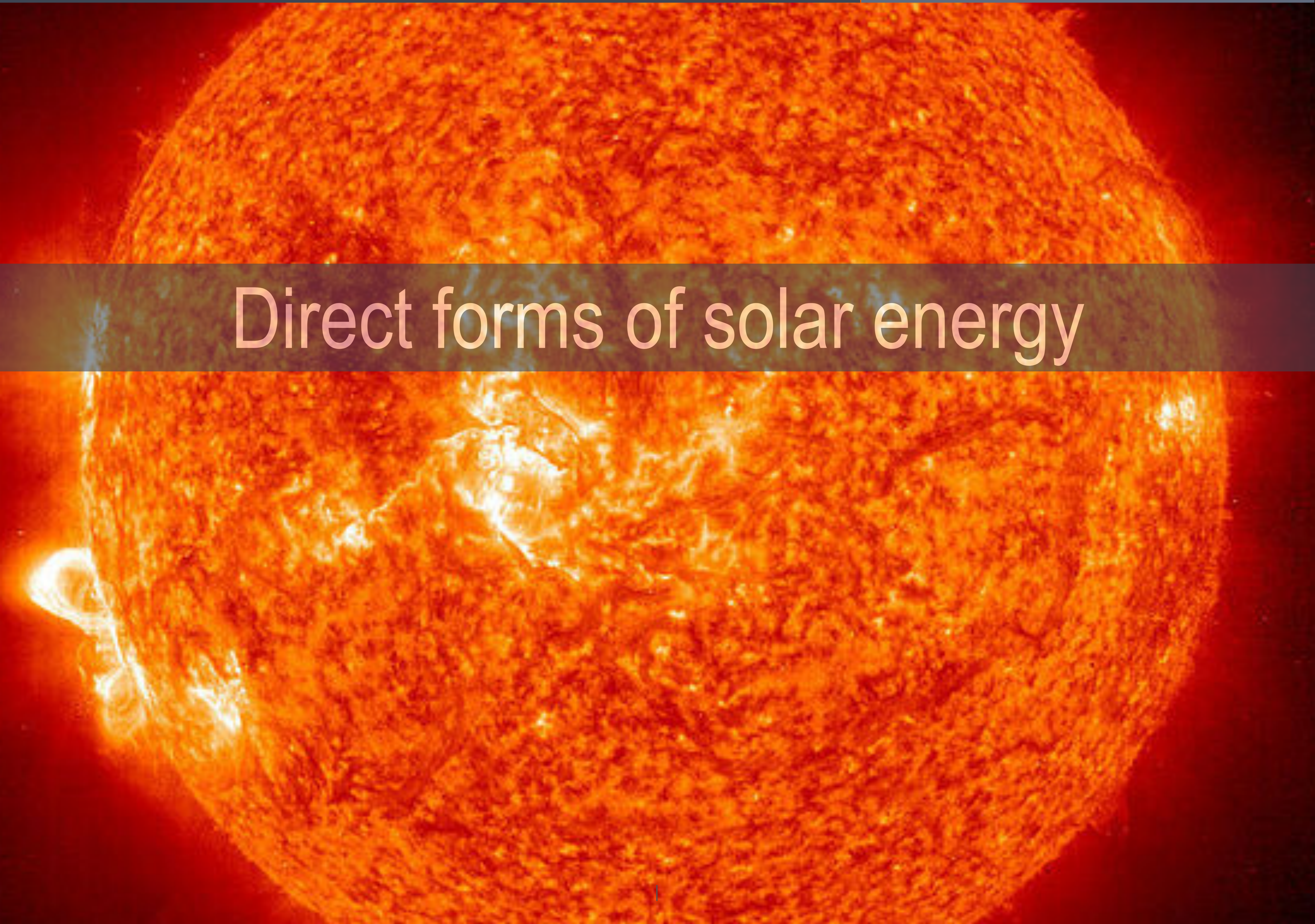
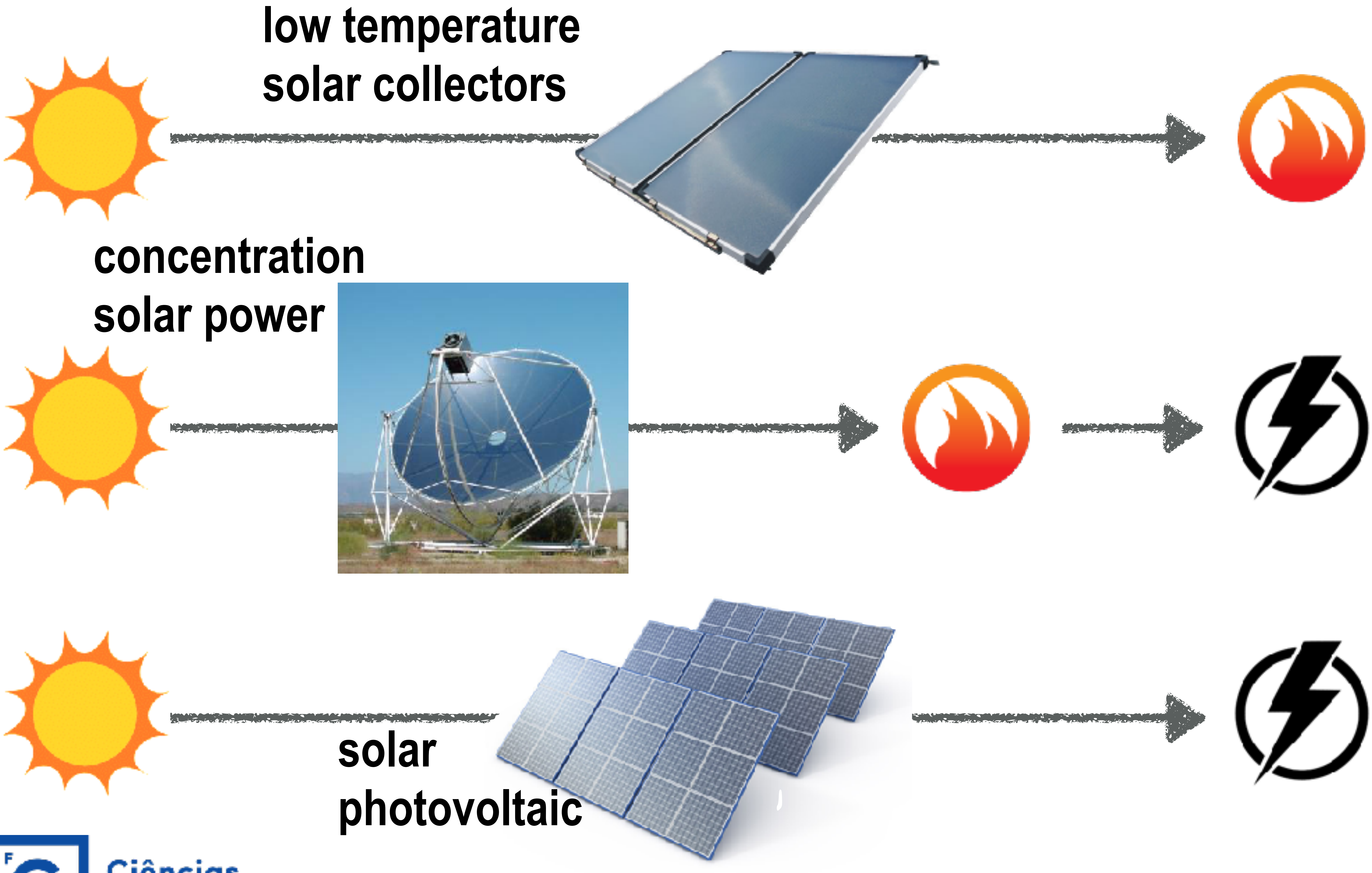
Direct forms of solar energy



