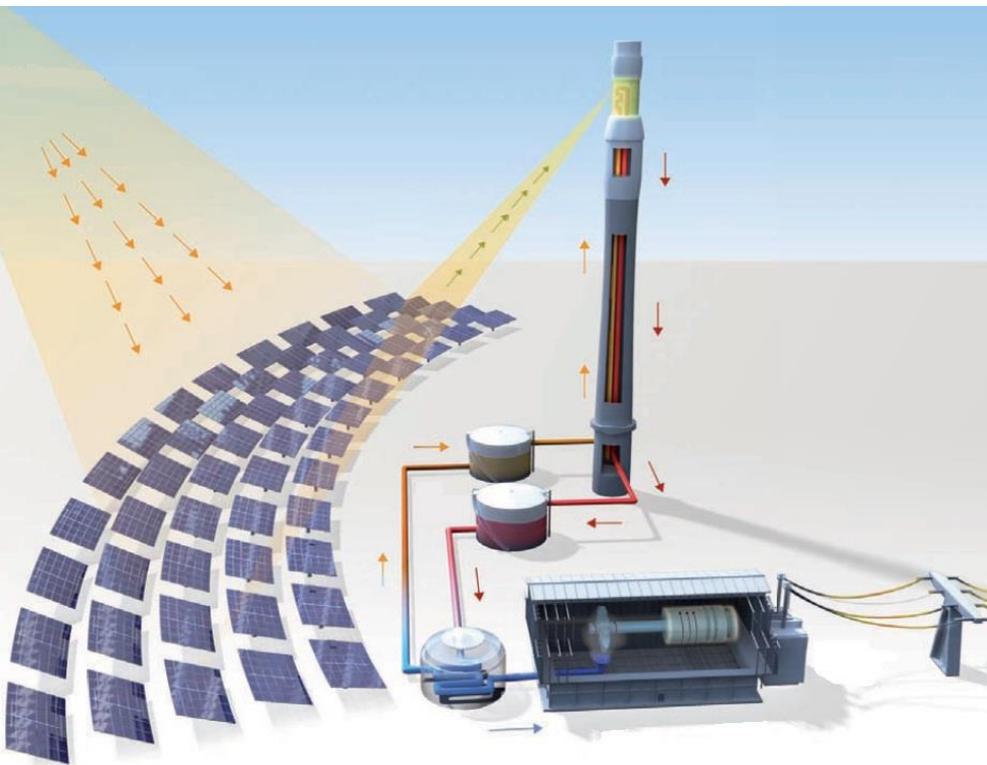


Header piping		ET	UT	Ratio
north-south	m	1'678	n/a	
east-west	m	6'840	3'757	55%
	total m	8'518	3'757	44%
HTF Volume	m <sup>3</sup>	1'813	1'353	75%

- Significant cost reduction due to
- Less piping (material, installation, insulation)
  - Less heat transfer fluid

