

Energia Solar Térmica e Desenvolvimento Rural

João Farinha Mendes

farinha.mendes@lneg.pt

Unidade de Energia Solar



GOVERNO DE
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA ECONOMIA
E DO EMPREGO





- Sistemas de Produção de Energia
- Eficiência Energética
- Análise Energética
- Tecnologias Inovadoras Estratégicas
- Recursos Endógenos
- Riscos Geológicos e Ambiente
- Geologia para a Valorização do Território

Sistemas de Produção de Energia: Eólica; Solar Térmica; Solar Fotovoltaica; Concentração Solar; Geotermia; Oceanos; Bioma...

destaque

A importância do setor mineral para Portugal

"O setor mineral está muito dependente da oferta e da procura a nível mundial que ditam as regras portanto temos que ser cautelosos nas afirmações demasiado generalistas..."

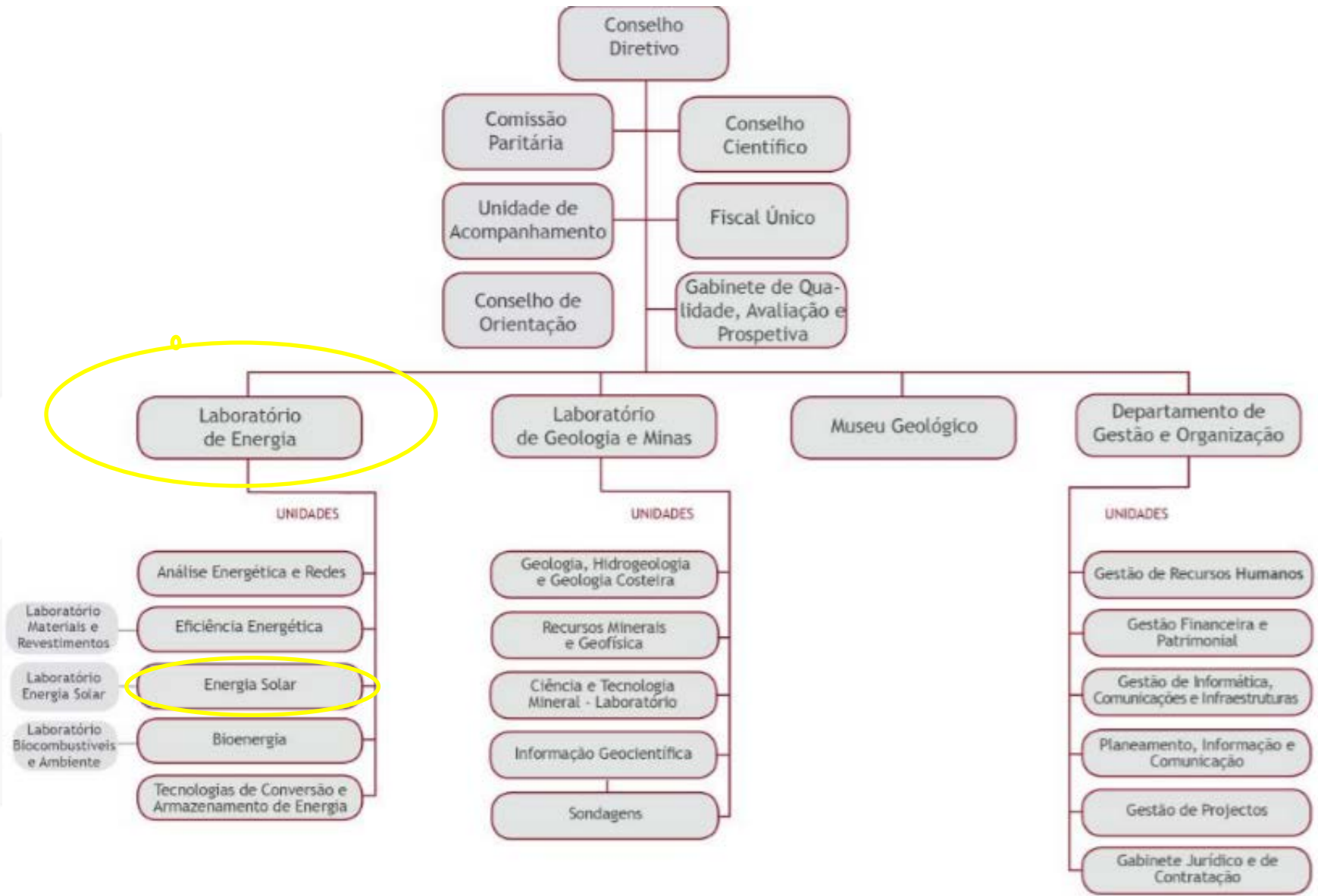
LNEG recebe "HR Excellence in Research"

Europa reconhece a investigação e os investigadores em Portugal

conheça-nos



www.lneg.pt



Artigo 4.º Laboratório de Energia

Compete ao Laboratório de Energia, abreviadamente designado por LEN, desenvolver actividade de I&D no domínio de :

- a) **Recursos endógenos renováveis : solar**, eólica, ondas e bioenergias, para diversificar as fontes, diminuir a dependência e aumentar a segurança do abastecimento,
- b) **Eficiência energética** : reduzir o consumo nos diferentes sectores económicos, e actuar no domínio das cidades inteligentes e dos sistemas energéticos sustentáveis;
- c) **Exploração de tecnologias inovadoras e estratégicas : tecnologias de micro-geração, as nanotecnologias, as de armazenamento energético e as de protecção ambiental**, onde se inclui a captura do carbono;
- d) **Apoio à concretização de políticas públicas** em articulação com a Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG);
- e) **Prestação de serviços de apoio técnico a outros organismos da área da energia**, sempre que tal lhes seja determinado por despacho do membro do Governo responsável pela área da energia, pelo período aí previsto.



A Unidade de Energia Solar está internamente estruturada em torno das seguintes áreas de actuação:

Solar Térmico (ST) –Aproveitamento térmico da energia solar, passando pelo estudo do recurso e avaliação do desempenho dos equipamentos de captação e sistemas solares simulados e monitorizados, em áreas como a da dessalinização, descontaminação solar, cozinhas, água quente sanitária, aquecimento e arrefecimento solar, calor de processo, electricidade solar (CSP) e outras aplicações com concentração solar (tratamento de materiais, produção de hidrogénio, etc.).

Solar Fotovoltaico (SF) - Desenvolvimento tecnológico dos sistemas fotovoltaicos actuando ao nível I&D em novas tecnologias com o sejam as Células Orgânicas e a tecnologia CZTS, novos módulos multifuncionais como é o caso dos módulos híbridos PV/T, modelação e monitorização de sistemas fotovoltaicos e seus componentes e avaliação de desempenho de centrais fotovoltaicos sem e com concentração (CPV).

Armazenamento Térmico (AT) –Modelação e simulação de sistemas de armazenamento térmico diário e sazonal, para baixa e alta temperatura, envolvendo materiais e fluidos que passam pela água, os PCM (Phase Change Materials) ou os sais fundidos. Estudo e teste de materiais intervenientes.

Laboratório de Energia Solar (LES) –Realização de ensaios de sistemas solares térmicos, colectores e outros componentes. É Laboratório Acreditado desde 1993, pelo IPAC segundo a Norma NP EN ISO/IEC 17025:2005, sendo o único existente em Portugal. O LES participa ainda em contratos e projectos de I&D Nacionais e Europeus e participa na Rede de Laboratórios Europeus no âmbito do esquema de certificação Solar Keymark.



**TERMO DE CONVÊNIO ENTRE A UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (BRASIL)
E O
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENERGIA E GEOLOGIA, I.P. – LNEG (PORTUGAL)**

A Universidade Federal do Ceará, localizada na Avenida da Universidade, 2853, em Fortaleza, Ceará, Brasil, representada por seu Reitor, Prof. Doutor Jesualdo Pereira Fariss, e o Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. - LNEG, com sede na Rua da Amieira, Apartado 1089, 4466-901 S. Mamede de Infesta - Portugal, representado pela sua Presidente, Prof. Doutora Maria Teresa Costa Pereira da Silva Ponce de Leão, designados a seguir por "partes", no intuito de desenvolver relações de cooperação com base no estabelecimento de contactos e entendimentos mútuos, enfatizando desenvolver intercâmbio académico e cultural nas formas de educação e pesquisa, e de acordo com a legislação que rege a matéria, acordam o seguinte.

**Cláusula Primeira
Área de Cooperação**

A área de cooperação inclui, sob consentimento mútuo e existência de condições apropriadas, qualquer programa oferecido e proposto por qualquer das partes como desejável, executável, e que venha a contribuir para o fomento e o desenvolvimento de relações de cooperação entre as duas partes convenientes.

**Cláusula Segunda
Métodos**

Todos os entendimentos e assistência estarão condicionados à disponibilidade de fundos e à aprovação específica do Reitor da Universidade Federal do Ceará e da Presidente do Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. - LNEG, para atividades ou programas como:

1. intercâmbio de membros do corpo docente e do quadro técnico de nível superior;
2. intercâmbio de estudantes;
3. elaboração de atividades conjuntas de ensino e pesquisa;
4. participação em seminários e encontros académicos;
5. participação em programas académicos especiais de curta duração;
6. desenvolvimento de atividades de intercâmbio cultural;
7. realização de treinamento, nos níveis de graduação e pós-graduação, nos cursos oferecidos por ambas as instituições;
8. criação de oportunidades para o desenvolvimento do quadro académico-funcional de ambas as partes, através da utilização de licenças sabáticas e outros programas de aprimoramento de pessoal;
9. prestação de consultorias;
10. outras atividades julgadas mutuamente apropriadas.



EERA CSP-JP

**Proposal preparation to Call
FP7-2013-ENERGY-IRP**

STAGE-STE

**Scientific and Technological
Alliance for Guaranteeing the
European Excellence in
Concentrating Solar Thermal
Energy**

International Cooperation

...
**LNEG / USP-FZEA
CSP modelling**

WP6



Quadro 3 - Objetivo global nacional para a quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de energia em 2005 e 2020 [valores a transcrever da parte A do anexo I da Diretiva 2009/28/CE):

A) Quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de energia em 2005 (S2005) (%)	19,6
B) Objetivo relativo à energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de energia em 2020 (S2020) (%)	31,0
C) Consumo total de energia ajustado previsto para 2020 (conforme consta do Quadro 1, última célula) (ktep)	16.507
D) Quantidade de energia prevista proveniente de fontes renováveis correspondente ao objetivo para 2020 (calculado como B x C) (ktep)	5.117

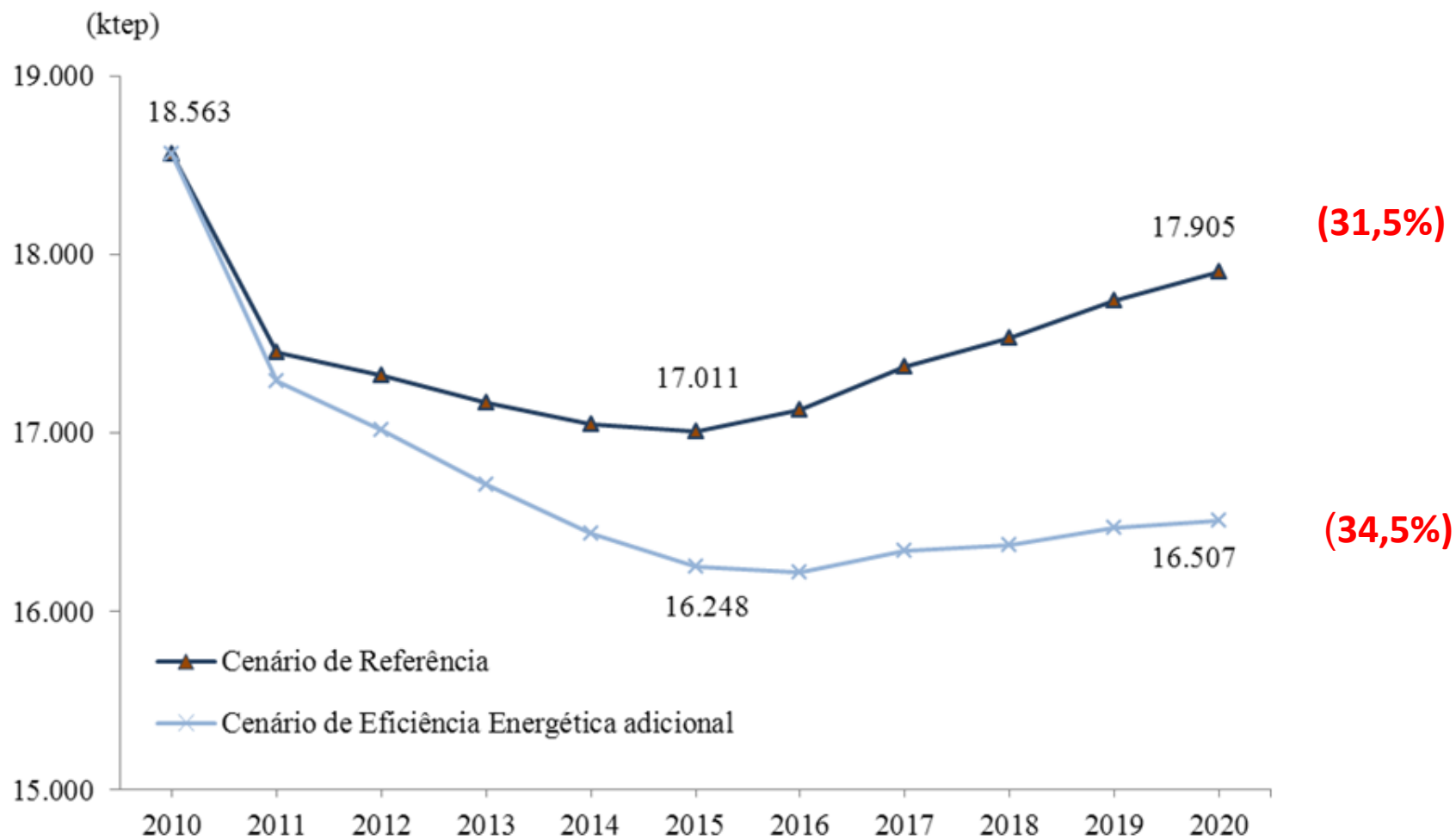


Figura 2 – Evolução prevista do consumo final bruto de energia (ktep).