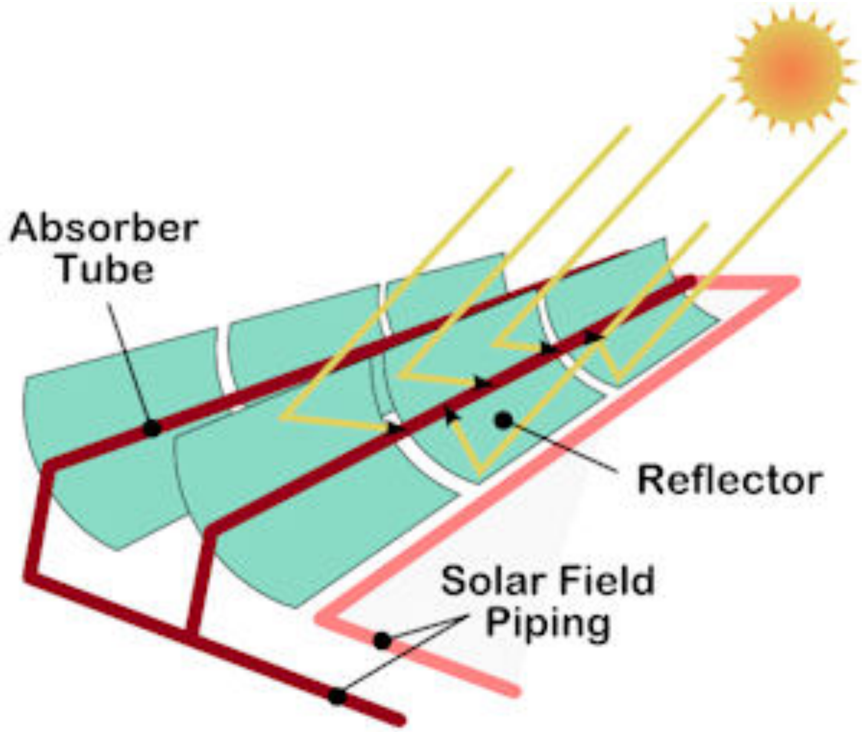


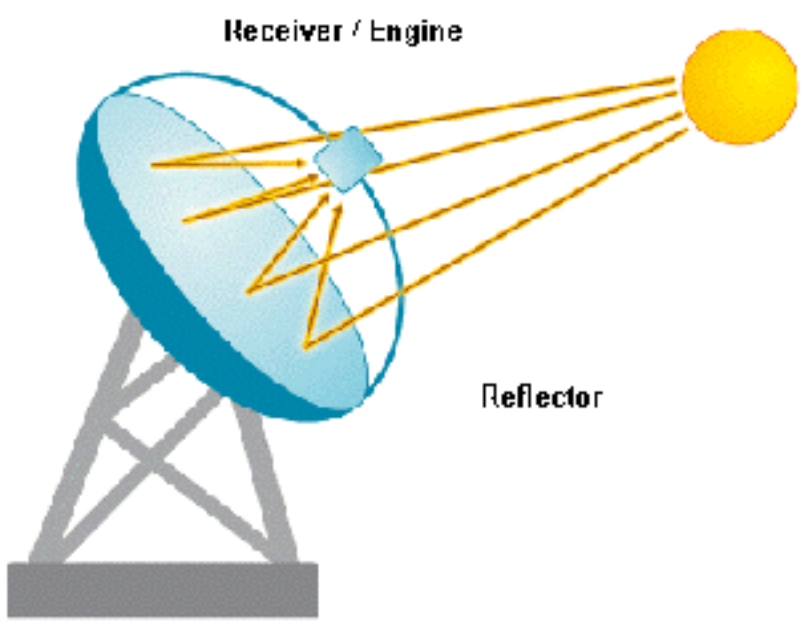
Ciências
ULisboa

Concentration solar power

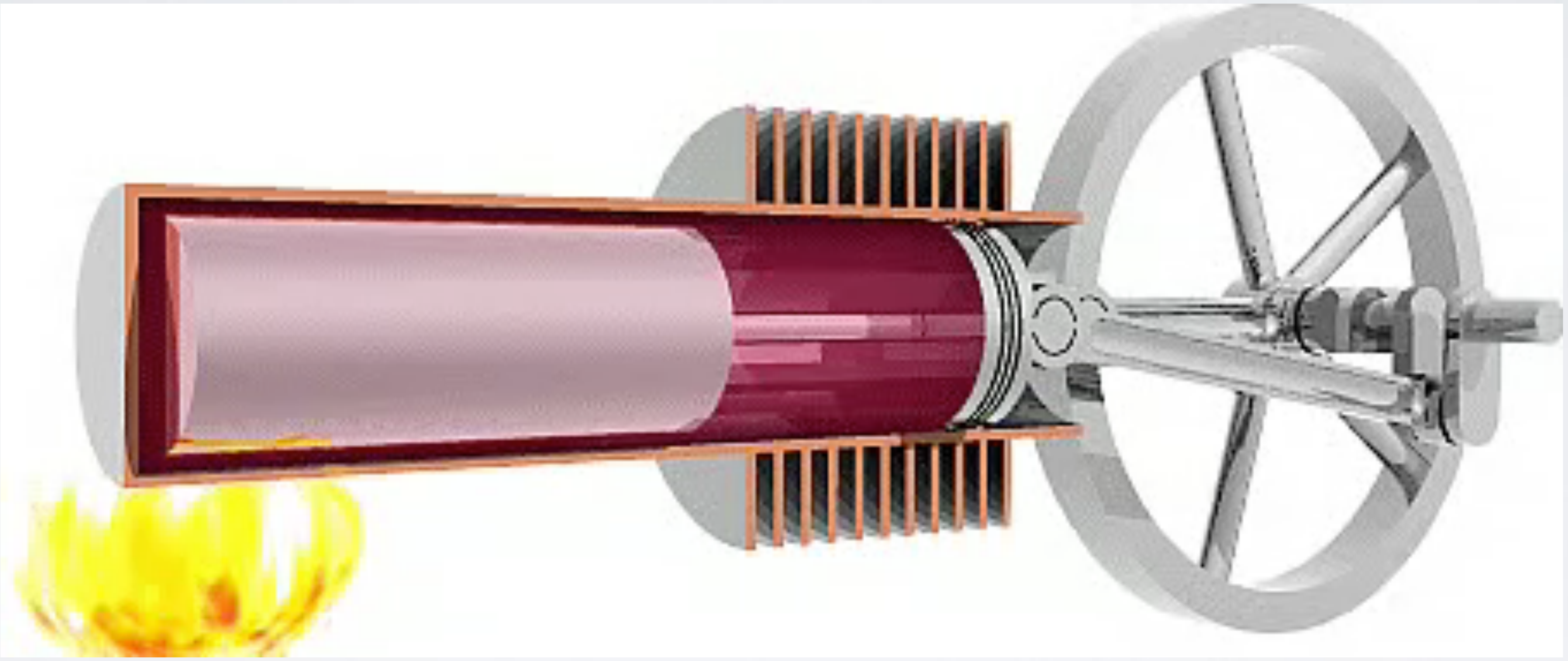