## Torre central

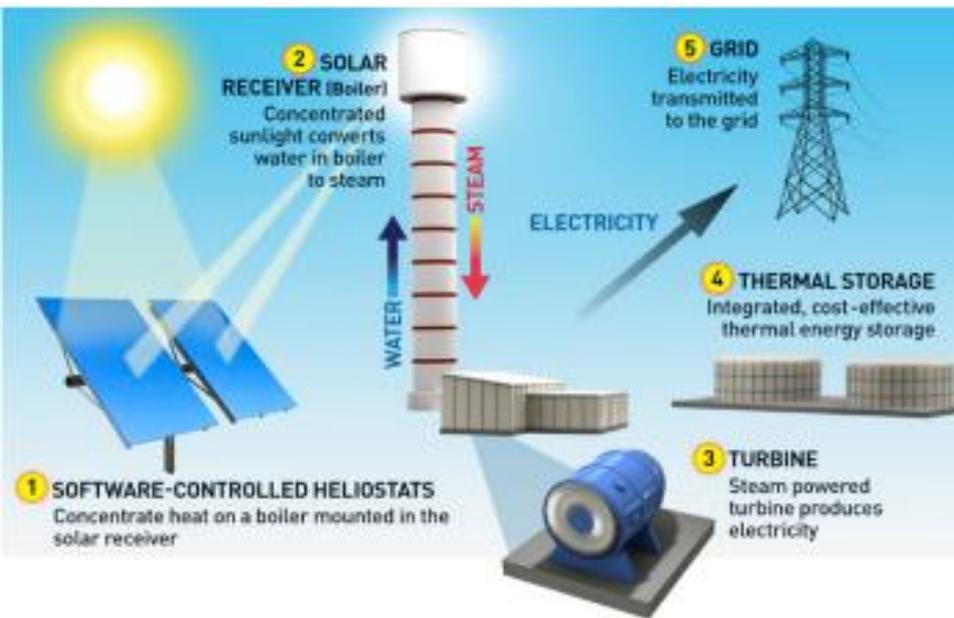
Receptor tubular com sal fundido



Torre Solar, Gemasolar - Espanha

## Torre central

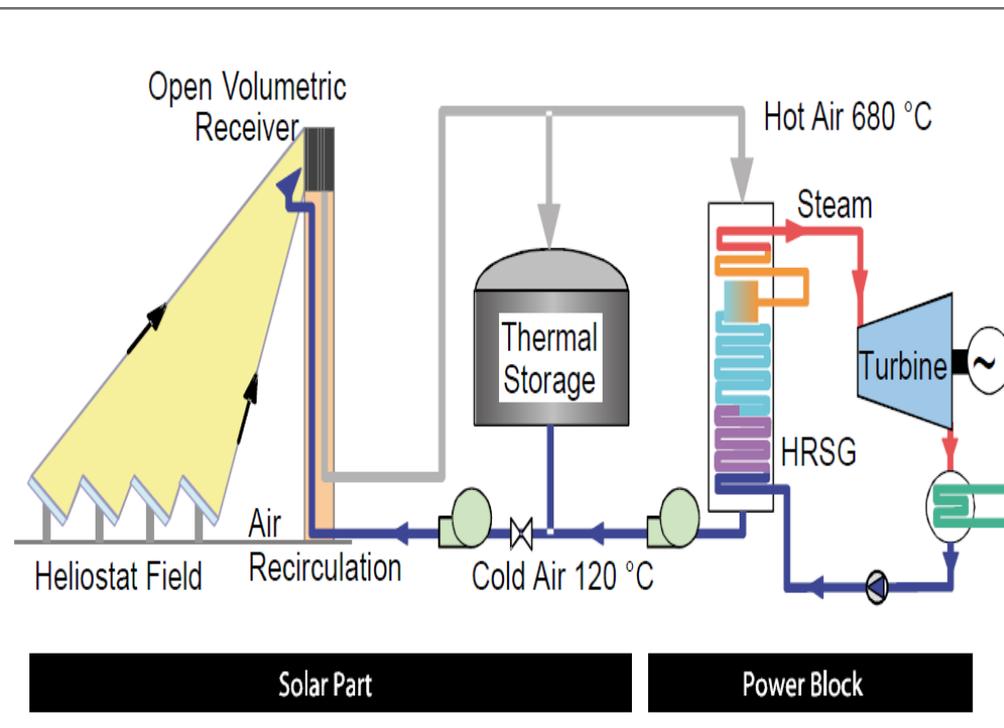
### Receptor tubular com Evaporação Direta