Evolução do Parque de Centrais Electricas

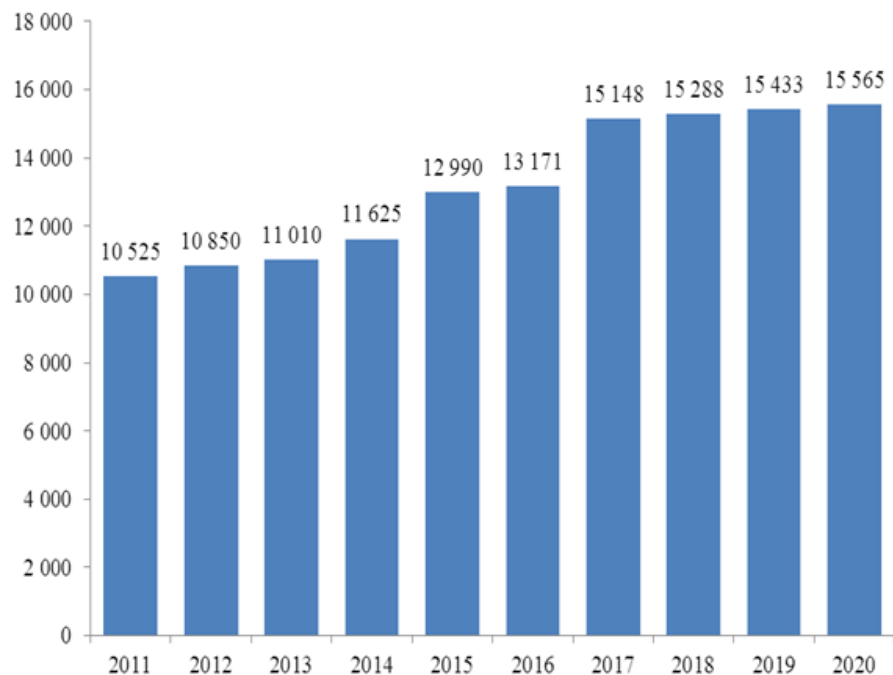


Figura 17 – Evolução estimada da capacidade total instalada em tecnologias FER de produção de eletricidade

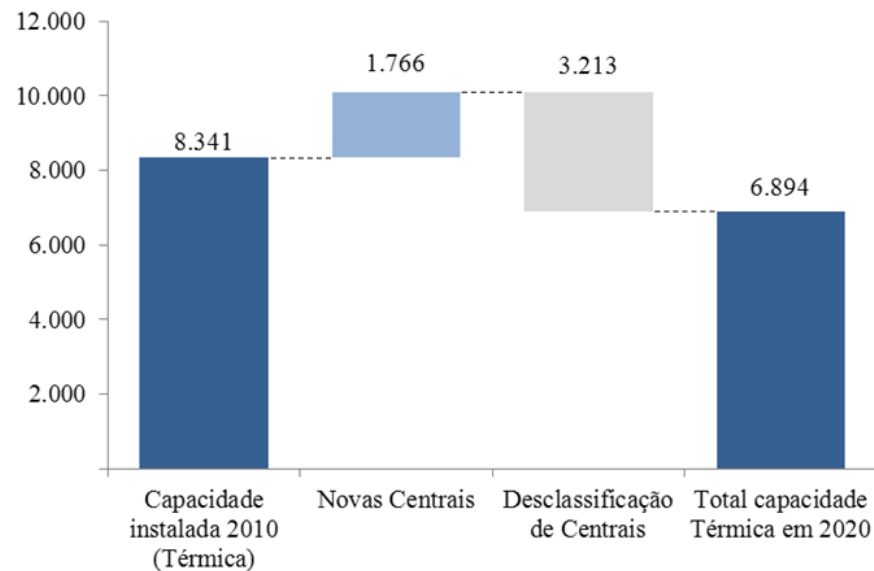


Figura 16 – Evolução estimada do parque electroprodutor de centrais térmicas (MW)

3

Ao nível da PRE, e até 2020, está previsto o comissionamento de 1.742 MW totalizando 8.779 MW de potência instalada (1/2)

APOIO

Estimativa de evolução da PRE (MW)

Potência (MW)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Δ 2020- vs. 2011
Total a instalar	0	210	377	719	930	1.111	1.251	1.416	1.571	1.742	1.742
Cogeração não-FER	1.431	1.457	1.457	1.487	1.492	1.492	1.492	1.502	1.512	1.532	101
Cogeração FER	349	371	376	396	431	431	431	446	451	491	142
Eólica	4.351	4.442	4.542	4.742	4.842	4.942	5.042	5.142	5.242	5.300	949
PCH ⁽¹⁾	455	464	474	484	494	500	500	500	500	500	45
RSU ⁽²⁾	100	110	110	110	110	110	110	110	110	110	10
Biomassa	117	130	130	150	180	200	200	200	200	200	83
Biogás	46	50	50	50	50	60	60	60	60	60	14
Solar Fotovoltaico	158	193	233	273	303	343	383	423	463	500	342
Solar Termelétrico	0	0	12	34	34	34	34	34	34	50	50
Geotermia	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0
Ondas	0	0	0	0	1	6	6	6	6	6	6
Total instalado	7.037	7.247	7.414	7.756	7.967	8.148	8.288	8.453	8.608	8.779	1.742

(1) Pequena Central Hídrica (<=30 MW); (2) Resíduos Sólidos Urbanos
Fonte: DGEG

21

Colectores Solares Térmicos

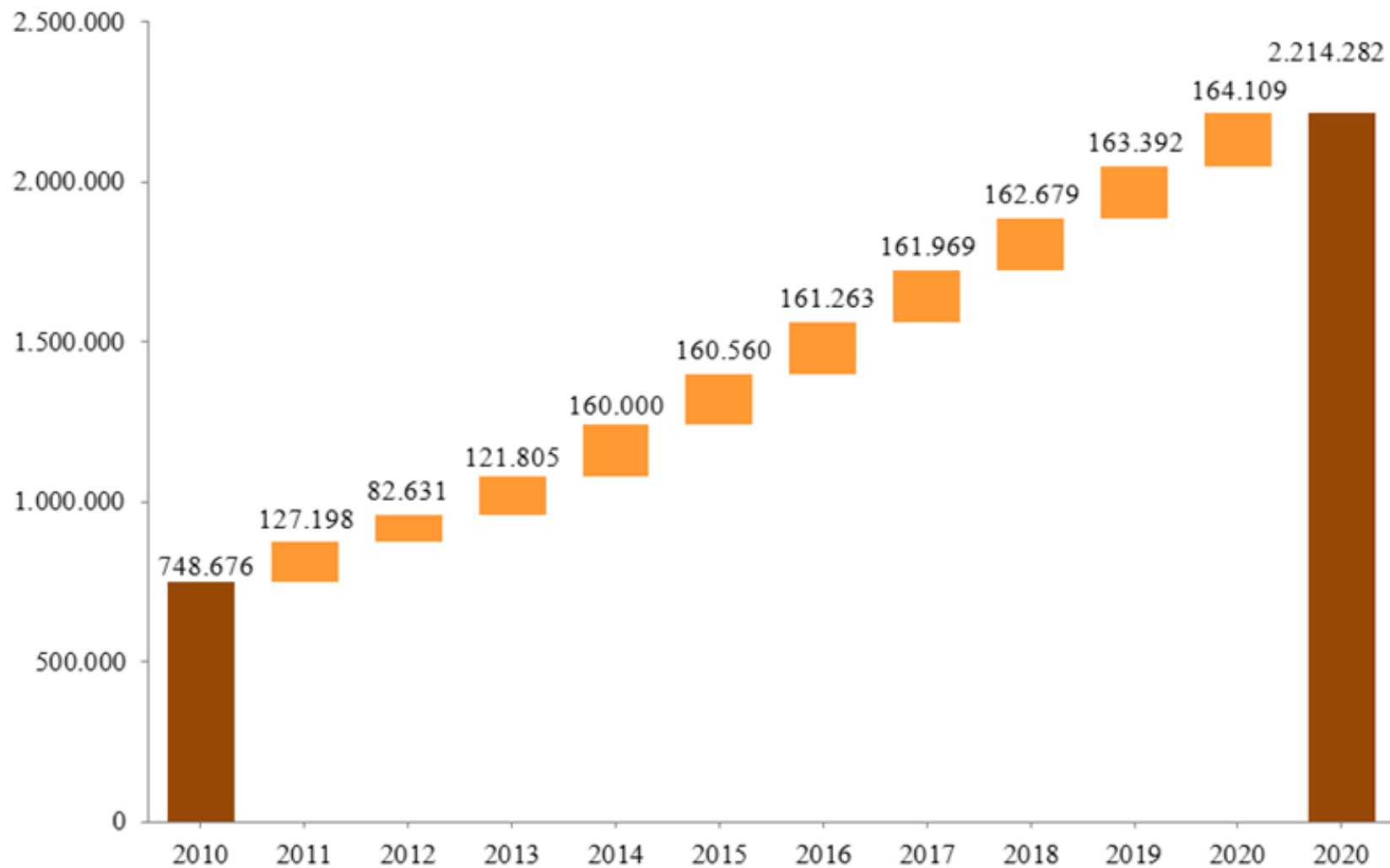


Figura 23 – Evolução estimada do parque de novos coletores solares térmicos (m²)

Transportes

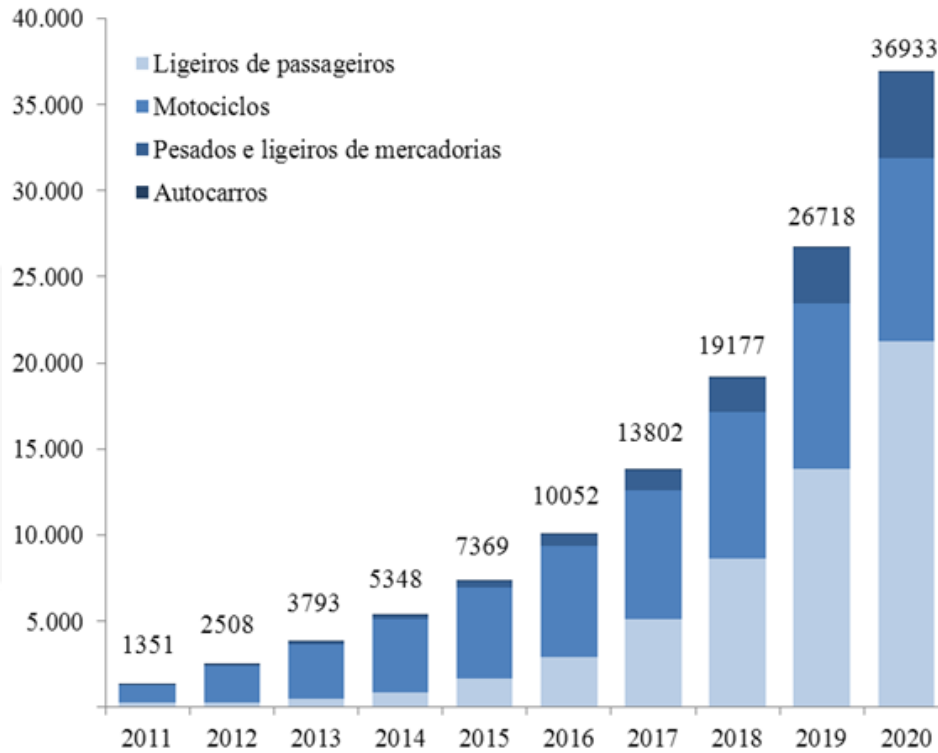


Figura 26 – Evolução do parque de veículos elétricos em Portugal

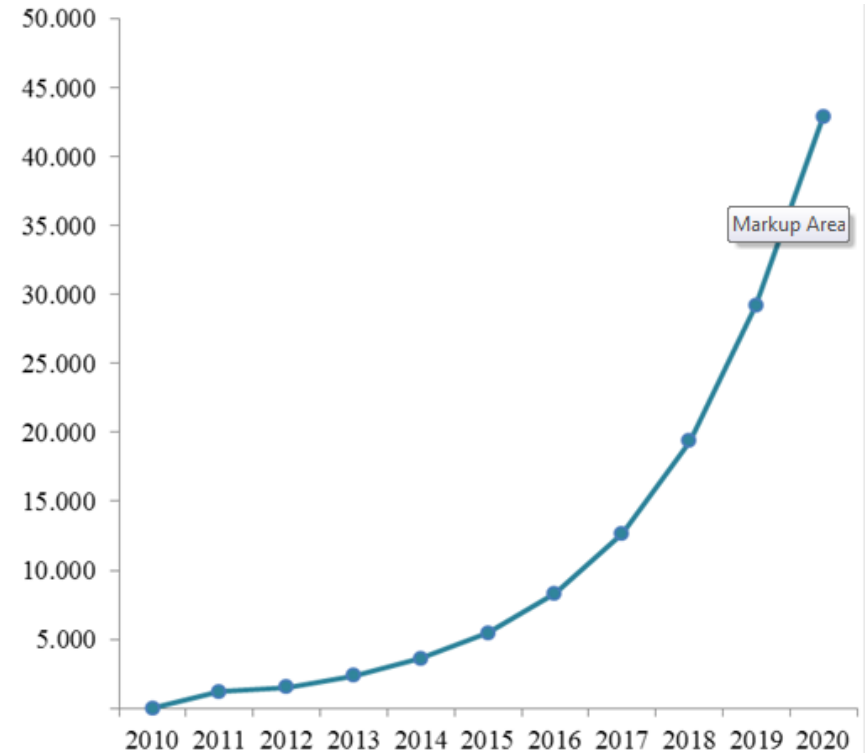


Figura 27 – Evolução do consumo de Eletricidade no transporte rodoviário (MWh)

Tabela 17 – Percentagens de incorporação de biocombustíveis

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Biocombustíveis substitutos do gasóleo	5,0%	5,0%	5,5%	5,5%	7,5%	7,5%	9,0%	9,0%	10,0%	10%
Biocombustíveis substitutos da gasolina	0%	0%	0%	0%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%

SOLAR¹⁰
23,000 TW-yr per year

World energy use
16 TW-yr per year



TIDES¹
 0.3 per year



0.3 – 2 per year
 Geothermal^{1,7}



3 – 4 per year
 HYDRO^{1,6}



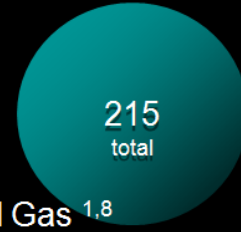
2 – 6 per year
 Biomass^{1,5}



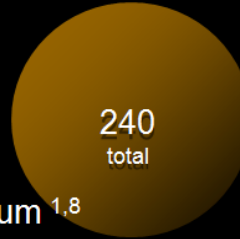
3 – 11 per year
 OTEC^{1,4}



25-70 per year
 WIND^{1,2}
 Waves^{1,3}
 0.2-2



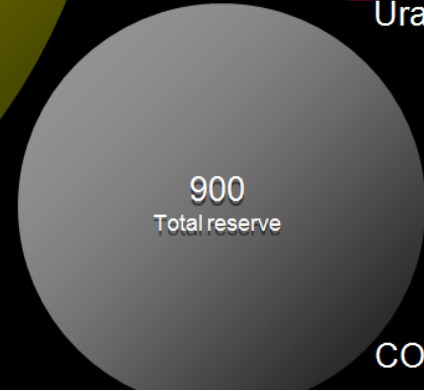
215 total
 Natural Gas^{1,8}



240 total
 Petroleum^{1,8}



90-300 Total
 Uranium^{1,9}

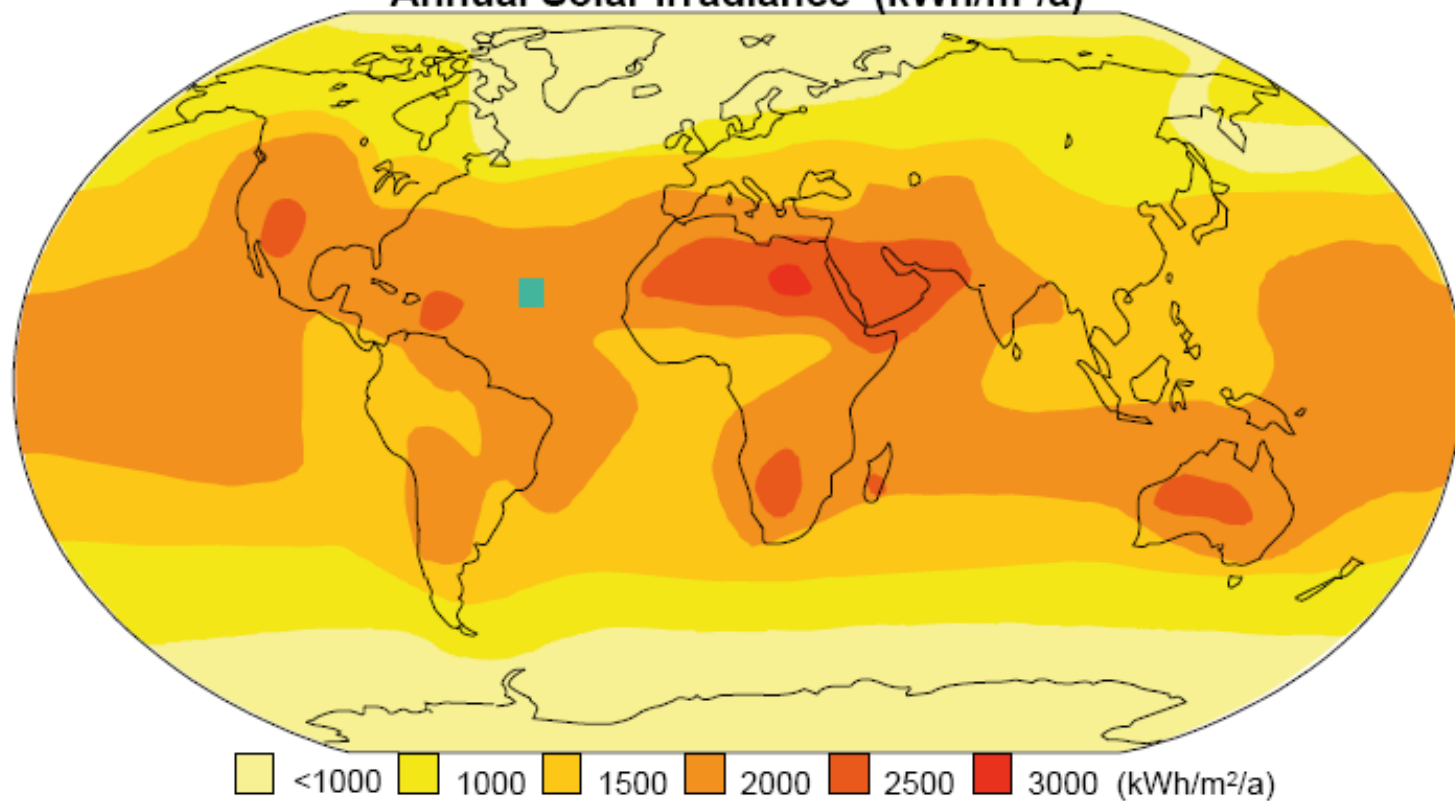


900 Total reserve
 COAL^{1,8}

1. S. Heckerath, Renewables.com, adapted from Christopher Swan (1986): Sun Cell, Sierra Club Press
2. C. Archer & M. Jacobson, Evaluation of Global Wind Power – Stanford University, Stanford, CA
3. World Energy Council
4. G. Nihous, An Order-of-Magnitude Estimate of Ocean Thermal Energy Conversion Resources, Journal of Energy Resources Technology – December 2005 – Volume 127, Issue 4, pp. 328-333
5. R. Whittaker (1975). The Biosphere and Man – in Primary Productivity of the Biosphere. Springer-Verlag, 305-328. ISBN 0-3870-7083-4.
6. Environmental Resources Group, LLC http://www.erg.com/np/hydropower_global.php
7. MIT/INEL The Future of Geothermal Energy– Impact of Enhanced Geothermal Systems [EGS] on the U.S. in the 21st Century http://www1.eere.energy.gov/geothermal/egs_technology.html
8. BP Statistical Review of World Energy 2007
9. <http://www.wise-uranium.org/stk.html?src=stk003e>
10. Solar energy received by emerged continents only, assuming 65% losses by atmosphere and clouds