solar concentration

solar



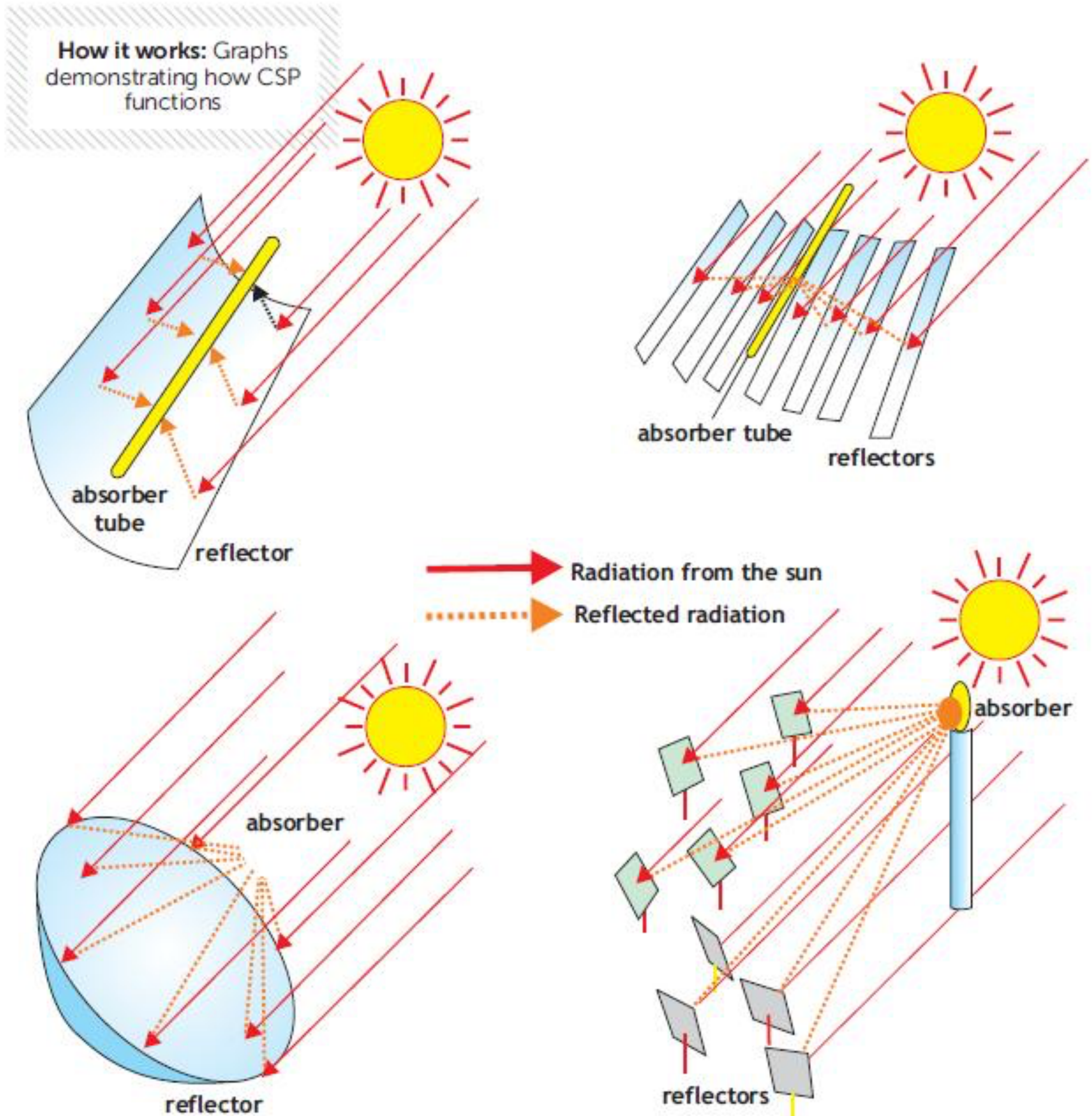


Ciências ULisboa

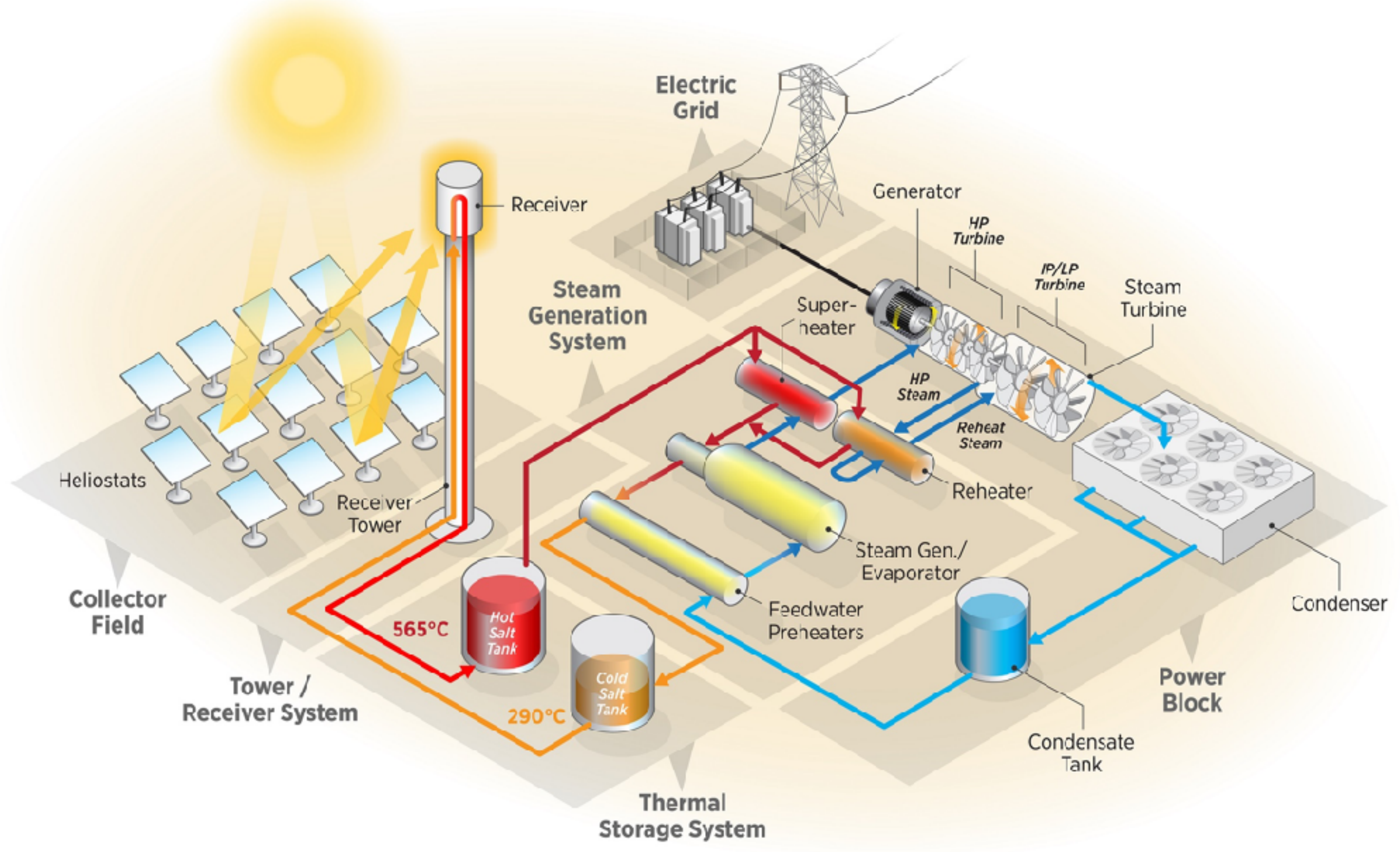


Ciências ULisboa