Torre Solar, Ivanpah - Estados Unidos

## Torre central

### Receptor volumétrico com ar

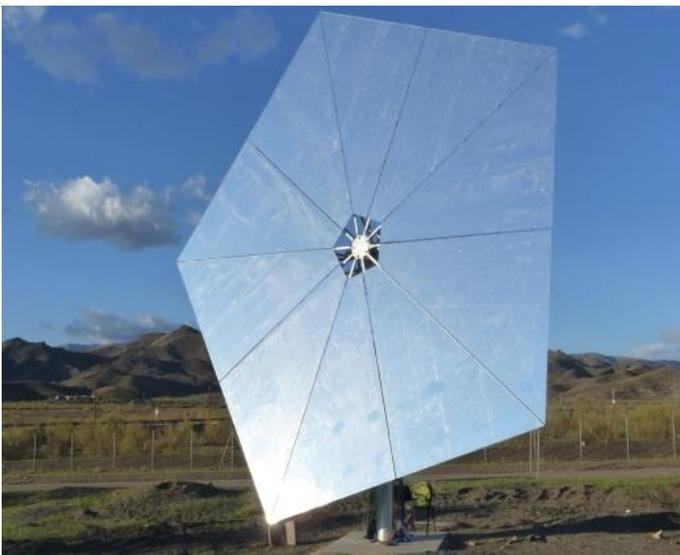


Torre Solar, Jülich - Alemanha

## Heliostatos

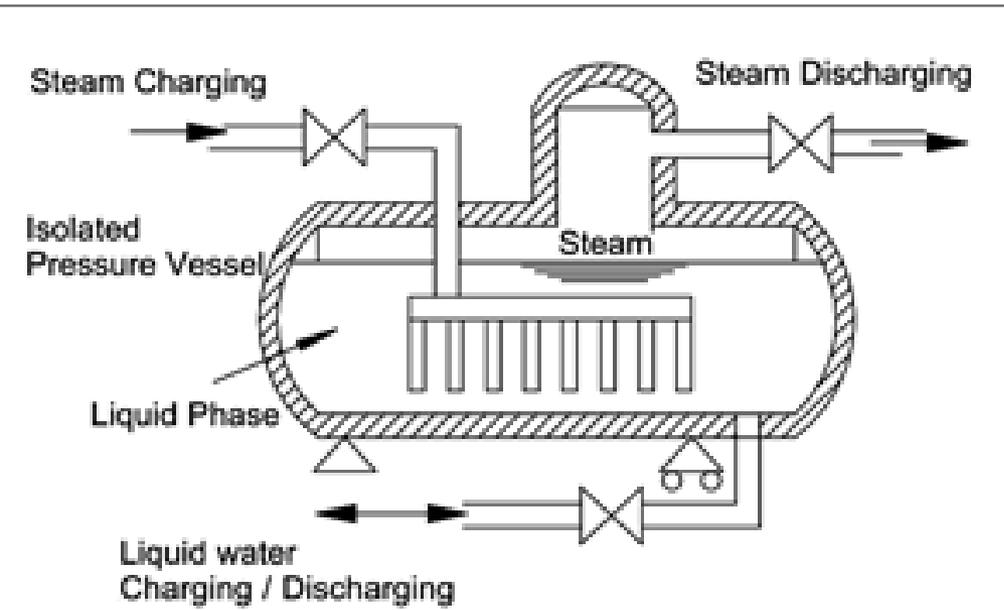
Pequenas  
Dimensões:  
[4 a 10 m<sup>2</sup>]

Dimensão  
Grande  
[100 a 150m<sup>2</sup>]