Solar Potential

Annual Solar Irradiance (kWh/m²/a)



Source: Krieth & Krieger, Principles of Solar Engineering, Mc Graw Hill, 1978

Aparelhos de Medida da Radiação Solar



Piranómetros: Eppley PSP, à esquerda; Hukseflux LP02, ao centro; Kipp & Zonnen CMP 22, à direita



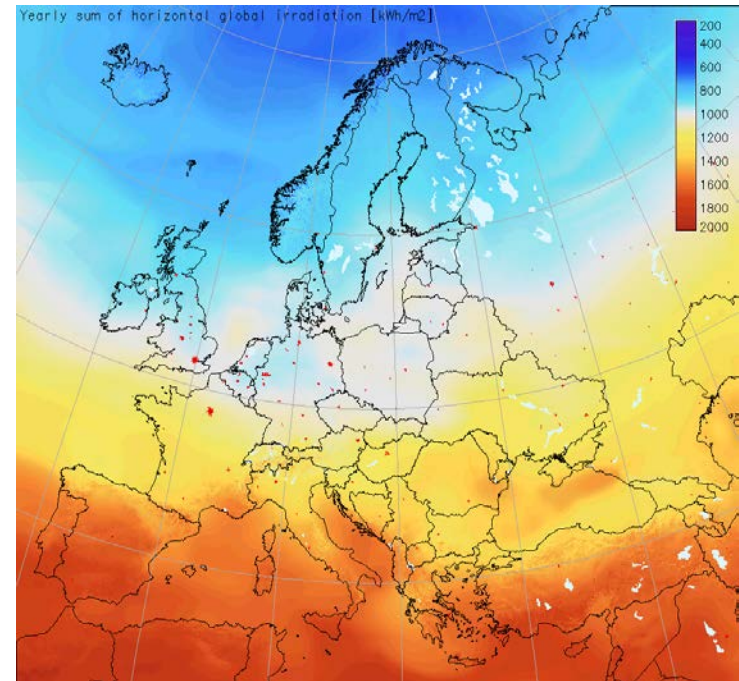
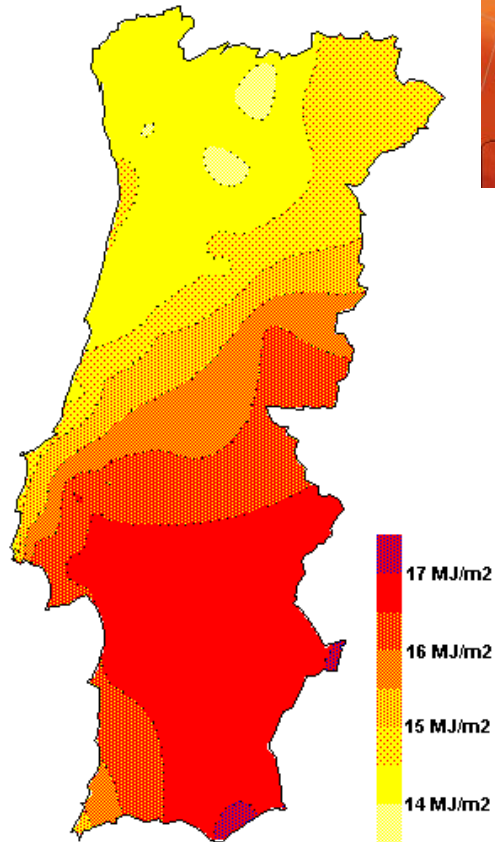
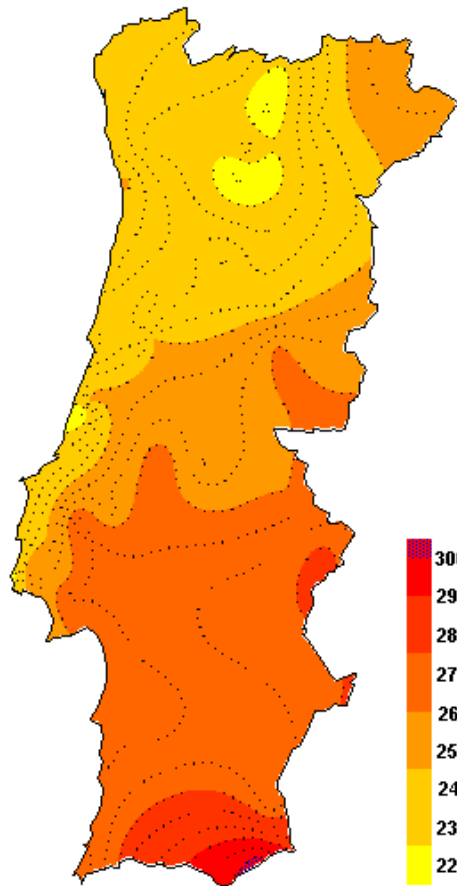
Pirheliómetros: Eppley NIP, à direita; Kipp & Zonnen CHP 1, à direita.



Exemplo de montagem de piranómetros e piriómetros num *sun tracker* (Kipp & Zonnen Solys 2). Três piranómetros estão sobre a plataforma, com discos de ocultação em dois deles; um piriómetro está montado do lado direito da imagem (ou lado esquerdo apontando para o Sol).

O recurso solar

Radiação Solar
2200-3000 h
14-17MJ/m²/dia



Tecnologias de conversão térmica da radiação solar a baixa, média e alta temperatura

100°C

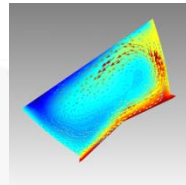
400°C

>1000°C

secagem solar

aquecimento de água

cozinhas solares



arrefecimento solar

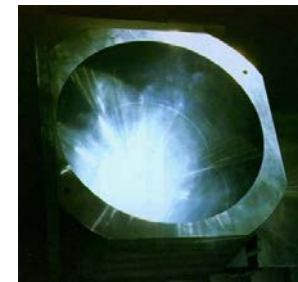
produção de vapor industrial

potência (Organic Rankine)

potência (Steam Rankine)

materiais' fusão/sublimação

produção de hidrogénio



Energia Solar na Indústria - Aplicações e Processos

Aplicações

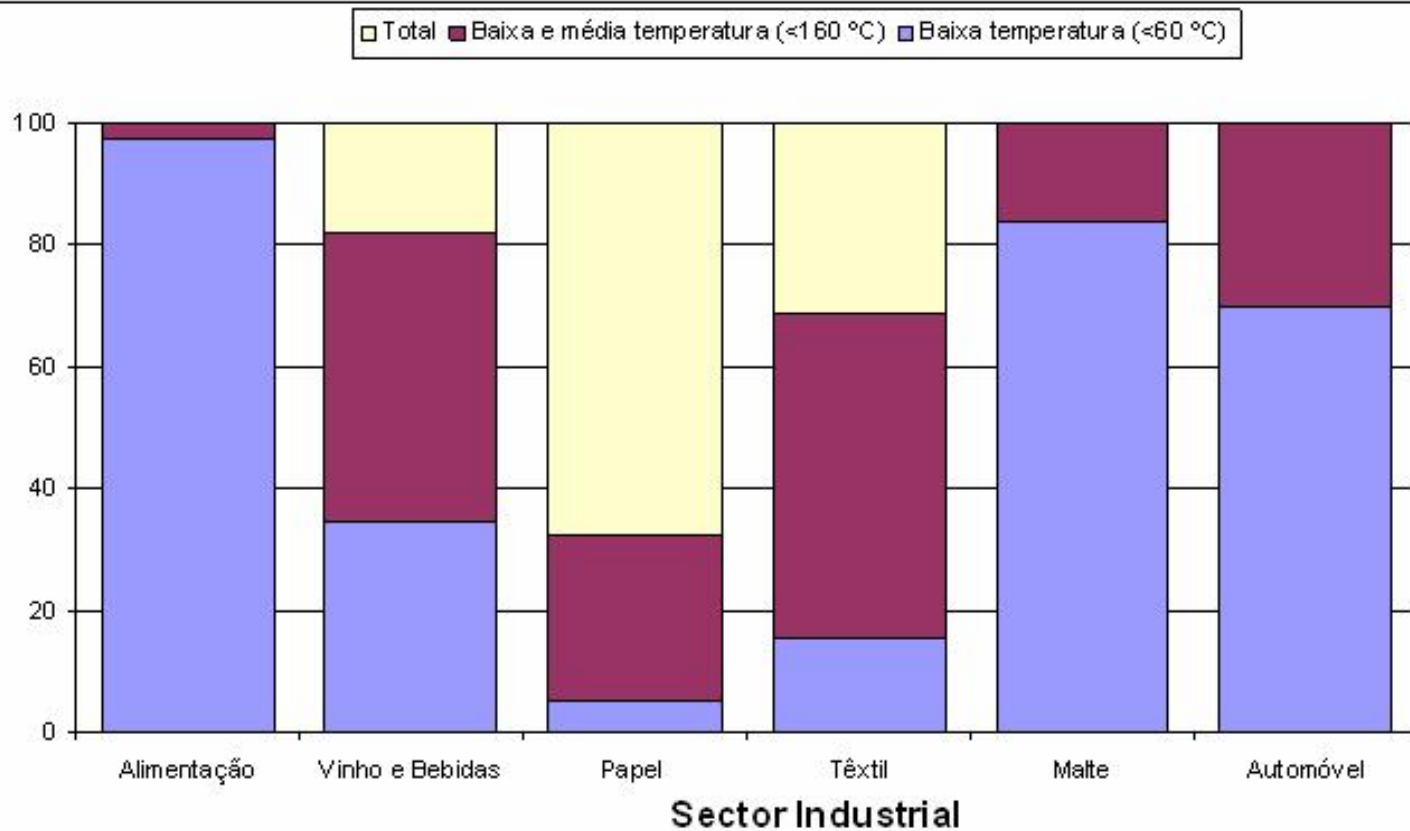
- Indústria Alimentar
- Indústria das Bebidas
- Indústria Textil
- Indústria Química

Processos

- Processos de Secagem
- Evaporação
- Pasteurização
- Esterilização
- Limpeza e Lavagem
- Aquecimento geral em processos



Temperaturas em jogo

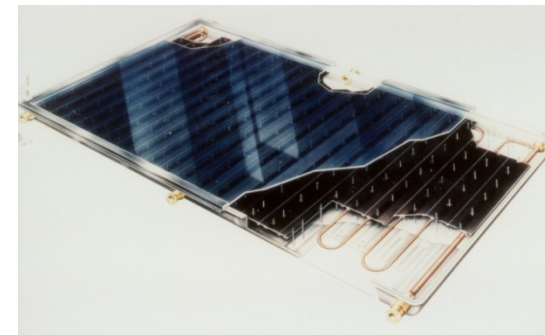


A tecnologia

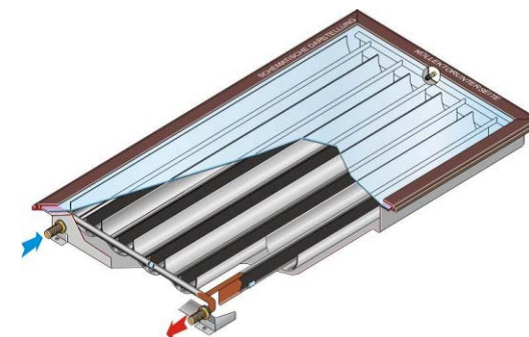
Gama de Temperaturas	Processo
< 40 °C	Colectores sem cobertura ou colectores planos comuns de baixo custo
40 – 70 °C	Colectores planos selectivos ou colectores do tipo CPC
70 – 100 °C	Colectores do tipo CPC, colectores de tubos de vácuo ou outros colectores estacionários de rendimento elevado. Colectores concentradores para sistemas de média e grande dimensão
> 100 °C	Colectores concentradores, colectores de tubos de vácuo com CPC



Colector sem cobertura

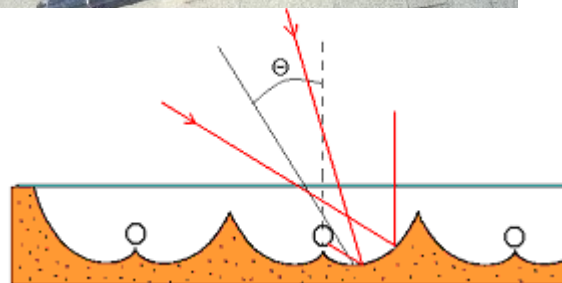


Colector plano c/ ou s/ vácuo



Colector cilíndrico-parabólico

Colector de tubos de vácuo



Colector estacionário do tipo CPC

Aplicações Industriais da Energia Solar

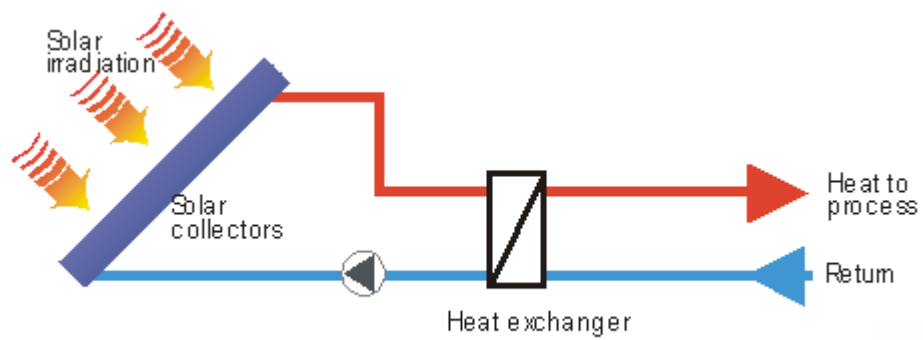
Vantagens particulares

- **Dimensão** do sistema : redução do custo unitário

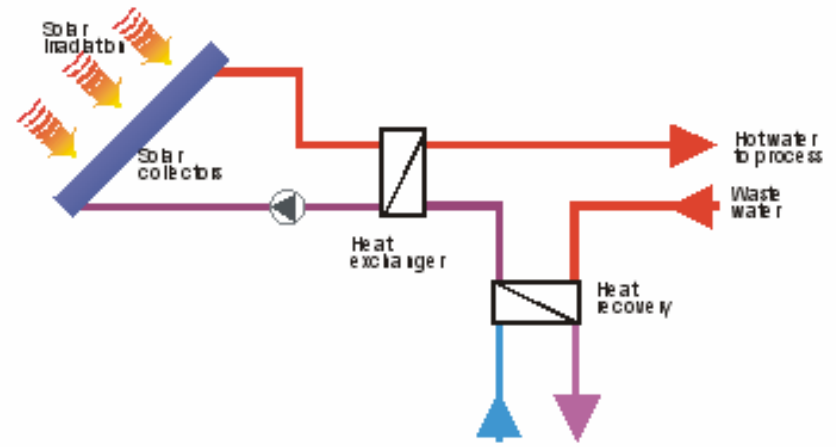
- Produção em **sintonia com o consumo**:
 - armazenamento
 - rendimento
 - custo

- **Incentivos e/ou subsídios** (?)