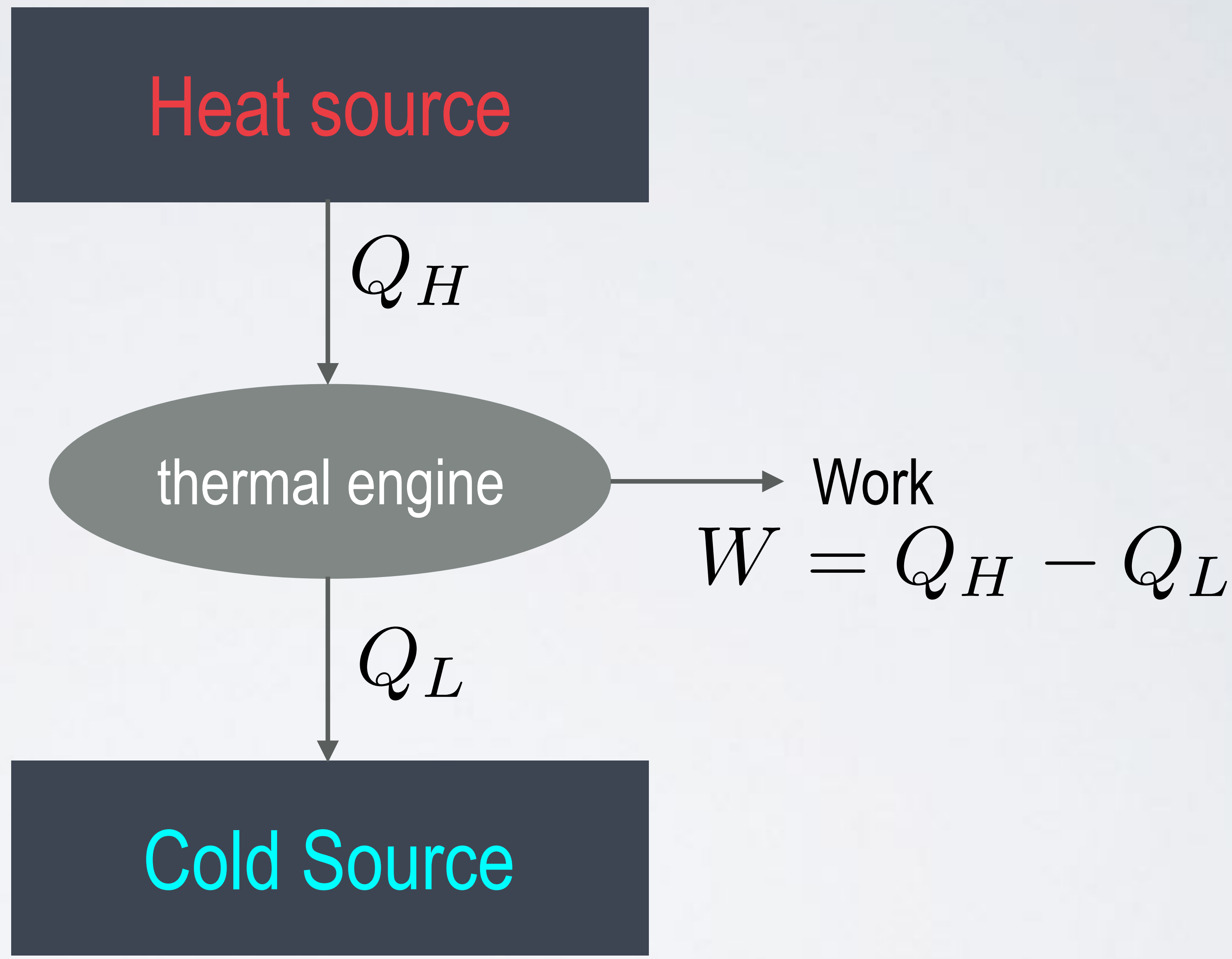
power tower



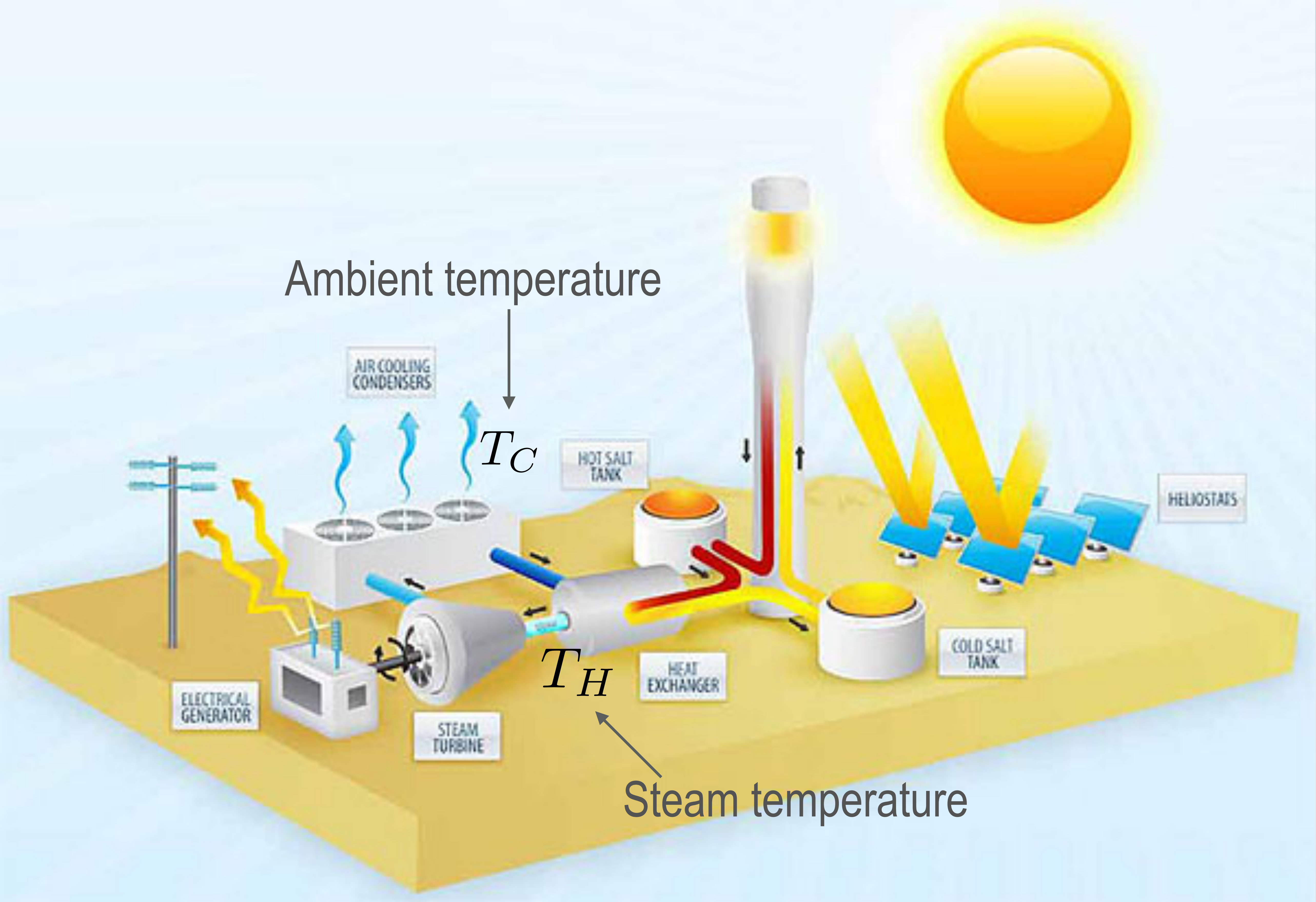
Ciências ULisboa

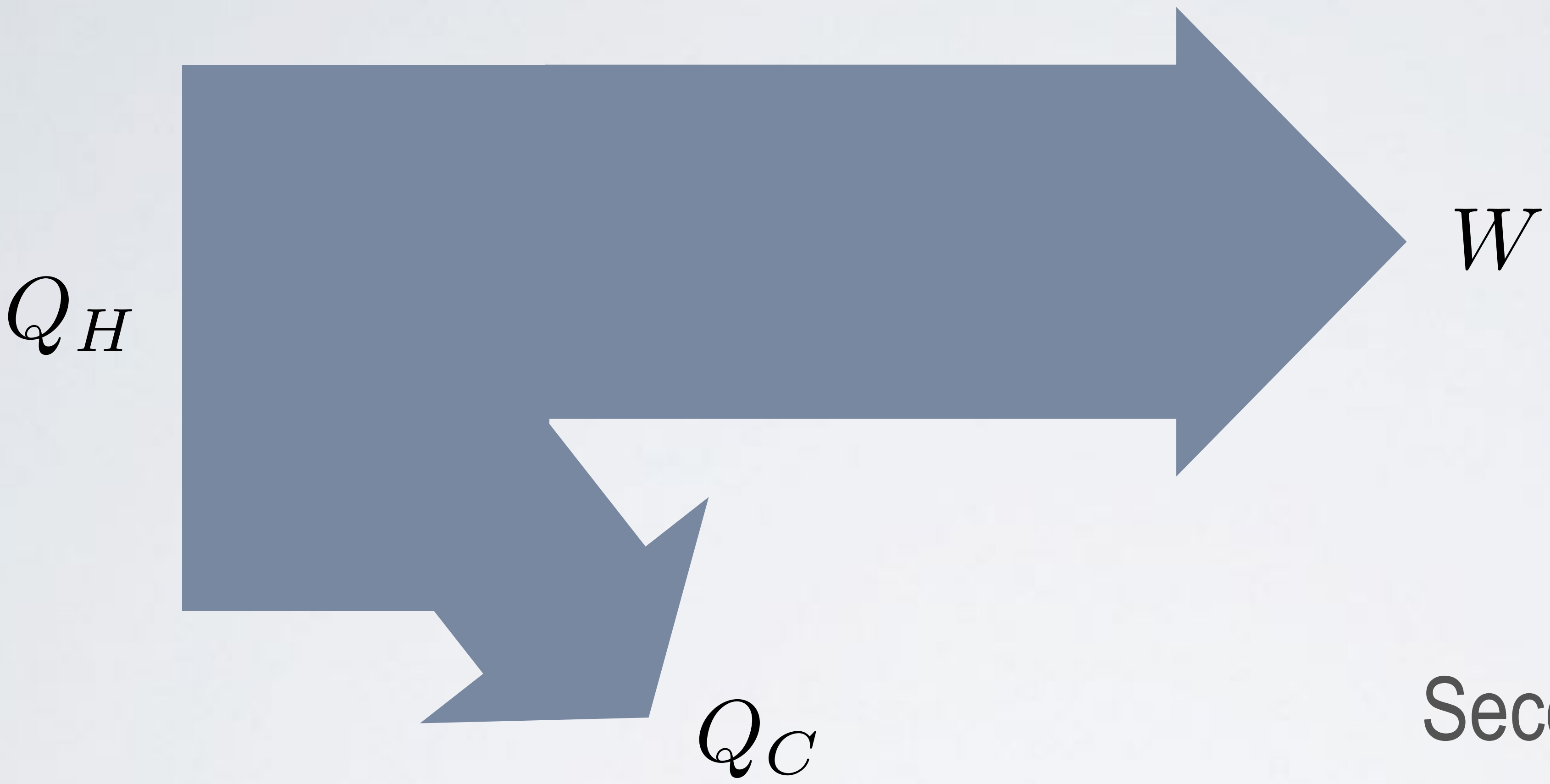


Ciências ULisboa



Ciências ULisboa


Ambient temperature
T_C
AIR COOLING CONDENSERS
HOT SALT TANK
HELIOSTATS
COLD SALT TANK
ELECTRICAL GENERATOR
STEAM TURBINE
T_H
HEAT EXCHANGER
Steam temperature