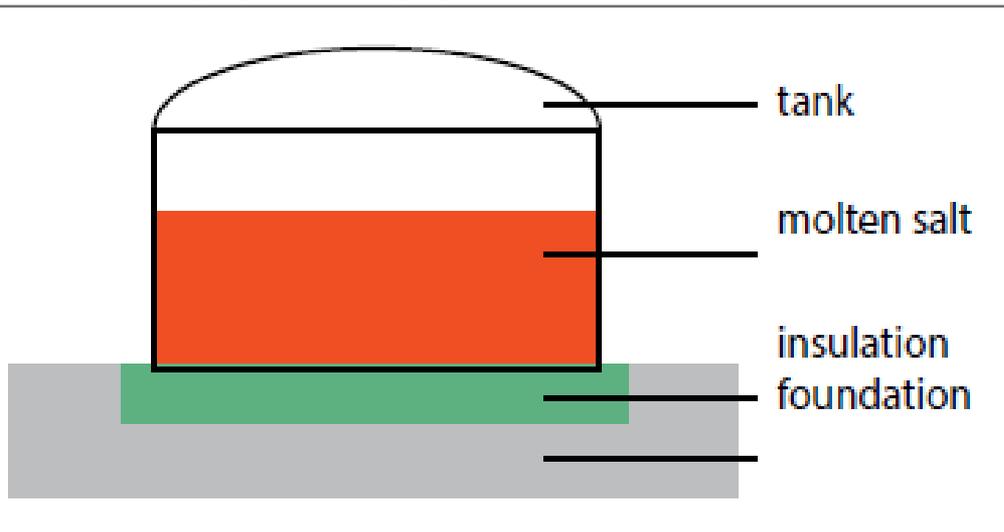


Formatos  
Inovadores  
SBP

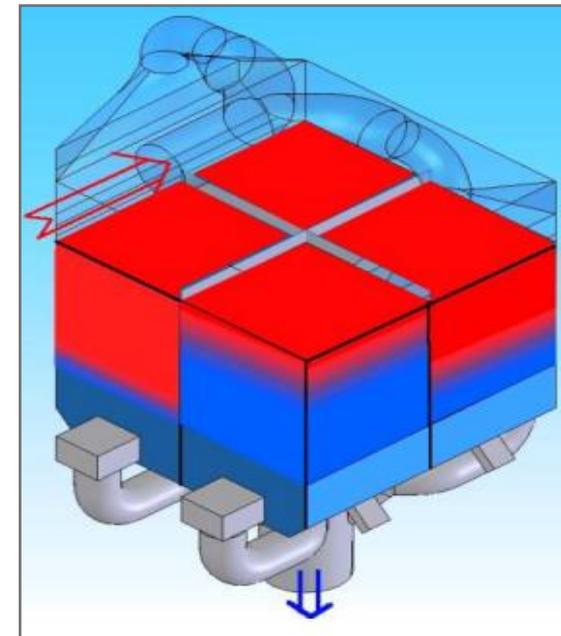
## Armazenamento térmico



**Vapor**  
[0,5 a 1 h]



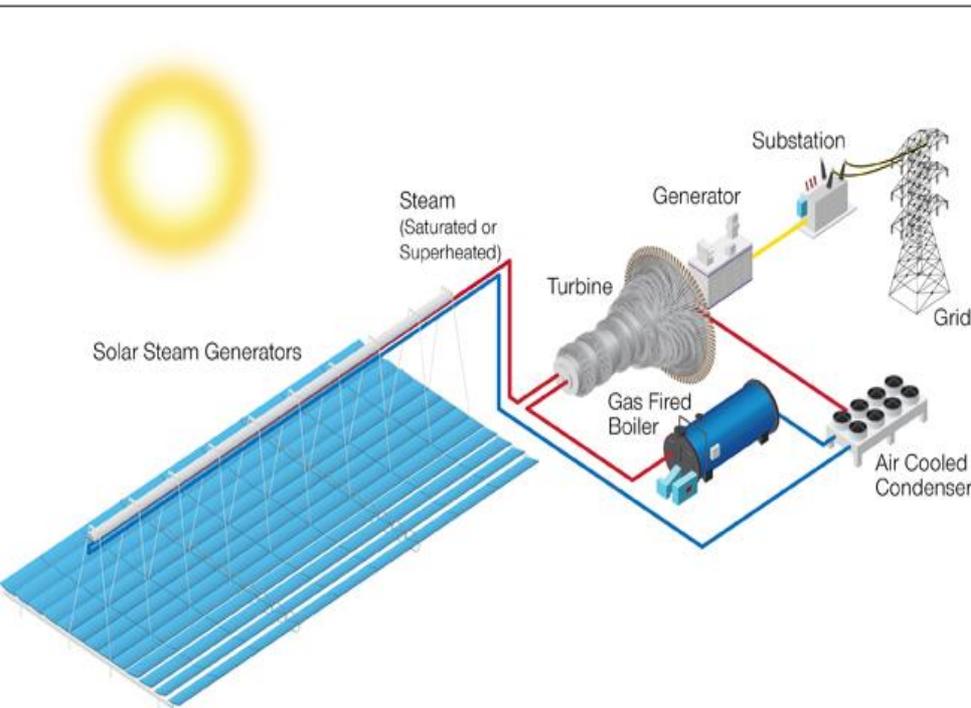
**Sal fundido**  
[4 a 16 hs]