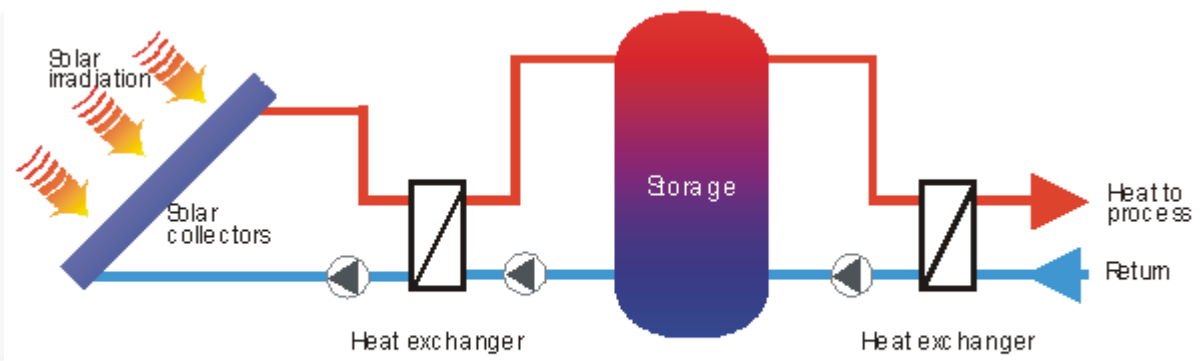




Solar system without storage.



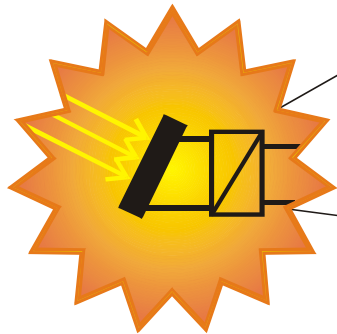
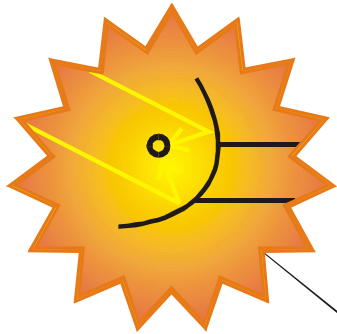
Combination of solar thermal system and waste heat recovery.



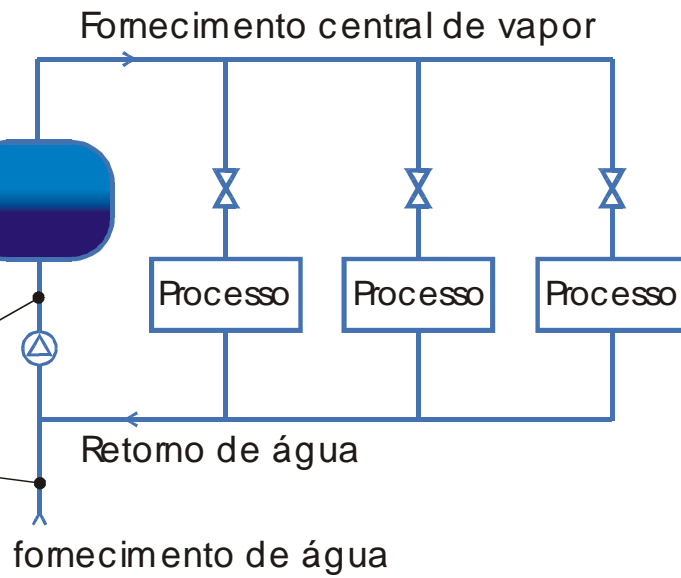
Solar system with heat storage.

Integração da energia solar

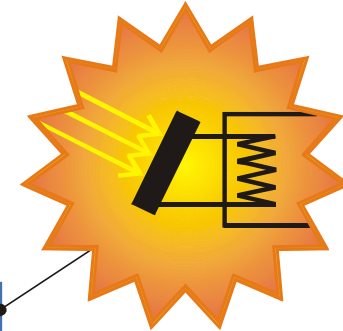
Geração de vapor



Pré-aquecimento do fornecimento de água


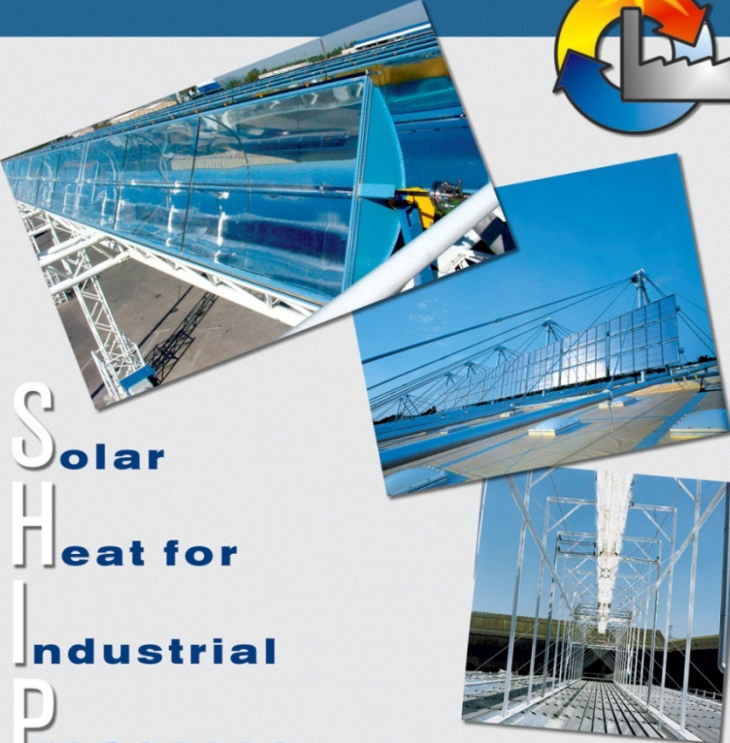


Acoplamento directo ao processo





Task 33 - Solar Heat for Industrial Process Task 49 - Solar Heat Integration in Industrial Processes

IEA SHC – Task 33 IEA Solar Paces – Task 4

Solar Heat for Industrial Processes

Evaluation of the potential of solar process heat in participating countries
Integrating solar thermal systems into industrial processes
Collector development and optimization (up to 250°C)
Numerical models for solar process heat applications
Monitoring of pilot plants

Subtasks

A Solar Process Heat Survey and Dissemination of Task Results

The objective of Subtask A is to provide a comprehensive description of the potential and the state-of-the-art of solar heat for industrial processes. The accumulated knowledge is disseminated to solar manufacturers, process engineers, installers and potential buyers (industry). This is done by publishing an annual industry newsletter, an information dossier and a handbook on solar process heat and by industry workshops throughout the duration of the Task.
 Subtask Lead Country: Spain

B Investigation of Industrial Energy Systems

The objectives of Subtask B are to identify applications and the corresponding temperature levels of the processes and/or the energy utility system suitable for solar energy. Methodologies are investigated and developed to come to integrated solutions considering solar thermal, waste heat recovery and improvements in the processes and energy utility systems.
 Subtask Lead Country: Austria

C Collectors and Components

The objective of Subtask C is to develop, improve and optimise collectors, components and systems with a potential for integration in industrial processes with a temperature level up to 250°C. For a given application, the most suitable collector technology has to be selected for process heat from uncovered collectors, (advanced) flat plate and vacuum-tube collectors to concentrating collectors.
 Appropriate durability test tools will be applied to specific materials and components to allow the prediction of service life and to generate proposals for international standards.
 Subtask Lead Country: Germany

D System Integration and Demonstration

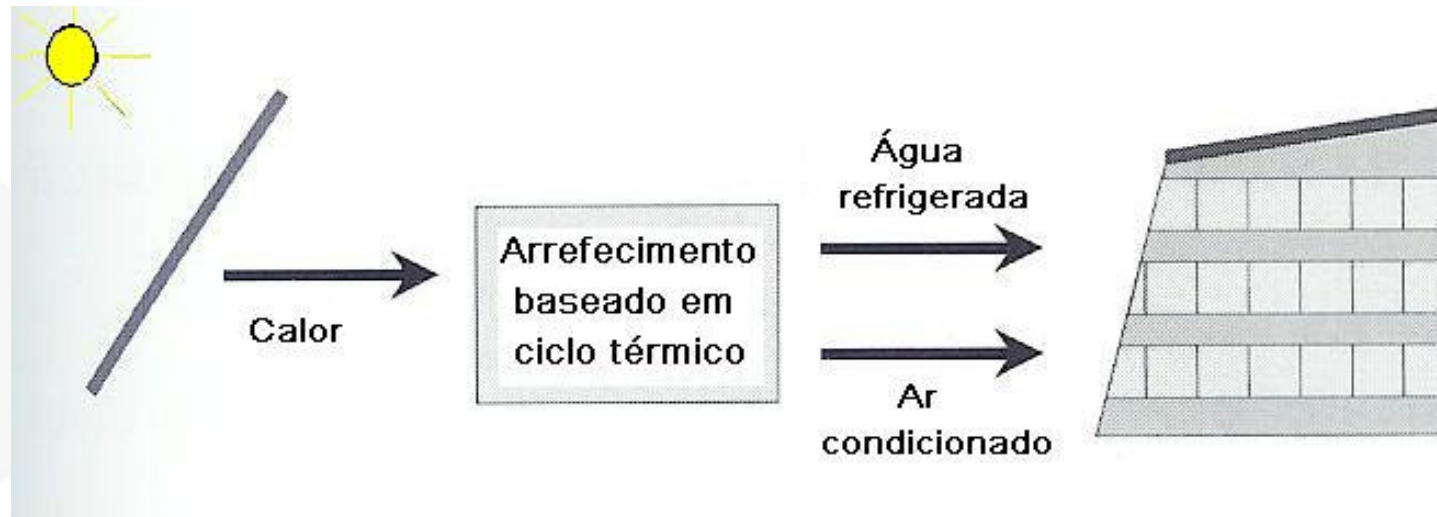
The main objective of Subtask D is to initiate pilot projects covering a broad variety of technologies in suitable applications representing a significant part of industrial process heat consumers (in terms of size, temperature levels, heat transfer media, load patterns, etc.). The operation of these plants shall be monitored for a representative period to provide feedback on the design and operation concept as a basis for future developments and improvements.
 Subtask Lead Country: Germany

Results of the Joint Activity Will Include:

- "Solar thermal systems for industrial applications – demonstration projects and case studies", a colour brochure (information dossier)
- Industry workshops, during the Task duration
- Annual industry newsletters
- Design handbook on solar thermal systems for process heat




Arrefecimento assistido por energia solar



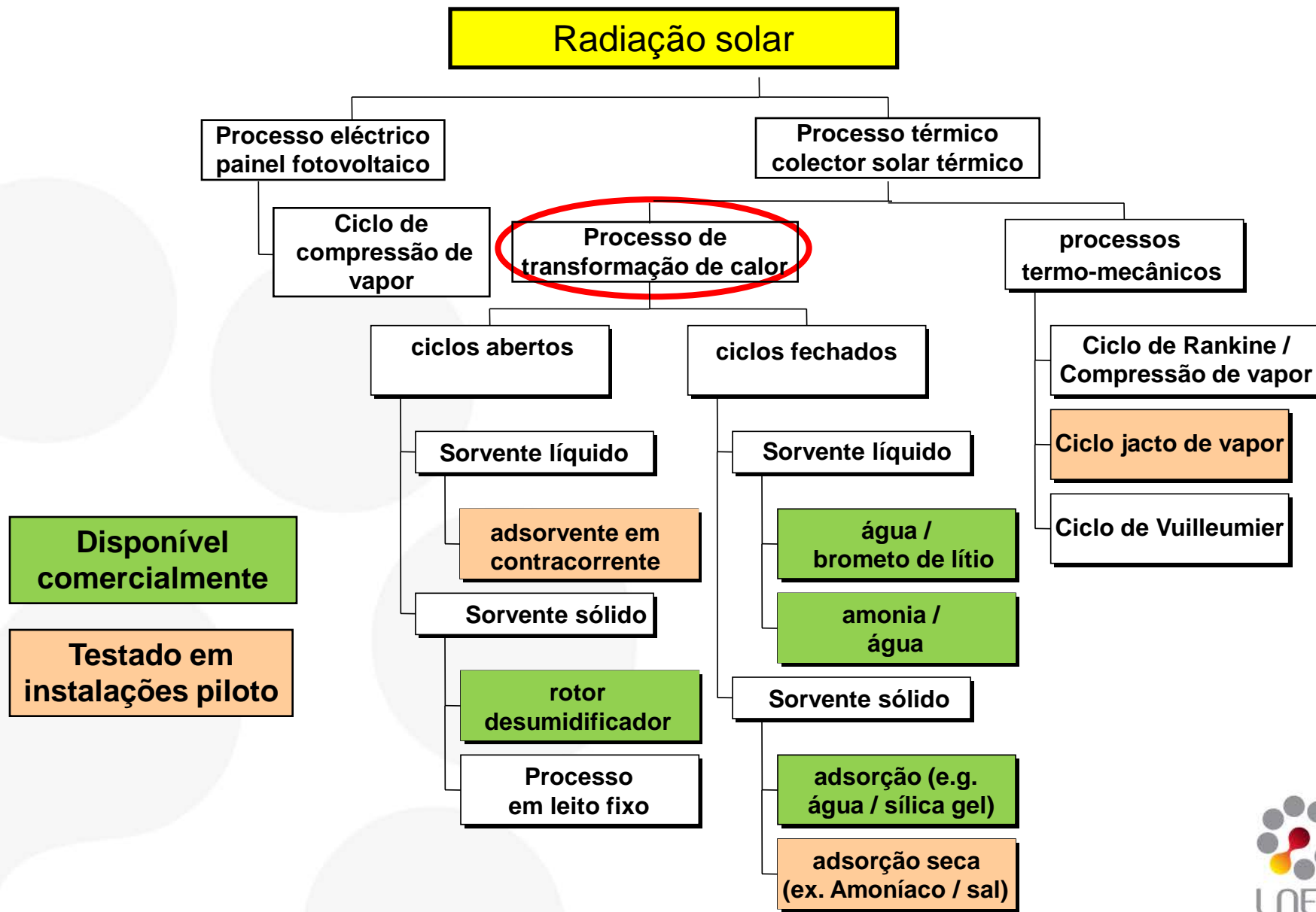
Arrefecimento Solar :

- . níveis elevados de radiação solar no verão
- . poupança em energia convencional
- . interesse económico (utilização anual)
- . baixas emissões de CO₂, NO_x, SO_x, etc.,

e ainda :

- . refrigerantes benignos (ozono e efeito de estufa)
- . alta qualidade do ar condicionado (100% ar novo)

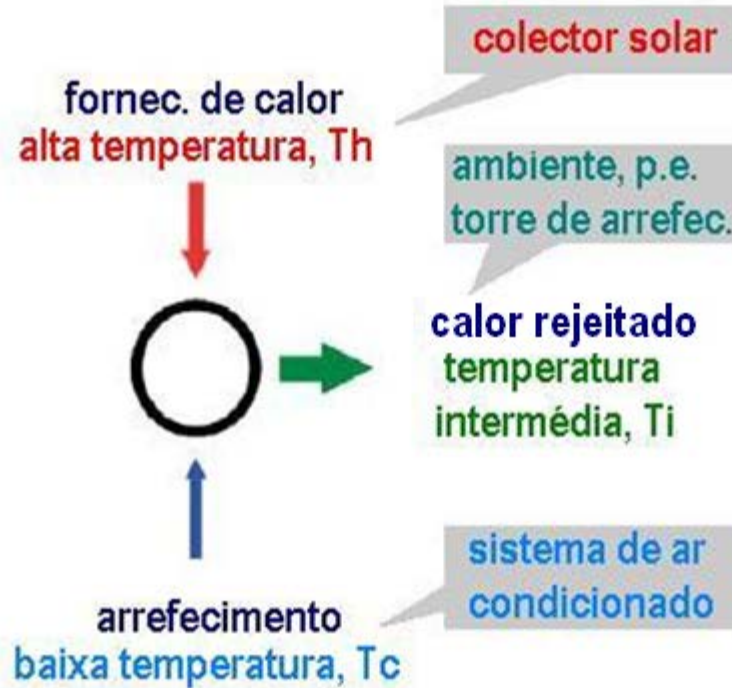
Arrefecimento assistido por energia solar