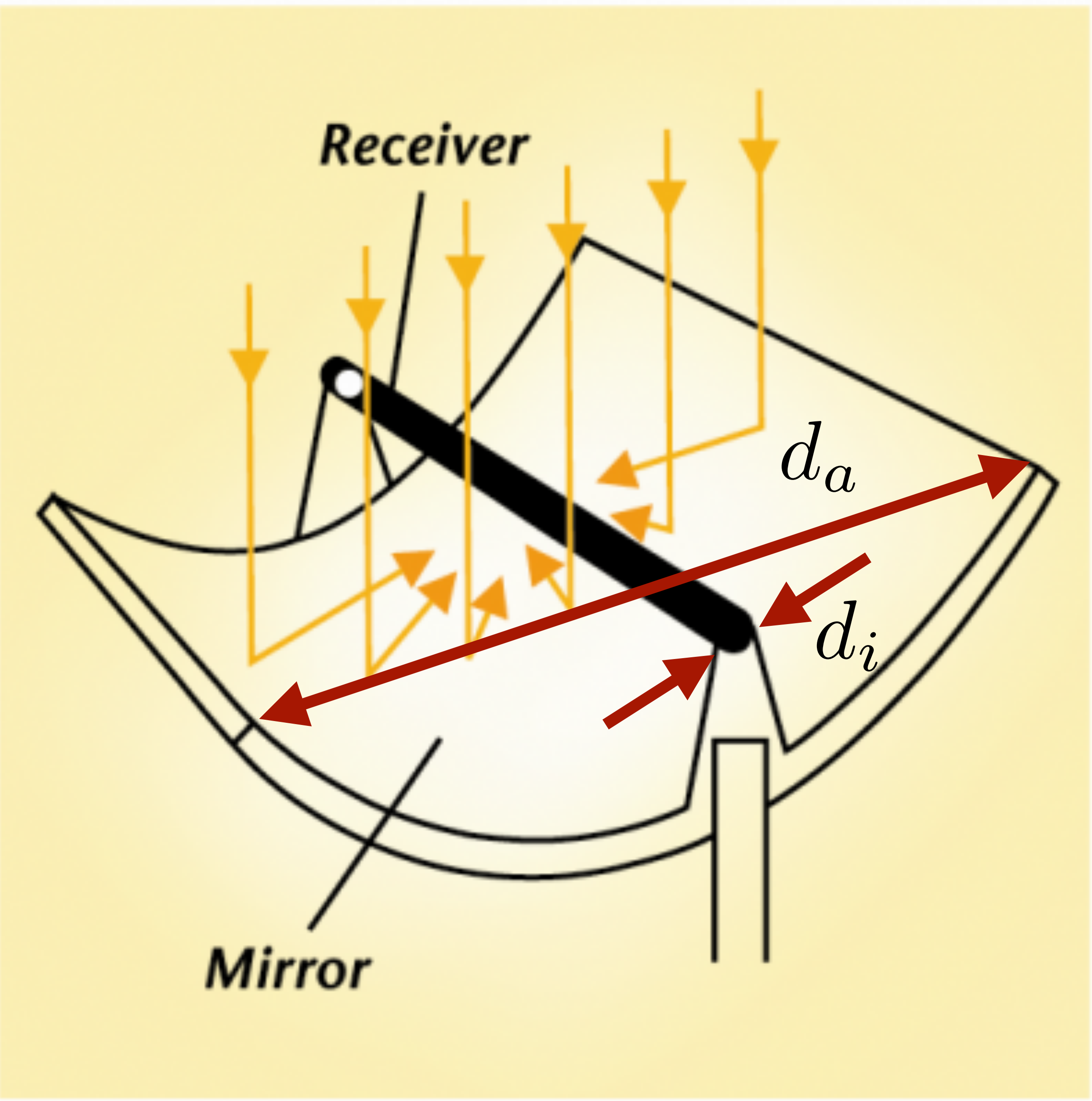
$$\eta = \frac{W}{Q_H}$$

Second thermodynamic law

$$\frac{Q_H}{T_H} \leq \frac{Q_C}{T_C}$$

$$\eta \leq 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

Ciências ULisboa

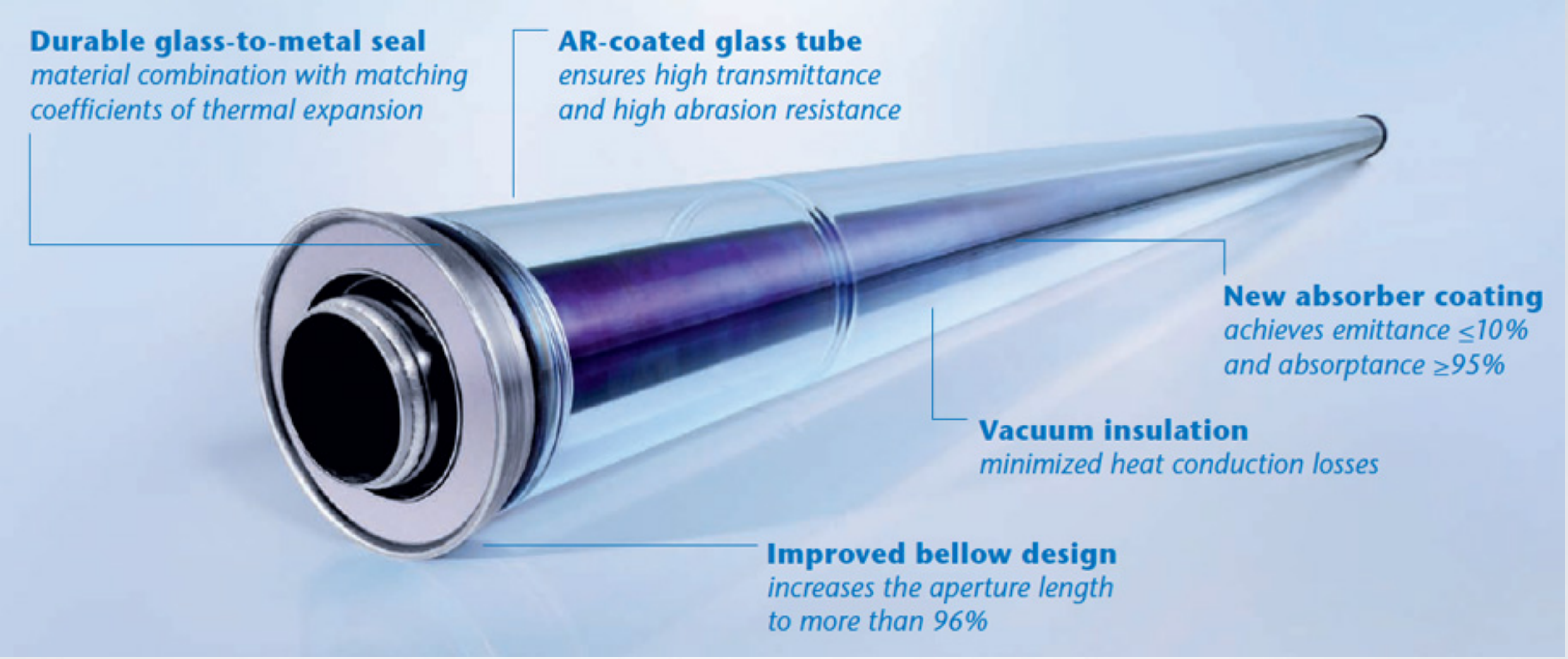


$$X = \frac{d_a}{d_i}$$

Optical losses:

- Alignment errors
- Reflections

Ciências ULisboa


Durable glass-to-metal seal
material combination with matching coefficients of thermal expansion
AR-coated glass tube
ensures high transmittance and high abrasion resistance
New absorber coating
achieves emittance ≤10% and absorptance ≥95%
Vacuum insulation
minimized heat conduction losses
Improved bellow design
increases the aperture length to more than 96%

RENDIMENTO DO COLETOR

$A_a G_0$

$\dot{Q}_u$

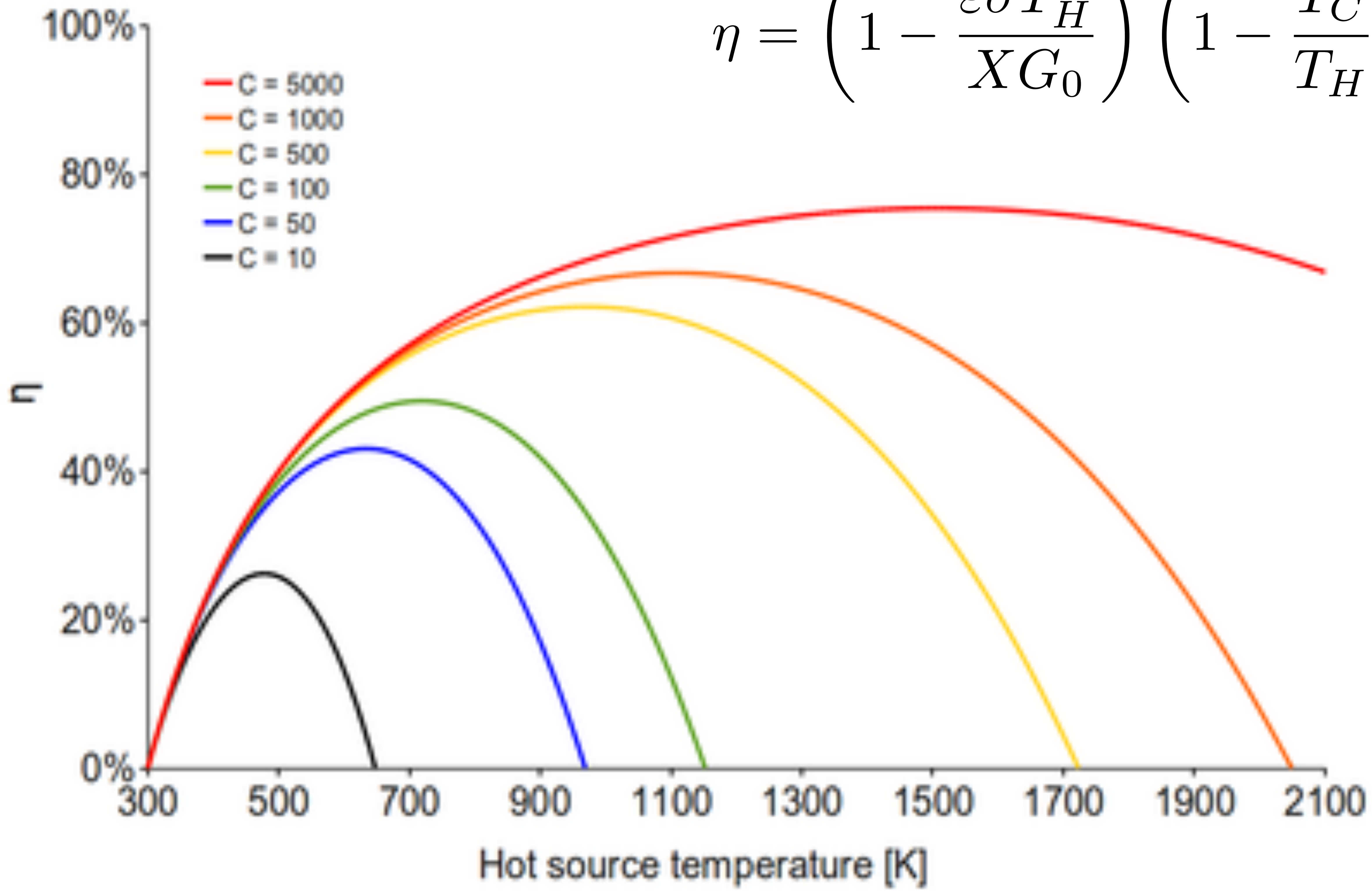
$\varepsilon \sigma A_i T_H^4$

+ thermal losses
+ optical losses

$$\eta = 1 - \frac{\varepsilon \sigma T_H^4}{X G_0}$$

- Decrease the surface emissivity
- Increase the concentration factor

$$\eta = \left(1 - \frac{\varepsilon\sigma T_H^4}{XG_0}\right)\left(1 - \frac{T_C}{T_H}\right)$$



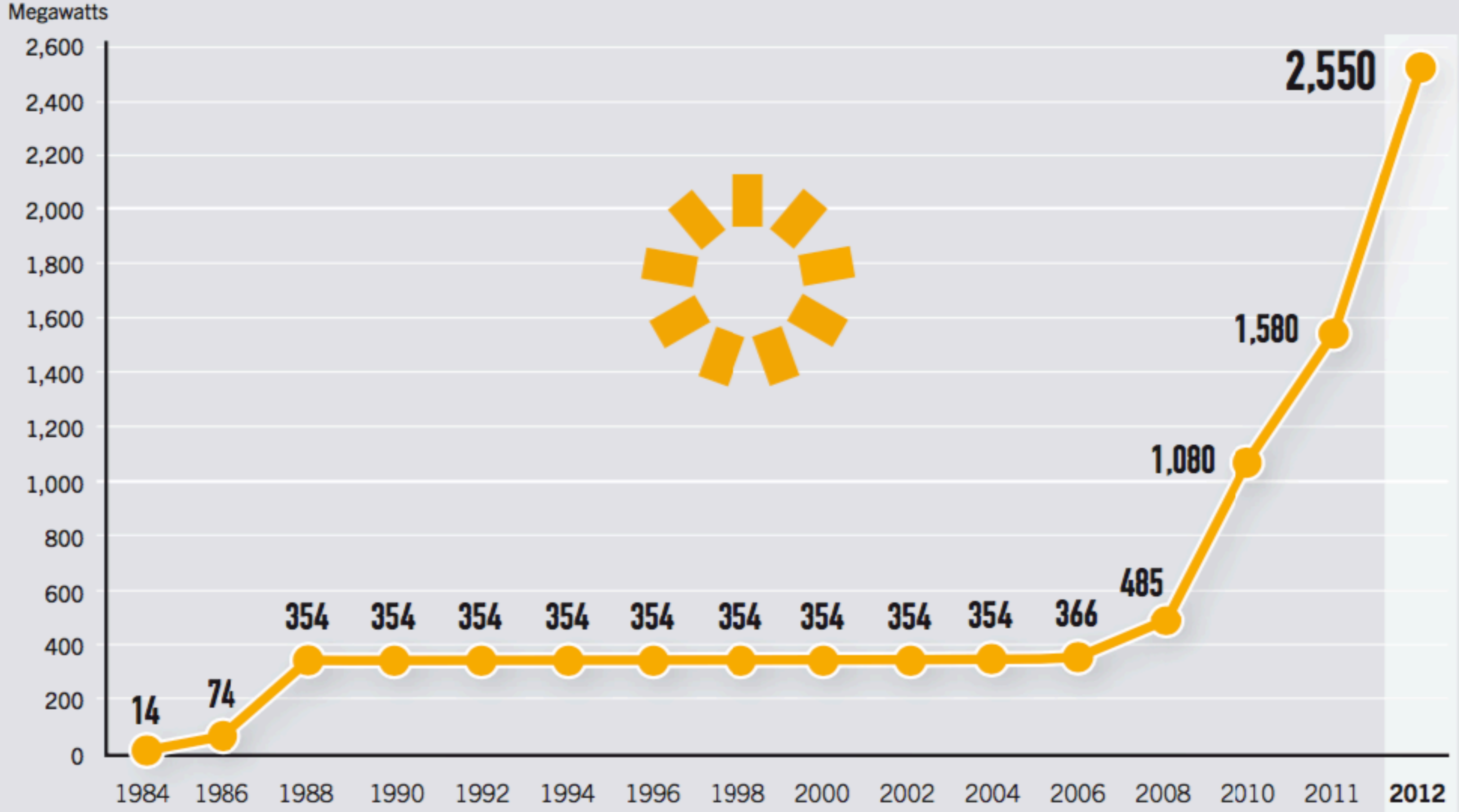
$$\varepsilon = 1 \quad G_0 = 1000W/m^2$$