**Cerâmica**  
[1 a 4 hs]

## Aplicações não elétricas

### Aplicação elétrica



### Aplicação não elétrica



## Heliotermia

## Médio de transferência térmica

## Armazenamento de calor

## Processo Industrial

Calha Cilindro Parabólica

Água quente

Vapor saturado

Evaporação

Esterilização

Fundição

Calha Linear Fresnel

Óleo térmico

Óleo térmico

Desengraxamento

Cozinhar/ Fervura

Secagem

Torre Central

Vapor

Sal fundido

Pasteurização

Extração/Destilação

Disco Parabólica

Sal fundido

Blocos/Partículas cerâmicos

Refrigeração

Ar condicionado

Dessalinização

Ar quente

Cimento

Branqueamento

Reações bioquímicas

Ótica / Luz

Armazenamento termoquímico

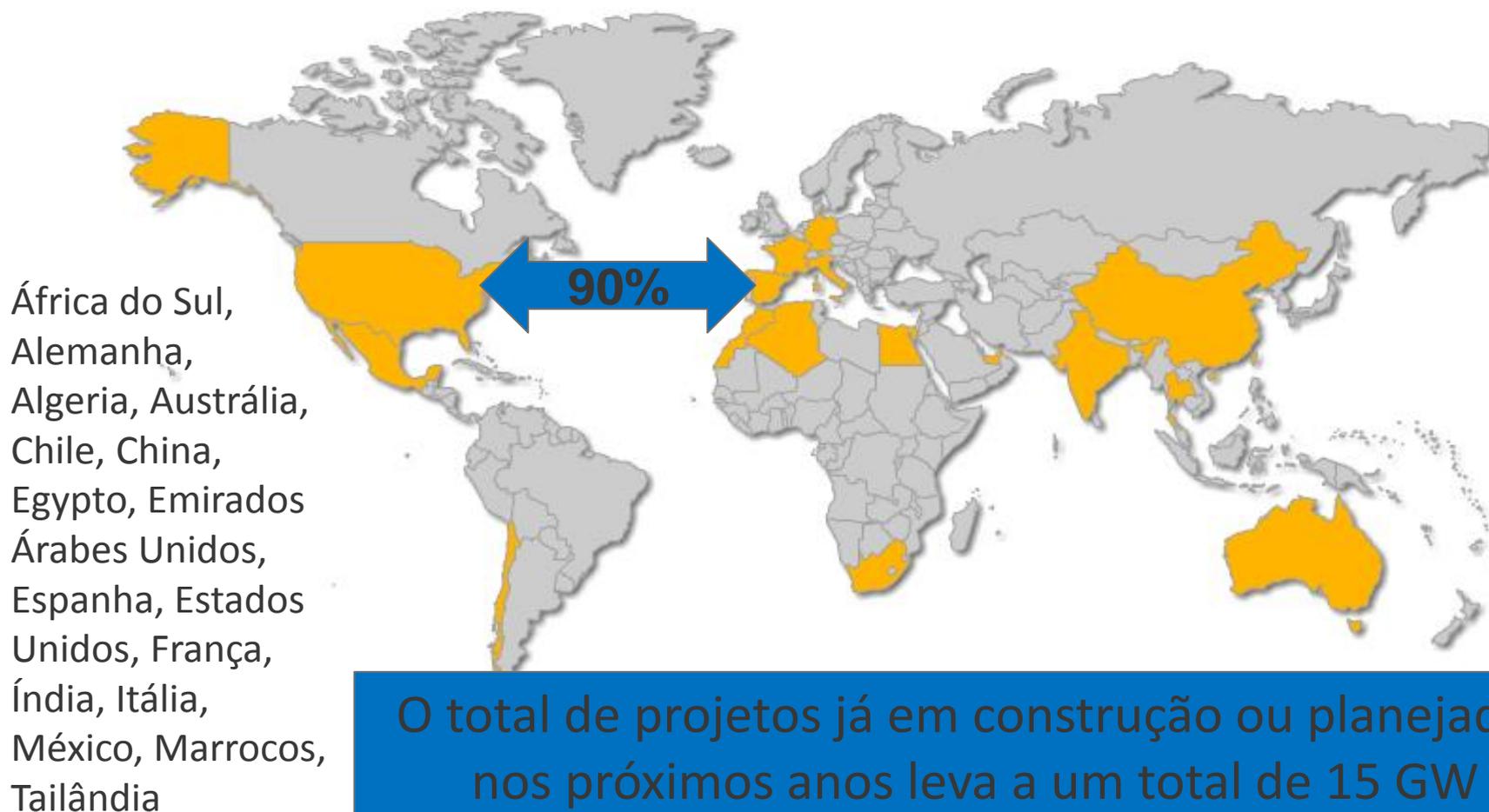
Tratam. de Superfície

Desintoxicação

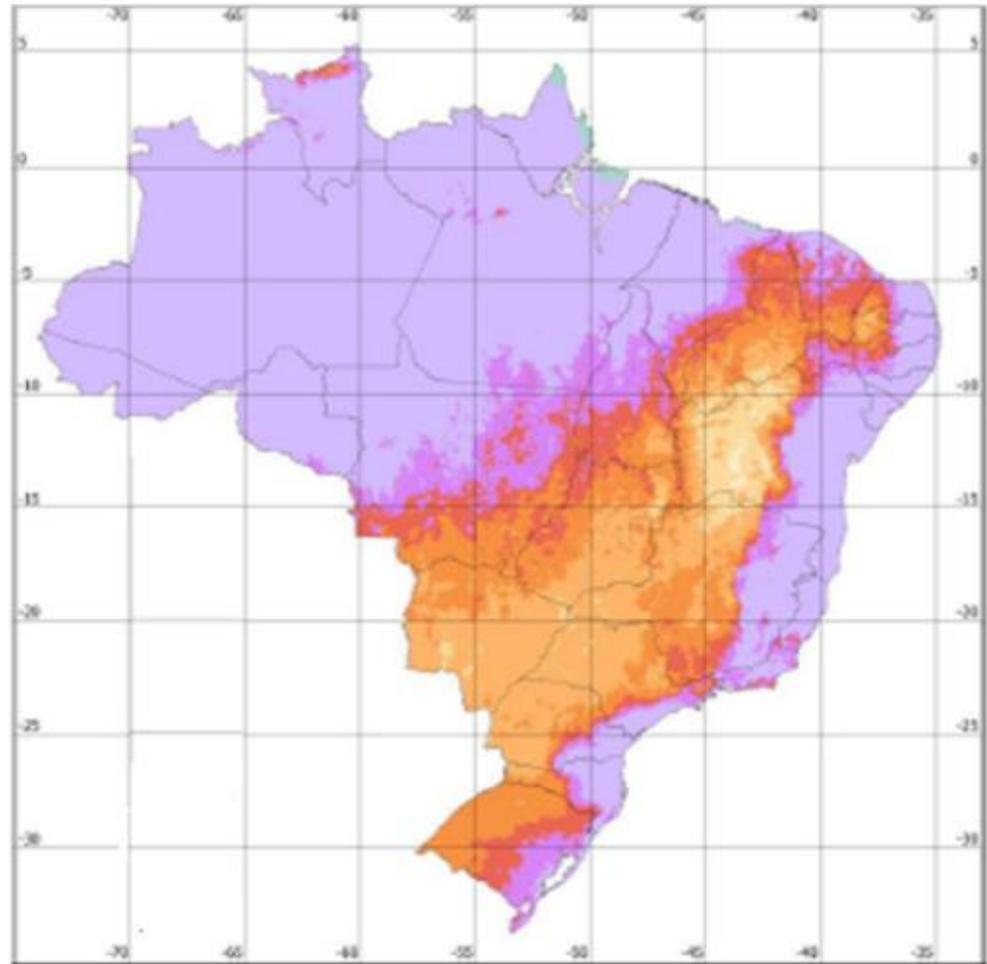


- DKTI-CSP
- Fontes de Energia
- Energia Heliotérmica
- Estado da Arte
- Oportunidades**

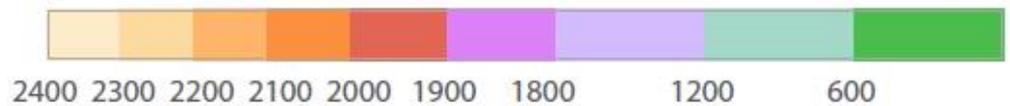
## Quadro Mundial da Energia Heliotérmica