Ciclos Fechados

Sorvente líquido

Sistemas de absorção

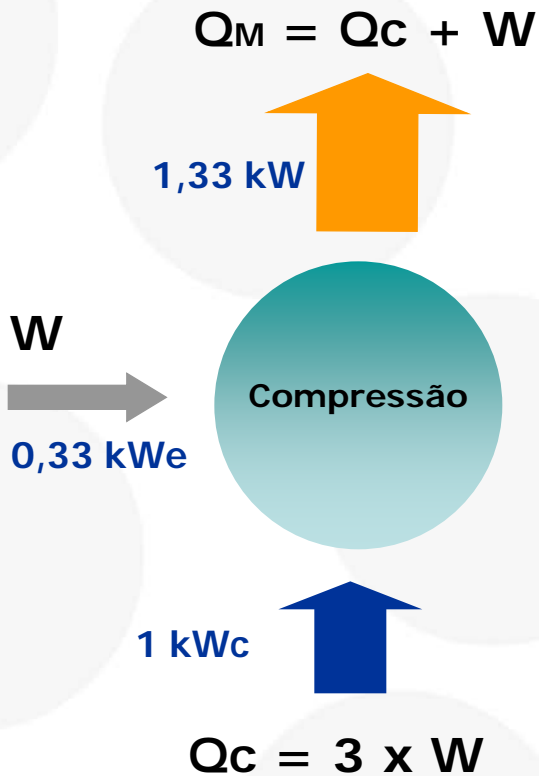


$$\text{coef. de performance} = \text{COP} = \frac{\text{frio produzido}}{\text{energia térmica fornecida}}$$

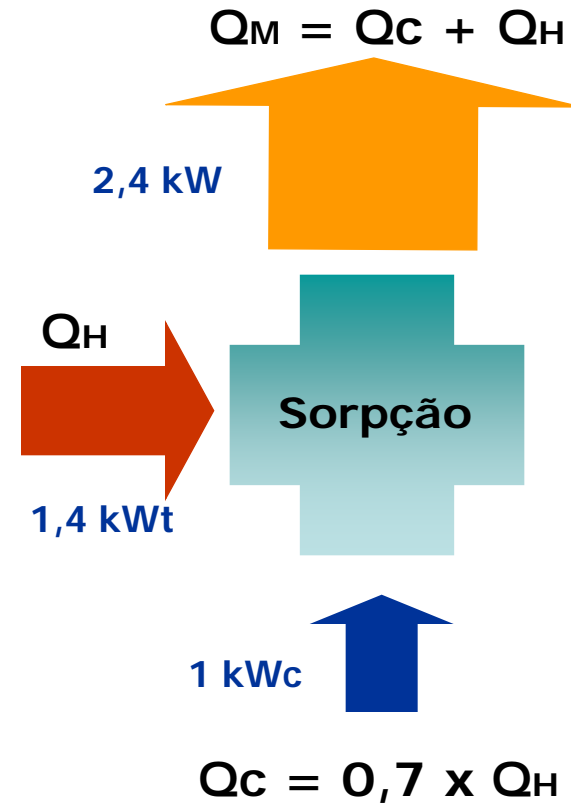
$$\text{COP}_{pe} = \frac{\text{frio produzido}}{\eta_{pe(\text{calor})} * \text{energ. term. fornec.} + \eta_{pe(\text{el.})} * \text{electric. consumida}}$$

Ciclos de arrefecimento

■ Compressão



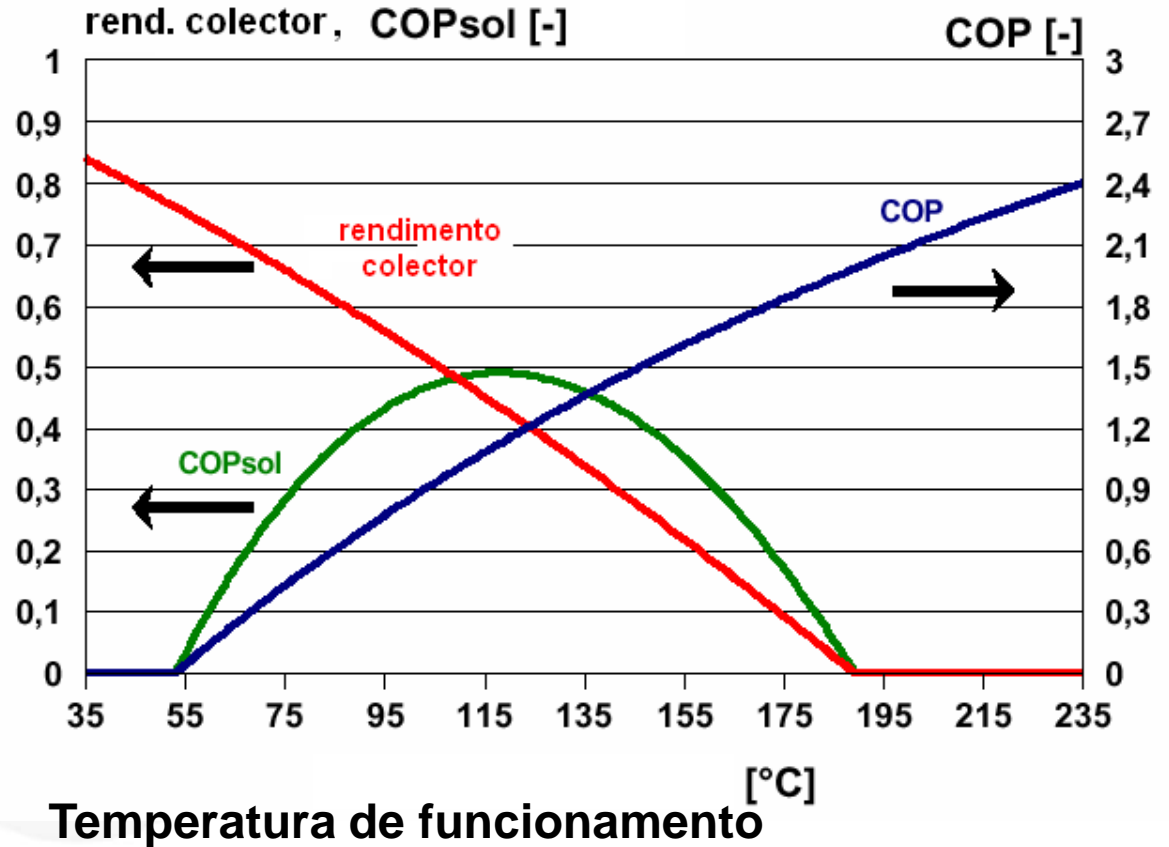
■ Sorpção



Arrefecimento com Energia Solar

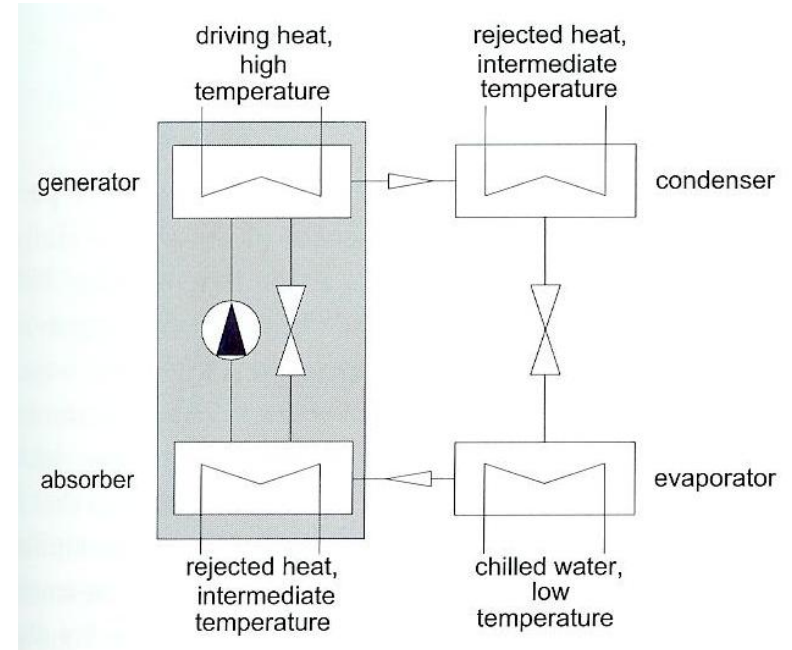
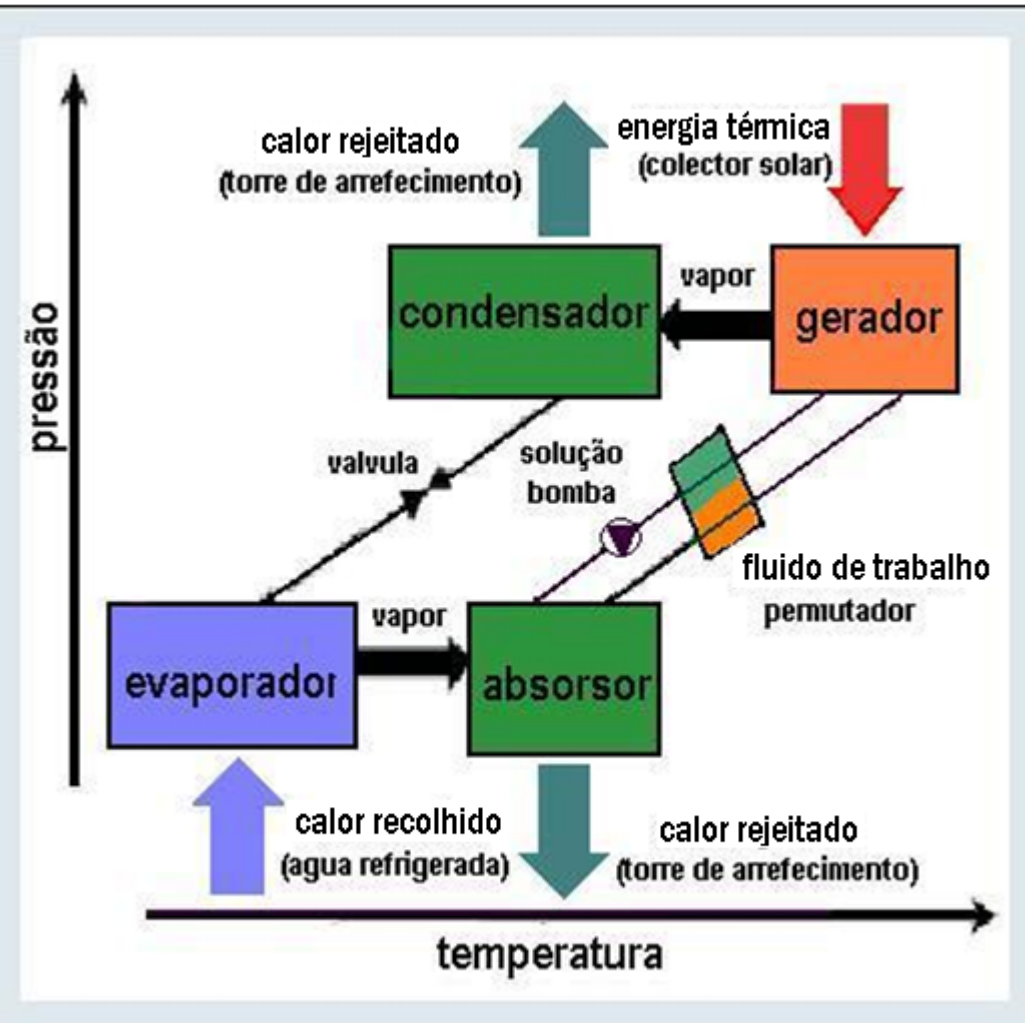
COP máximo das máquinas arrefecimento

$$\text{COP}_{\text{sol}} = \text{COP} * \eta_{\text{collector}}$$



Fontee : Fraunhofer ISE

Ciclo Térmico de Absorção







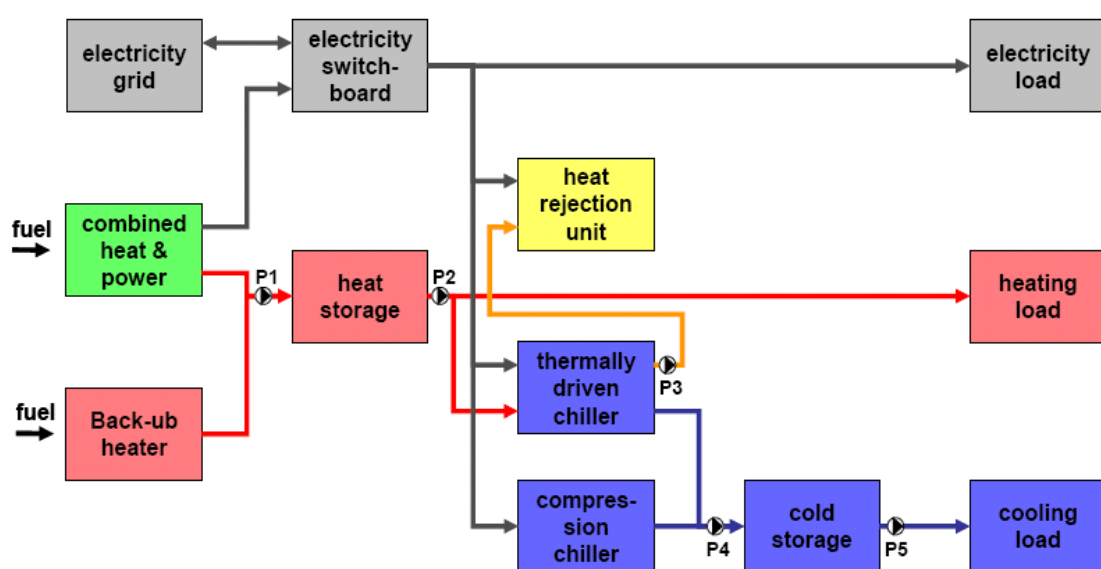
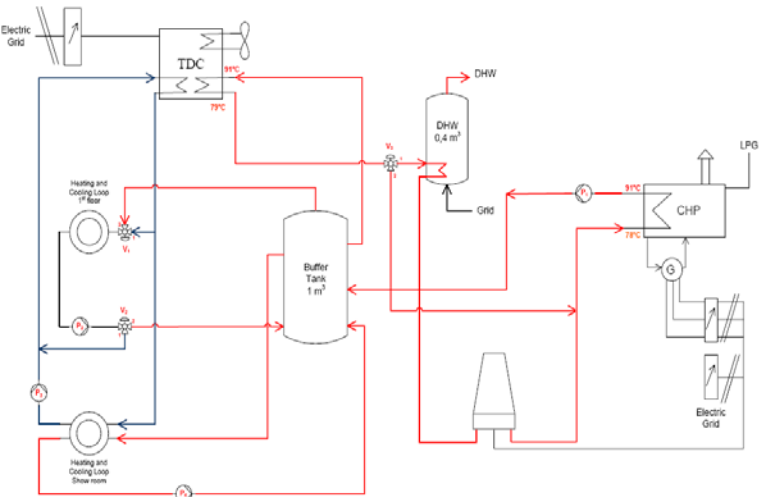
Efeito simples: COP = 0.6 - 0.8
T = 80 -110°C