Ivanpah - Mojave Desert, California, USA, 2014
three power towers
392 MW, Area: 14.2 km2


Solaben - Logrosán, Spain, 2013
Parabolic trough collectors
200 MW, Collectors area: 12 km²

CSP power capacity

solar



Ciências ULisboa

Technology	Typical Characteristics	Capital Costs (USD/kW)	Typical Energy Costs (LCOE – U.S. cents/kWh)
Power Generation			
Concentrating solar thermal power (CSP)	Types: parabolic trough, Fresnel, tower, dish Plant size: 50–250 MW (trough); 20–250 MW (tower); 10–100 MW (Fresnel) Capacity factor: 20–40% (no storage); 35–75% (with storage)	Trough, no storage: 4,000–7,300 (OECD); 3,100–4,050 (non-OECD) Trough, 6 hours storage: 7,100–9,800 Tower, 6–15 hours storage: 6,300–10,500	Trough and Fresnel: 19–38 (no storage); 17–37 (6 h. storage) Tower: 20–29 (6–7 hours storage); 12–15 (12–15 hours storage)

(LCOE) Levelized cost of energy

Ciências ULisboa

Table 2.15 *Comparison of the current performance and current and projected (2020–2025) cost of different solar thermal technologies for generating electricity*

Attribute	Technology		
	Parabolic trough	Parabolic dish	Central tower
Powerplant characteristics			
Peak efficiency (%)	21	29	23
Net annual efficiency (%)	13	15	13
Capacity factor without storage (%)	24	25	24
Capacity factor with 6 hours storage (%)	42–48	35–60	35–60
Current investment cost (€/kW)	3500–6000	10,000–12,000	3500–4500
Future investment cost ($/kW)	2000–3000	2000–3000	2000–3000
Current electricity cost (€/kWh)	0.13–0.23	0.27–0.32	0.17–0.22
Future electricity cost ($/kWh)	0.05–0.08	0.05–0.08	0.05–0.08
Storage system characteristics			
Medium	Synthetic oil	Battery	Molten salt
Cost ($/kW heat)	200	30	500–800
Lifetime (years)	30	5–10	30
Round-trip efficiency	95	76	99

Source: this chapter and IEA (2003)

ULisboa

	Costs	Efficiency	Advantage	Disadvantage
Parabolic trough	12–20 cents/kWh now, 5–10 cents kWh future	15–20%, 42–48% capacity factor with six-hour storage	Large scale, lots of demo projects, some storage	Thermal storage more difficult than for other thermal methods
Parabolic dish	€10,000–14,000/kW, eventually $2000–3000/kW (8–24 cents/kWh)	20–28%	Suitable for isolated villages, low infrastructure costs, quick start	Expensive at present, limited heat storage ability
Central receiver	18–32 cents/kWh today	10–15%	Most amenable to 24-hour electricity	Each mirror must individually track the sun

Ciências ULisboa

BIBLIOGRAFIA

Ehrlich, R. Renewable Energy, a first course
Solar Thermal (10.12)

Boyle, G. Renewable Energy, Power for Sustainable Future
Solar Thermal Energy (2.9, 2.10)

Ciências
ULisboa

Os colectores solares planos ...

(a) têm perdas térmicas inferiores aos coletores de tubo de vácuo.
(b) têm perdas óticas inferiores aos coletores de tubo de vácuo.
(c) têm sempre um rendimento inferior aos coletores de tubo de vácuo.
(d) Nenhuma das frases anteriores.

Qual dos usos **não** é adequado para o produto final que resulta de um colector solar plano?

(a) Aquecimento ambiente.

(b) Aquecimento de águas para uso doméstico.

(c) Aquecimento de água de piscinas.

(d) Produção de electricidade.

A melhor inclinação para um coletor solar térmico orientado a sul para optimizar a produção anual de água quente depende...

(a) da latitude do local.

(b) da longitude do local.

(c) da diferença média entre a hora solar e a hora legal

(d) da declinação média ao longo do ano.

Os colectores solares planos sem vidro ...

(a) têm sempre um rendimento superior aos coletores solares planos com vidro.

(b) têm perdas térmicas inferiores aos coletores solares planos com vidro.

(c) têm perdas óticas superiores aos coletores solares planos com vidro.

(d) Nenhuma das frases anteriores.

Os colectores solares de tubo de vácuo ...

(a) têm sempre um rendimento superior aos coletores solares planos.
(b) têm perdas térmicas superiores aos coletores solares planos.
(c) têm perdas óticas superiores aos coletores solares planos.
(d) Nenhuma das frases anteriores.

1. b
2. d
3. a
4. d
5. c

Um colector solar térmico plano tem um rendimento óptico de 80% e apenas um parâmetro de perdas que toma o valor de 4 $W/(m^2K)$.

1. Determinar a **temperatura de saturação** quando a temperatura ambiente é de 15°C e a radiação 900 W/m^2.

2. Explicar o que o distingue de um **colector solar térmico de vácuo**. Qual das tecnologias tem um rendimento máximo mais elevado? E um rendimento médio mais elevado? Justificar as respostas.

Pretende-se optimizar a instalação de colectores solares térmicos planos para a produção de água quente numa habitação de férias que é fundamentalmente usada durante o verão. A habitação encontra-se localizada a uma latitude de 38°.

1. Calcular o posicionamento ótimo dos colectores - azimute e inclinação - sabendo que não existem obstruções significativas e tomando como referência o dia de hoje (dia Juliano 190). (2 **valores**)

2. Indicar as principais causas para a perda de rendimento de um colector solar térmico plano. (1 **valor**)