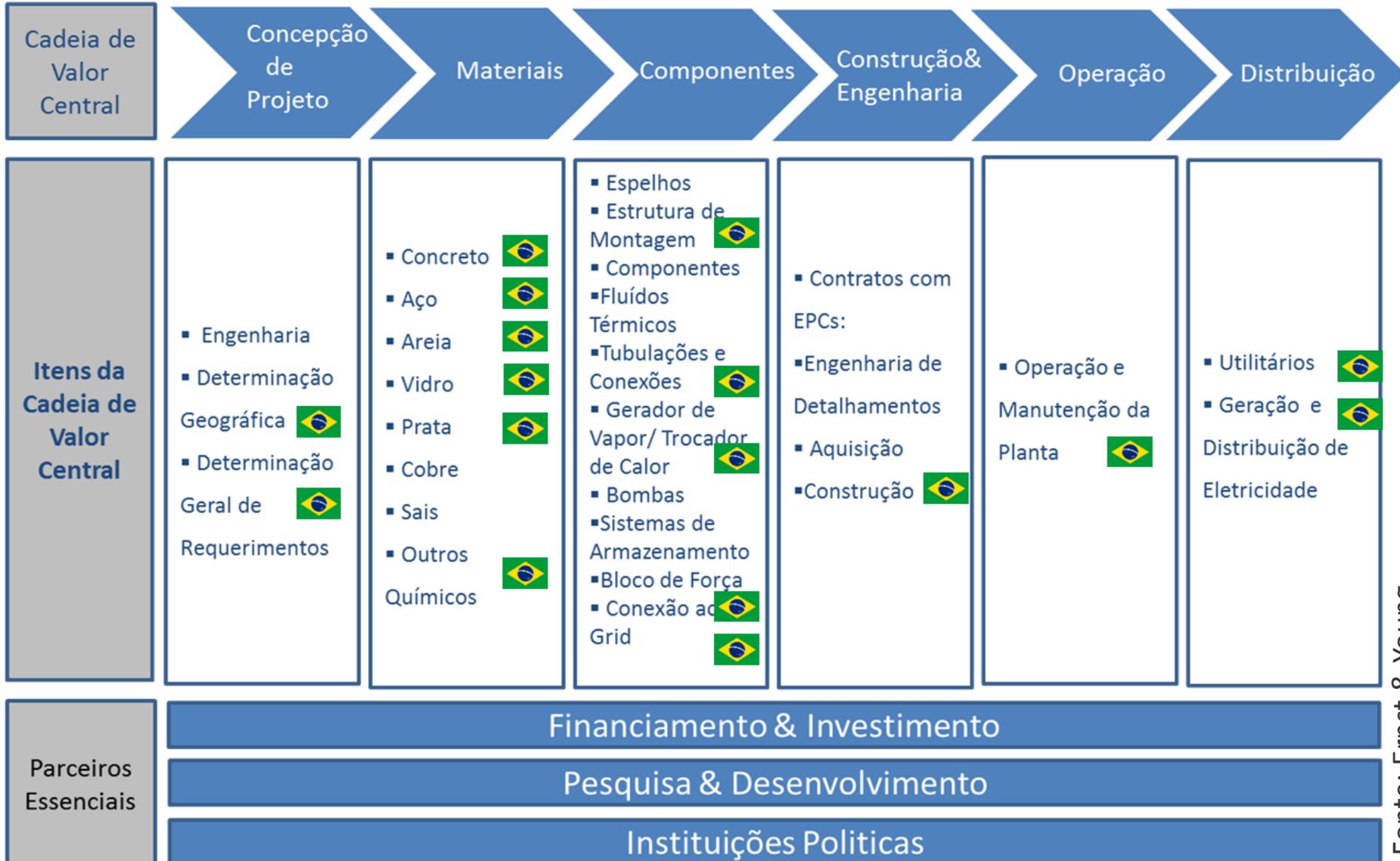


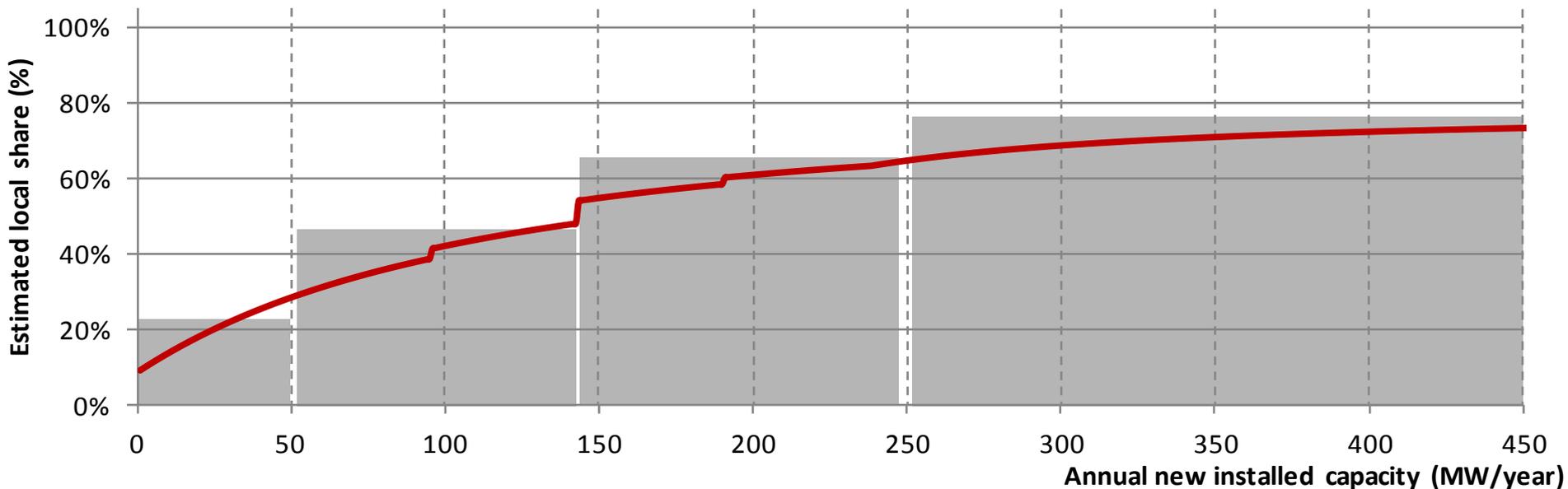
## Radiação Solar no Brasil



Legenda DNI (kWh/m<sup>2</sup>-ano)







- Fase I: Sem adaptações da indústria brasileira
- Fase II: Adaptações em processos de produção aumenta conteúdo nacional
- Fase III: Empresas locais e internacionais começam investir em novas fábricas
- Fase IV: Adaptação máxima da indústria brasileira > conteúdo nacional de ~70 %

## Plataforma Online de Energia Heliotérmica



Energia Heliotérmica | Lucrativa - Segura - Limpa - Mozilla Firefox