Efeito duplo: COP = 0.9 - 1.2
T = 140 -160°C

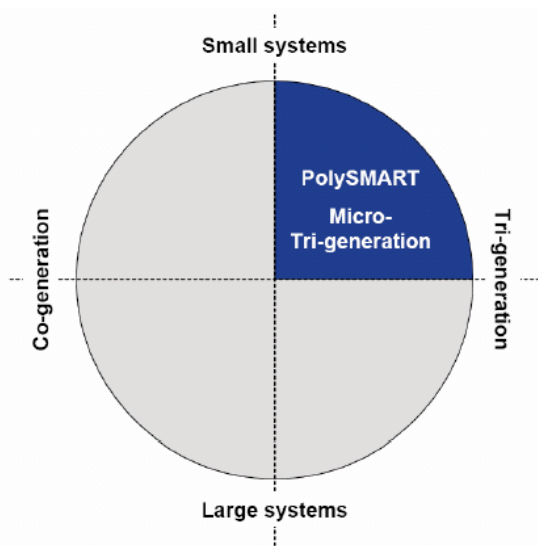
Efeito 3 e 4: COP = 1.7 - 2.2
T >>

Tecnologias de Frio com Energia Solar

Método	Ciclo fechado		Ciclo aberto	
Ciclo do refrigerante	Ciclo do refrigerante fechado		O refrigerante (água) está em contacto com a atmosfera	
Princípio	Água refrigerada		Desumidificação do ar e arrefecimento evaporativo	
Fase do sorvente	sólido	líquido	sólido	líquido
				
Mistura utilizada	água - sílica gel	Água - Brometo de lítio Amoníaco - água	Água - sílica gel Água - cloreto de lítio	Água - cloreto de cálcio Água - cloreto de lítio
Tecnologia disponível no mercado	<i>Chiller Adsorção</i>	<i>Chiller Absorção</i>	Sistema excitante-evaporativo	Próximo de introdução no mercado
Gama de potência de arrefecimento (kW frio)	50 – 430 kW	15 kW – 5 MW	20 kW – 350 kW (por módulo)	
COP nominal	0.5 – 0.7	0.6 – 0.75 (efeito simples)	0.5 – >1	> 1
Temperatura de funcionamento	60 – 90 °C	80 – 110 °C	45 – 95 °C	45 – 70 °C
Colectores Solares	Tubos de vácuo, tipo CPC, planos	Tubos de vácuo, tipo CPC, planos selectivos	Planos, colectores a ar	Planos, colectores a ar



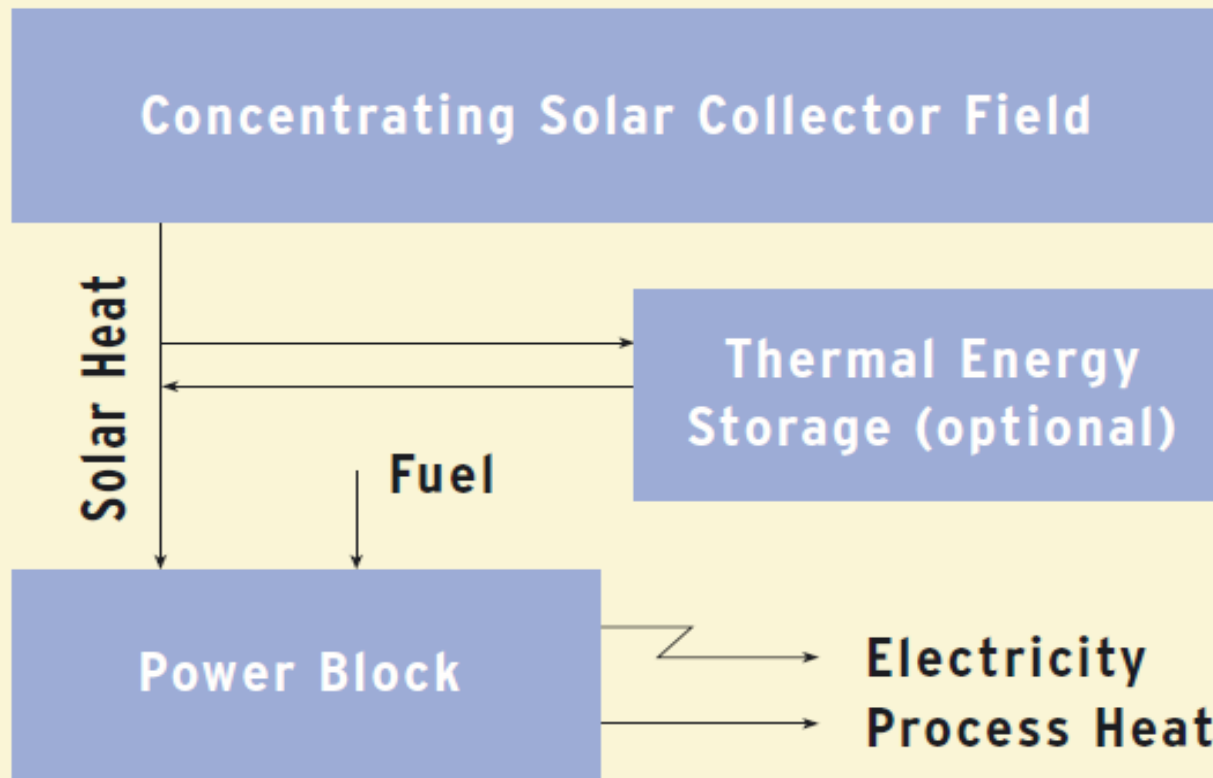
- Combination of thermally driven chillers (TDC) with combined heat and power systems (CHP)
- Tri-generation: combined heating, cooling and power (CHCP)
- Specific scope of the PolySMART project: small capacity systems



POLIGERAÇÃO

Produção combinada de electricidade calor e frio

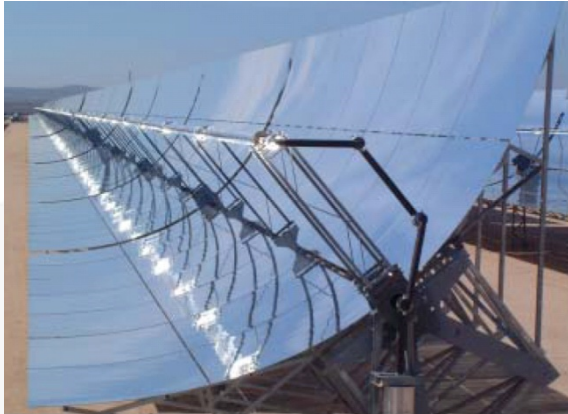




Principle of a concentrating solar power system for electricity generation or for the combined generation of heat and power.

$$\eta_{system} = \eta_{optical} \times \eta_{receiver} \times \eta_{transport} \times \eta_{storage} \times \eta_{conversion}$$

Centrais Solares Térmicas. As tecnologias



Cilindro-Parabólica



Fresnel linear



Receptor central

	Parabolic troughs	Central receiver	Dish/engine
Power unit	30–80 MW ^a	10–200 MW ^a	5–25 kW
Temperature operation	390 °C	565 °C	750 °C
Annual capacity factor	23–50% ^a	20–77% ^a	25%
Peak efficiency	20%	23%	29.4%
Net annual efficiency	11–16% ^a	7–20% ^a	12–25%
Commercial status	Mature	Early projects	Prototypes-demos
Technology risk	Low	Medium	High
Thermal storage	Limited	Yes	Batteries
Hybrid schemes	Yes	Yes	Yes
<i>Cost W installed</i>			
\$ per W	3.49–2.34 ^a	3.83–2.16 ^a	11.00–1.14 ^a
\$ per W _{peak} ^b	3.49–1.13 ^a	2.09–0.78 ^a	11.00–0.96 ^a

^a Data interval for the period 2010–2025. ^b Without thermal storage.

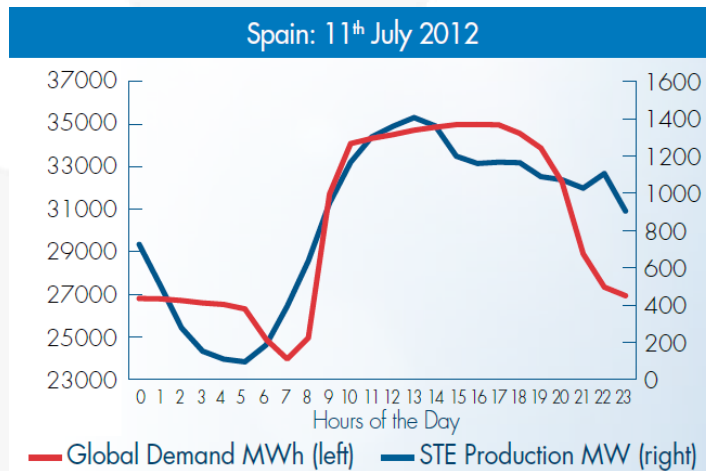


Disco parabólico/Motor

Centrais Solares Termoelétricas

Características :

- Despachabilidade
- Elevado factor de capacidade (50-100%)
- Possibilidade de hibridização com biomassa, outra FER ou fonte convencional
- Contribuição para a economia local
- Potencial de redução de custo (35-50%)



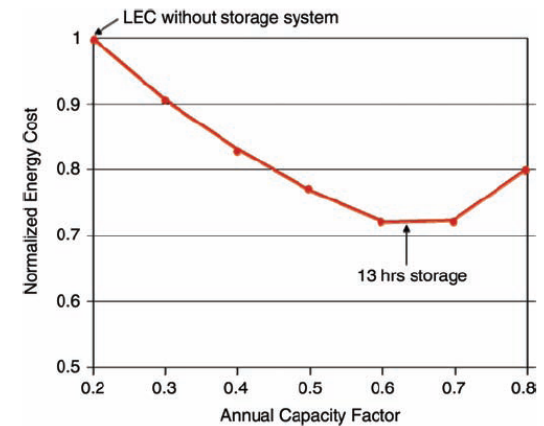
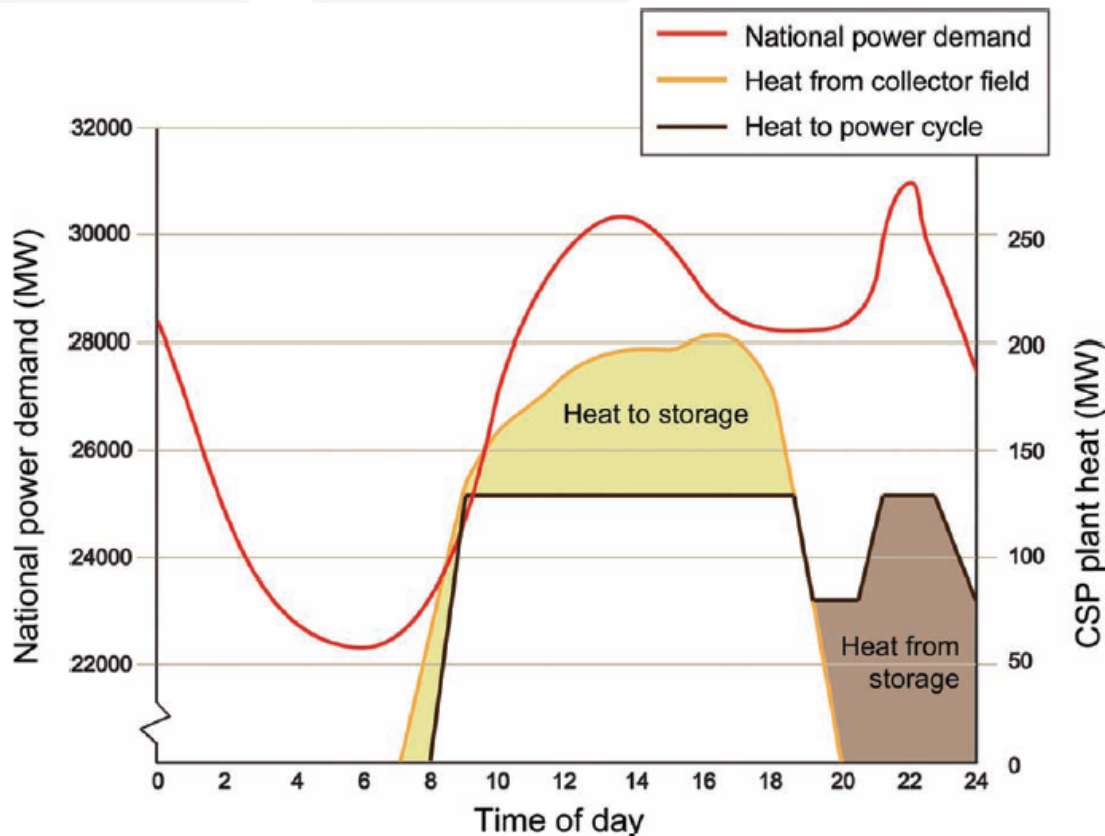
A curva de produção das centrais CSP adequa-se à curva de carga global.

Centrais STE e PV podem complementar-se beneficiando da mesma fonte comum: os sistemas distribuídos PV fornecem parte da carga reduzindo substancialmente a necessidade de centrais de potência de pico.

Ao contrário das centrais PV e eólicas podem ultrapassar facilmente o problema da intermitência.

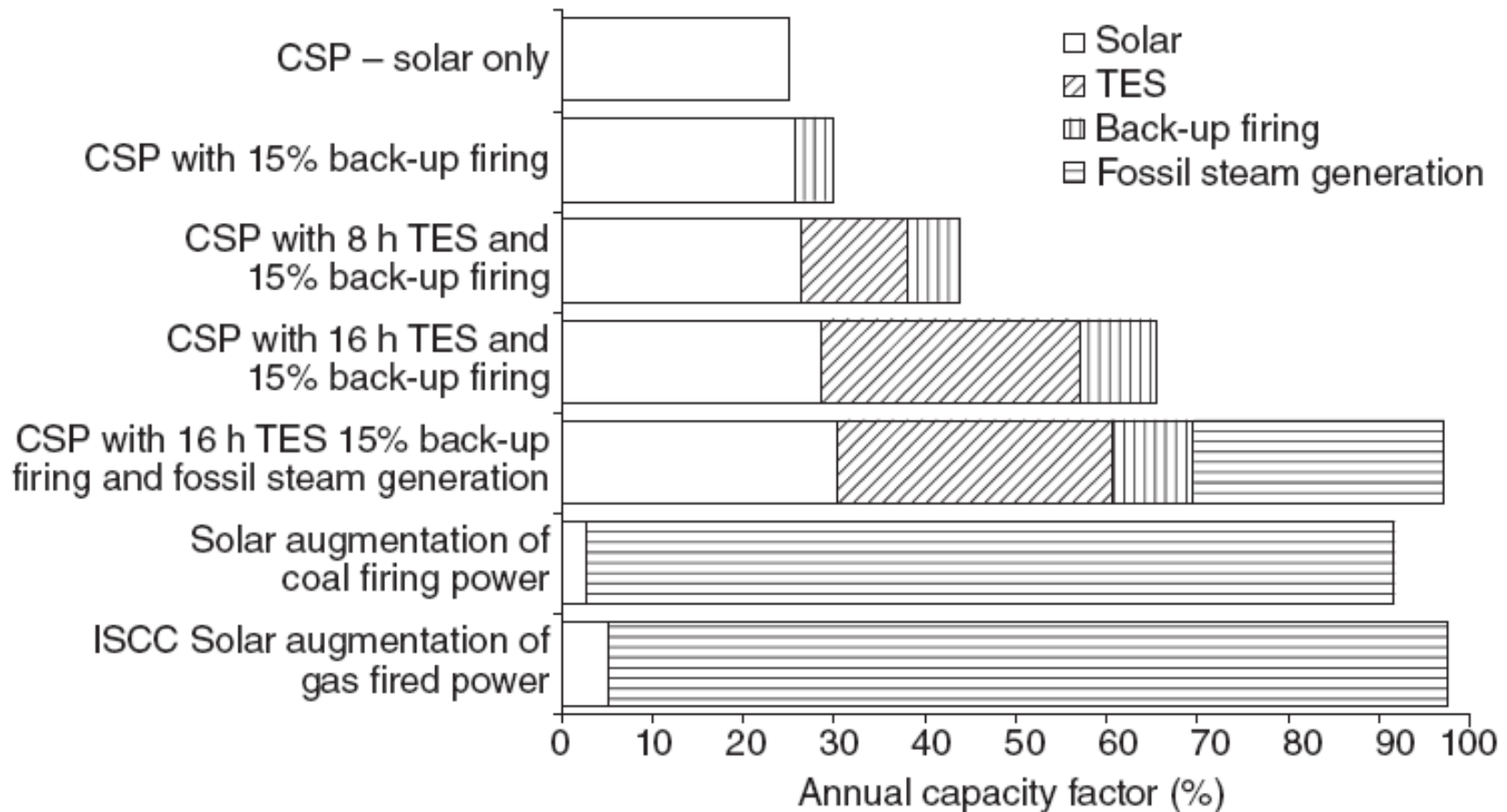
Centrais Solares Térmicas

- Capacidade única em termos de **integração** nas centrais convencionais
- Com armazenamento térmico ou com apoio a fuel fóssil as centrais solares dão **garantia de capacidade de abastecimento** sem perturbações estocásticas da rede
- Pode fornecer a **potência de pico no Verão** quando o vento e a água são escassos.
- Proporciona aplicações à **escala do MW**.



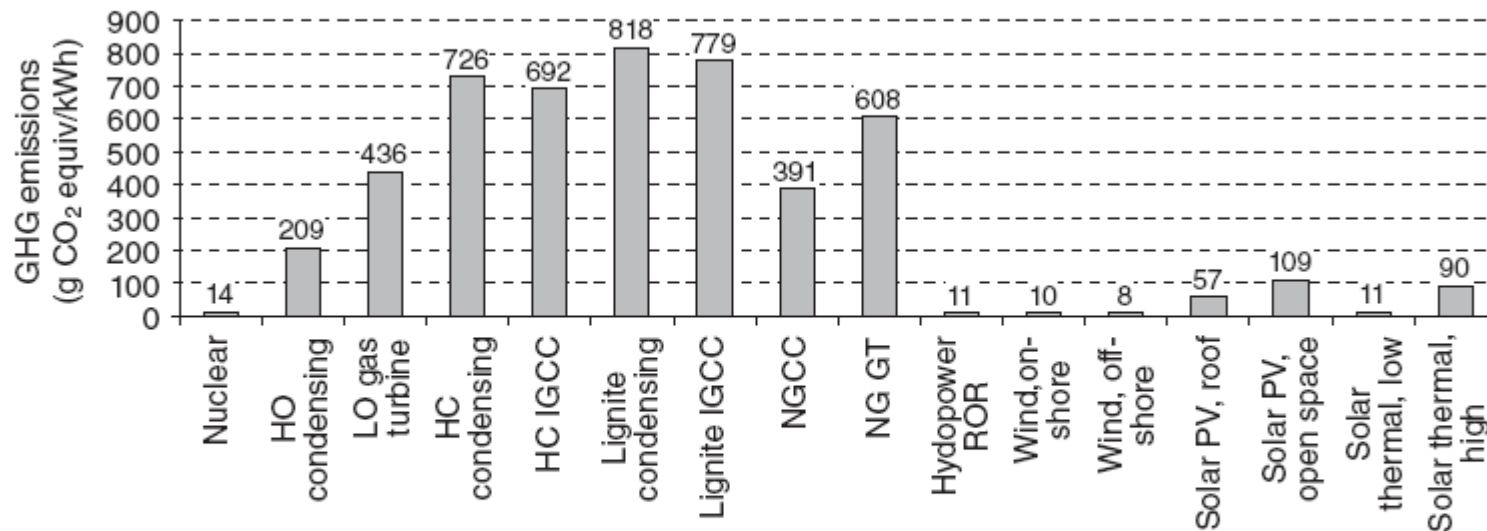
Levelised electricity cost for a solar tower plant with two-tank molten salt storage in California (USA) (Libby et al., 2009).

Factores de Capacidade



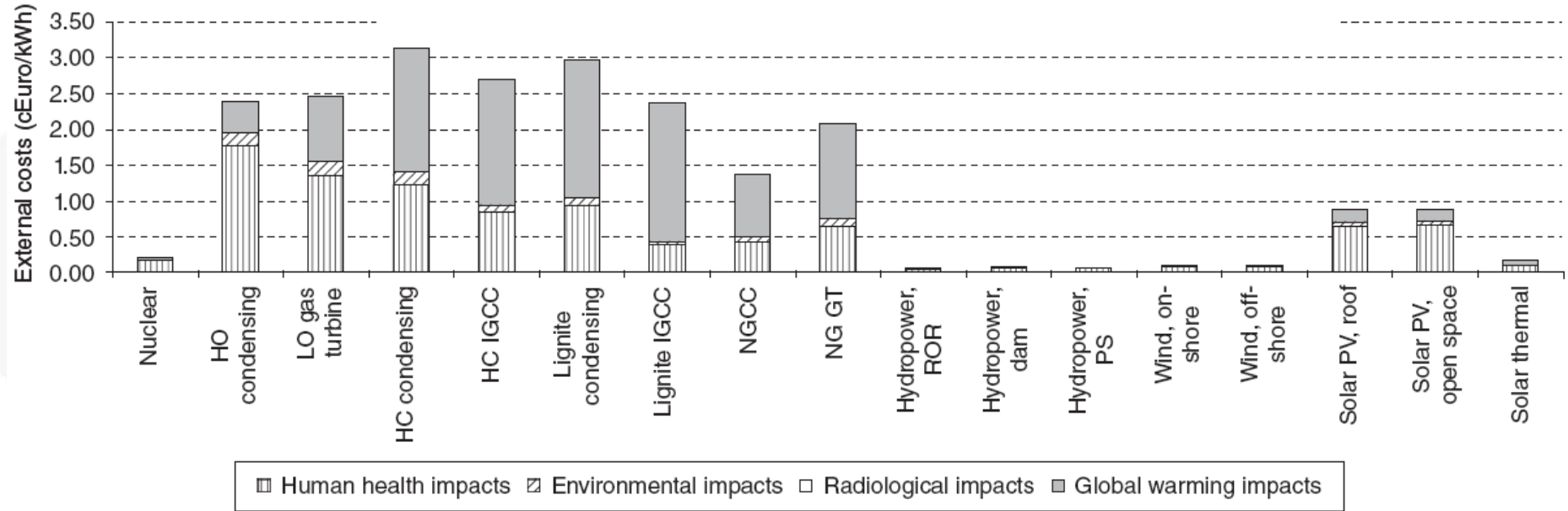
Achievable capacity factors for different CSP storage and hybrid concepts (© Martin Schlecht, Suntrace, 2011).

Emissão de Gases com Efeito de Estufa



Greenhouse gas emissions of different electricity generating technologies (source: CASES project www.feem-project.net/cases).
HO: heavy oil; LO: light oil; HC: hard coal; IGCC: integrated gasification combined cycle; NGCC: natural gas combined cycle; NG: natural gas; GT: gas turbine; ROR: run of river; PV: photovoltaic.

Impactes Socio-Económicos



External costs of different electricity generating technologies (source: authors' elaboration using CASES project data, www.feem-project.net/cases).



EUROPEAN ENERGY RESEARCH ALLIANCE

Concentrating Solar Power Joint Programme

SUB-PROGRAMME 1: Concentrated Solar Power plus Desalination (CSP+D)

SUB-PROGRAMME 2: Thermal Energy Storage for CSP plants (TES)

SUB-PROGRAMME 3: Solar Thermochemical Production of Fuels (STPF)

SUB-PROGRAMME 4: Accelerated Aging of Materials (AAM)



IMPLEMENTING PLAN OF THE EUROPEAN SOLAR THERMAL
ELECTRICITY INDUSTRY INITIATIVE (STE-EII)

ESTELA's PROPOSAL

24/02/2010



www.estelasolar.eu

THE SOLAR THERMAL ELECTRICITY EUROPEAN INDUSTRY INITIATIVE (STE-EII)

TECHNOLOGY OBJECTIVES 2010 -2020

1.- Increase efficiency and reduce generation costs

To improve the conversion efficiency and cost at system level as well as the reliability, efficiency and cost of individual components

2.- Increase dispatchability

To develop and improve thermal energy storage, as well as hybridisation of the power plants with natural gas and potentially with biomass

3.- Improve the environmental footprint

To reduce the cooling water consumption through innovative cycles, by developing dry cooling systems and optimising land use
To demonstrate CSP-specific water desalination processes

4.- Longer term R&D

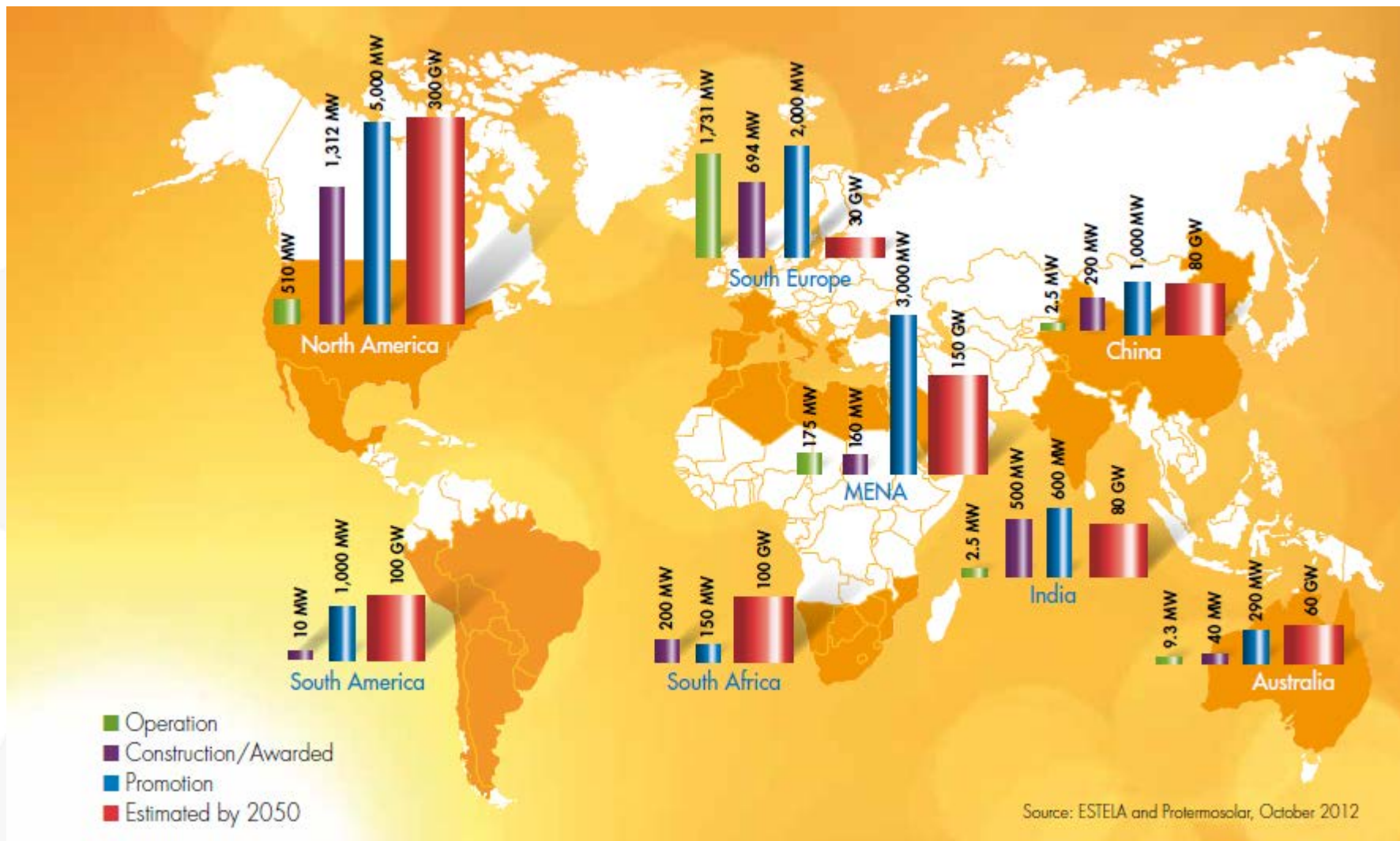
To work on advanced components, concepts and systems

Short Term Priority

We still keep the budget estimation for the STE-EII during the 2010-2020 period

Cost reduction between 35-50% was expected by the year 2020, in comparison with 2010 prices .





The scaling-up of plant size and the increase of installed capacity worldwide will significantly contribute to lowering costs as well. Therefore, it is reasonable to say that, **if the 30 GW threshold is reached by 2020, STE power plants would feed dispatchable and reliable electricity to the grid at 10 –12 c€/kWh**, depending on the available irradiation. This would make the STE technology totally competitive with conventional power generation in the medium term, considering realistic scenarios of increases in fossil fuel price and CO2 emission rights.

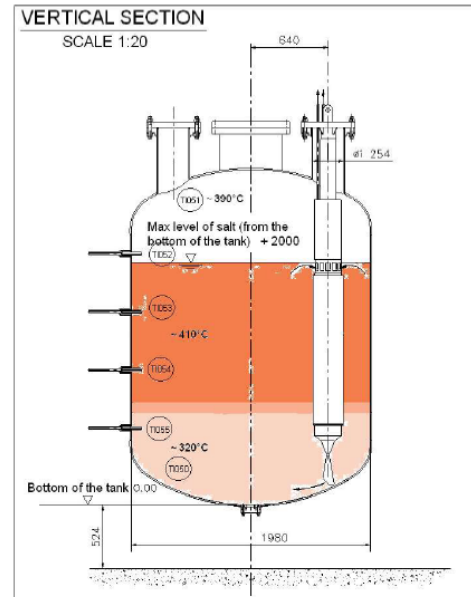
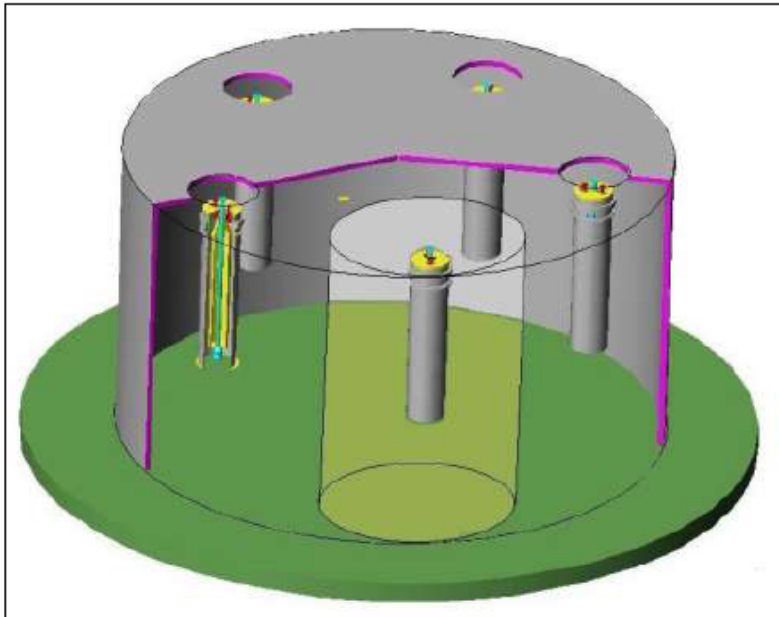


The OPTS Project : OPTimization of a Thermal energy Storage system with integrated steam generator

Collaborative Project of the 7th FP

ENERGY.2011.2.5-1: Thermal energy storage for CSP plants

Coordinator : Dr. Fabrizio Fabrizi Partners : (ENEA), CEA, CNRS, FRAUNHOFER, WEIZMANN, CREF-Cyl, ANSALDO, CIEMAT, ENEL, LNEG