energiaheliotermica.gov.br

Pesquisar

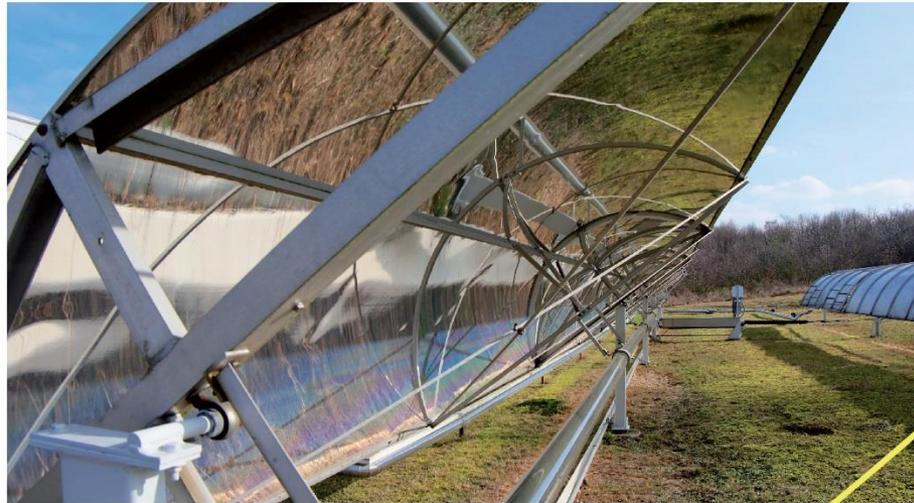
Início Energia Heliotérmica Vantagens Fatos Glossário Notícias

**Energia solar à noite**

A energia heliotérmica é a única forma de energia solar que gera energia durante a noite.

Leia mais sobre essa tecnologia

CONTATO MAPA DO SITE TERMOS DE USO



**Muito obrigado pela atenção!**

**Torsten Schwab**

**Diretor**

**GIZ – Energias Renováveis e Eficiência Energética**

**Email: [torsten.schwab@giz.de](mailto:torsten.schwab@giz.de)**



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**