LNEG Activities in the corrosion area, storage modulation and system simulation

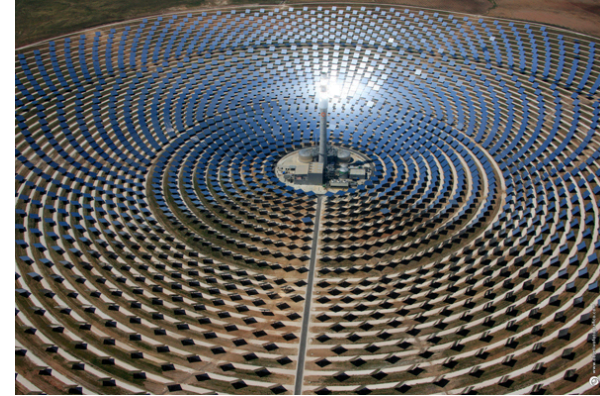
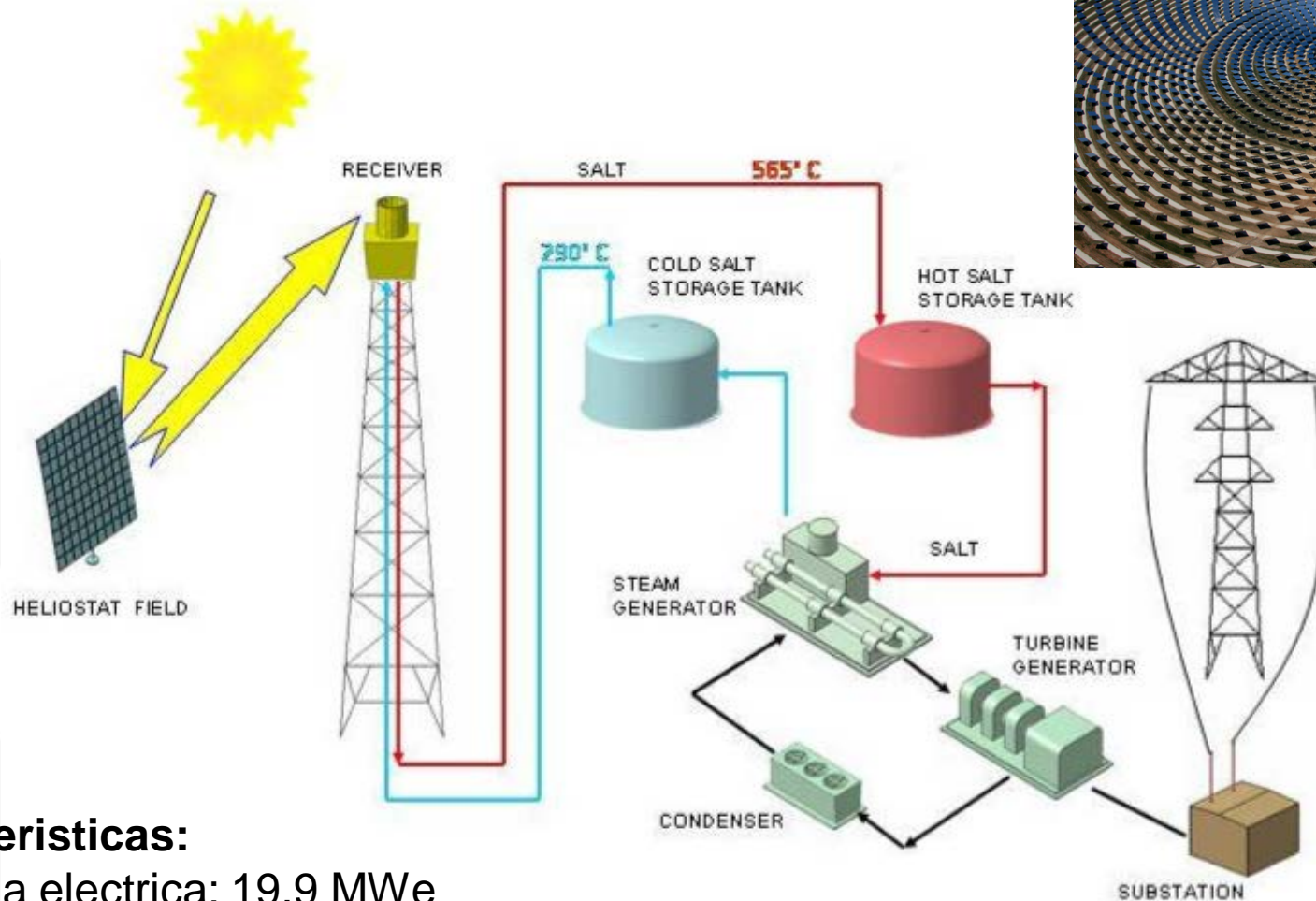


Receptor em torre central e armazenamento térmico em sais fundidos

G
E
M
A
S
O
L
A
R



Diagrama da Central GEMASOLAR



Características:

Potência eléctrica: 19.9 MWe

Produção eléctrica anual: 110 GWh/year

Campo solar: 2,650 heliostatos (304 750 m²) em 185 hectares

Sistema de Armazenamento: o tanque com sais fundidos permite geração independente de electricidade até 15 horas

Capacidade de utilização : 75% (6500 h/ano)

VALLE 1 & VALLE 2,



Torresol Energy
re inventing solar power

MAIN FEATURES PER PLANT

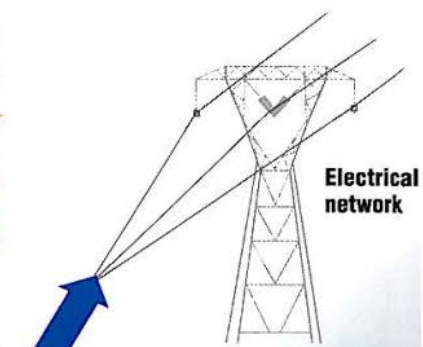
Key technologies: SENERtrough collectors and molten salts storage system

- Nameplate power of **50 MW**
- Thermal storage without sunlight up to **7.5 hours**
- Energy production of **170 GWh/year**

SOLAR FIELD

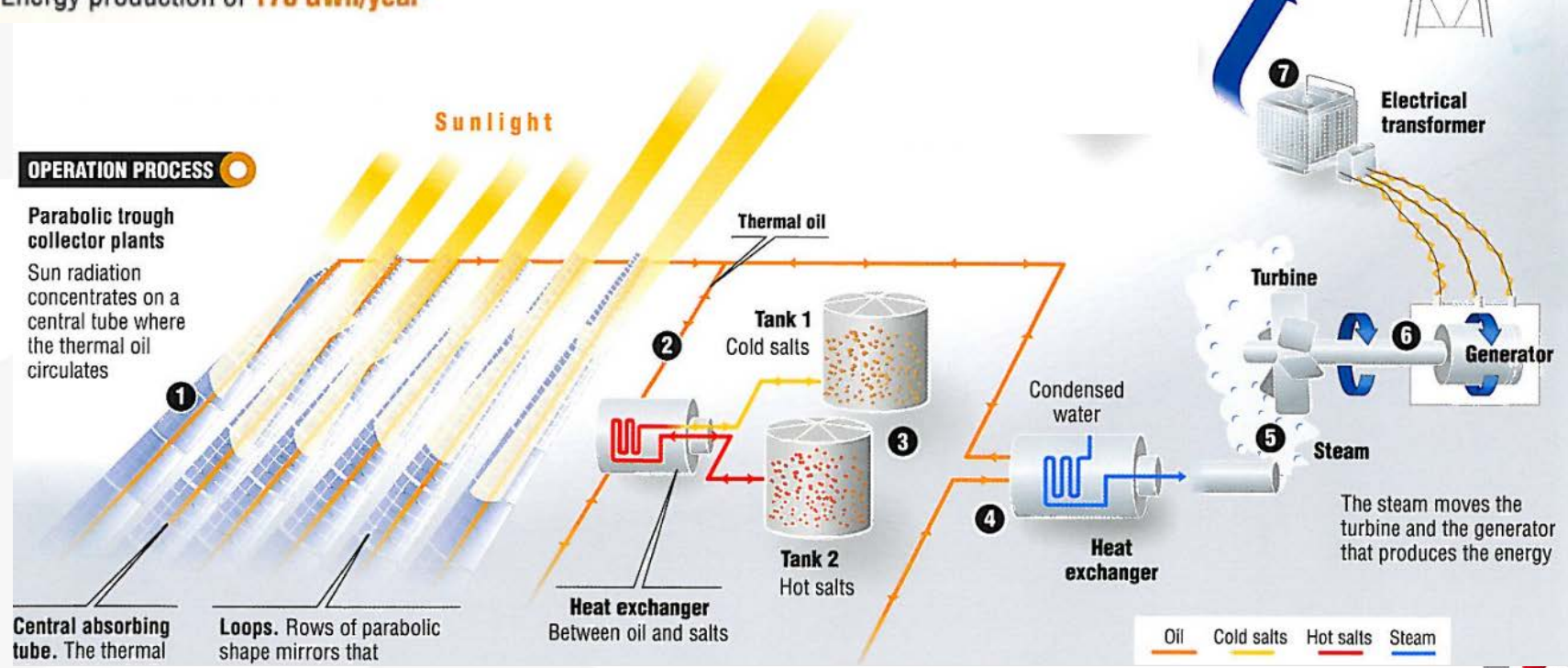
150 parallel loops with four series connected collectors

Each solar field consists of **624 units of SENERtrough collectors**



OPERATION PROCESS

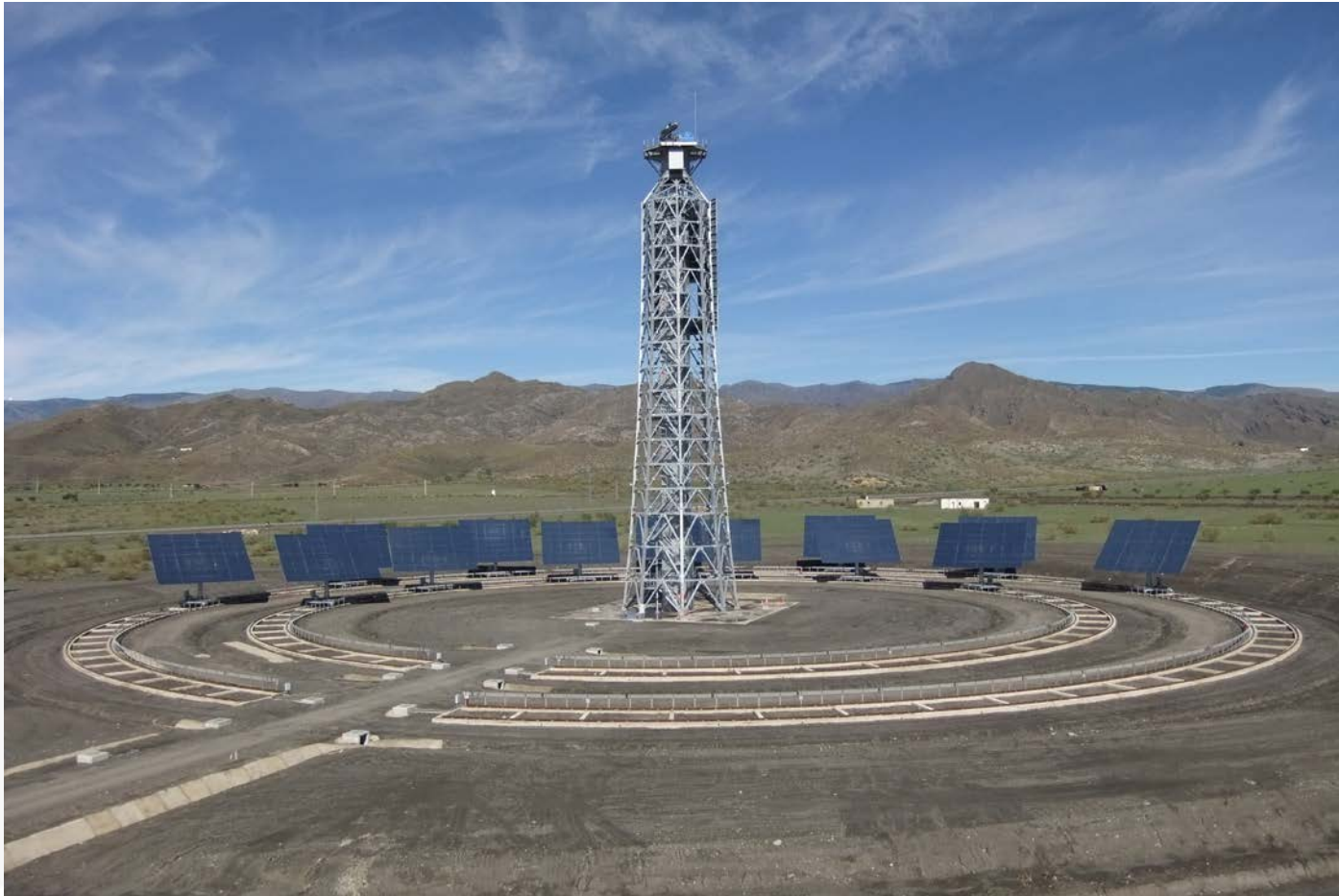
Parabolic trough collector plants
Sun radiation concentrates on a central tube where the thermal oil circulates

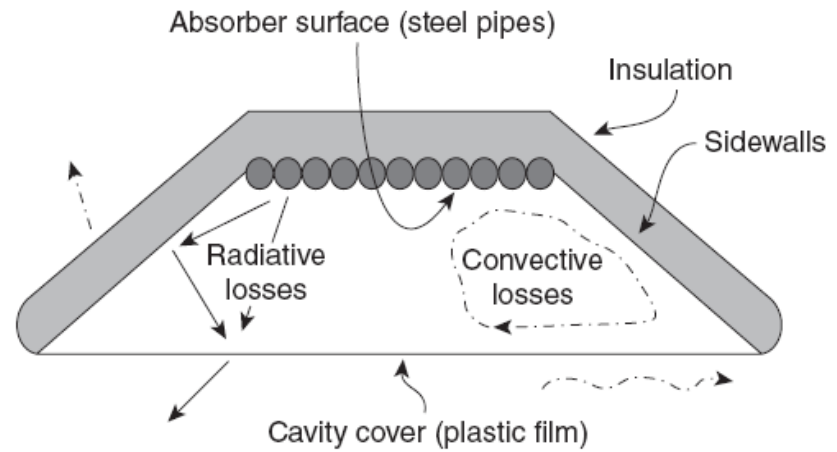
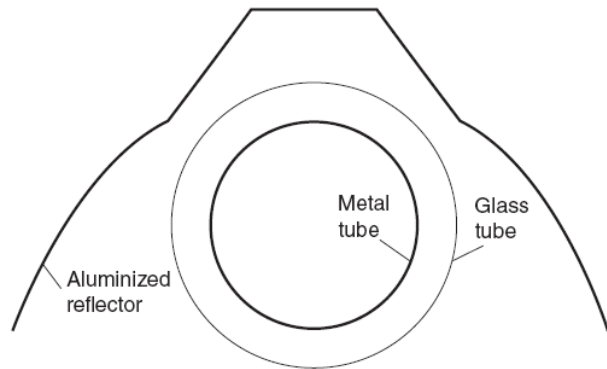
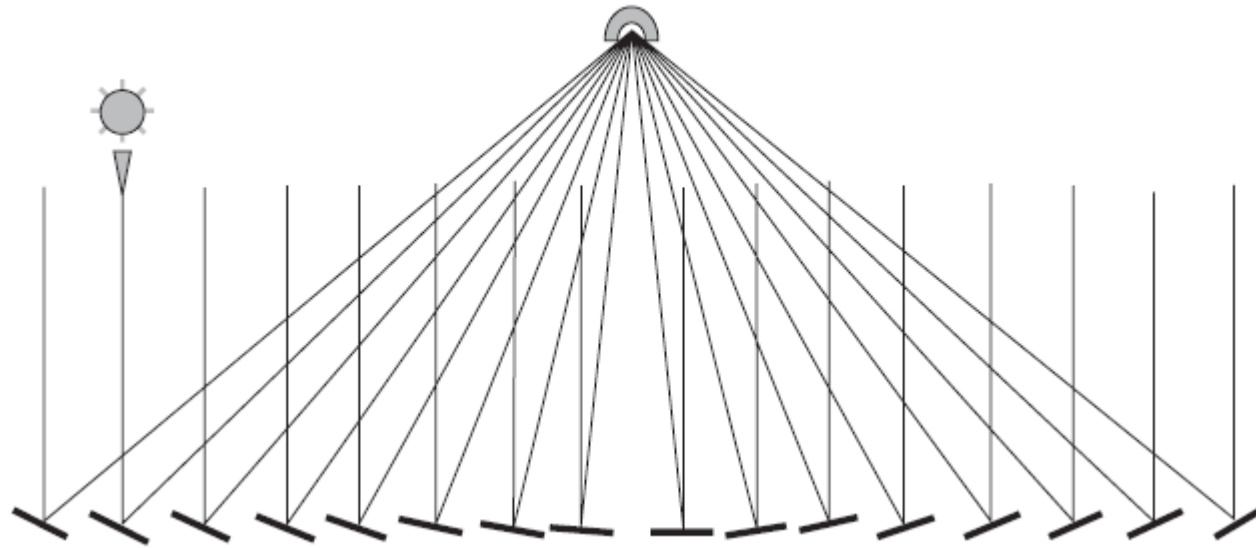


Location:
San José del Valle (Cádiz, Spain)

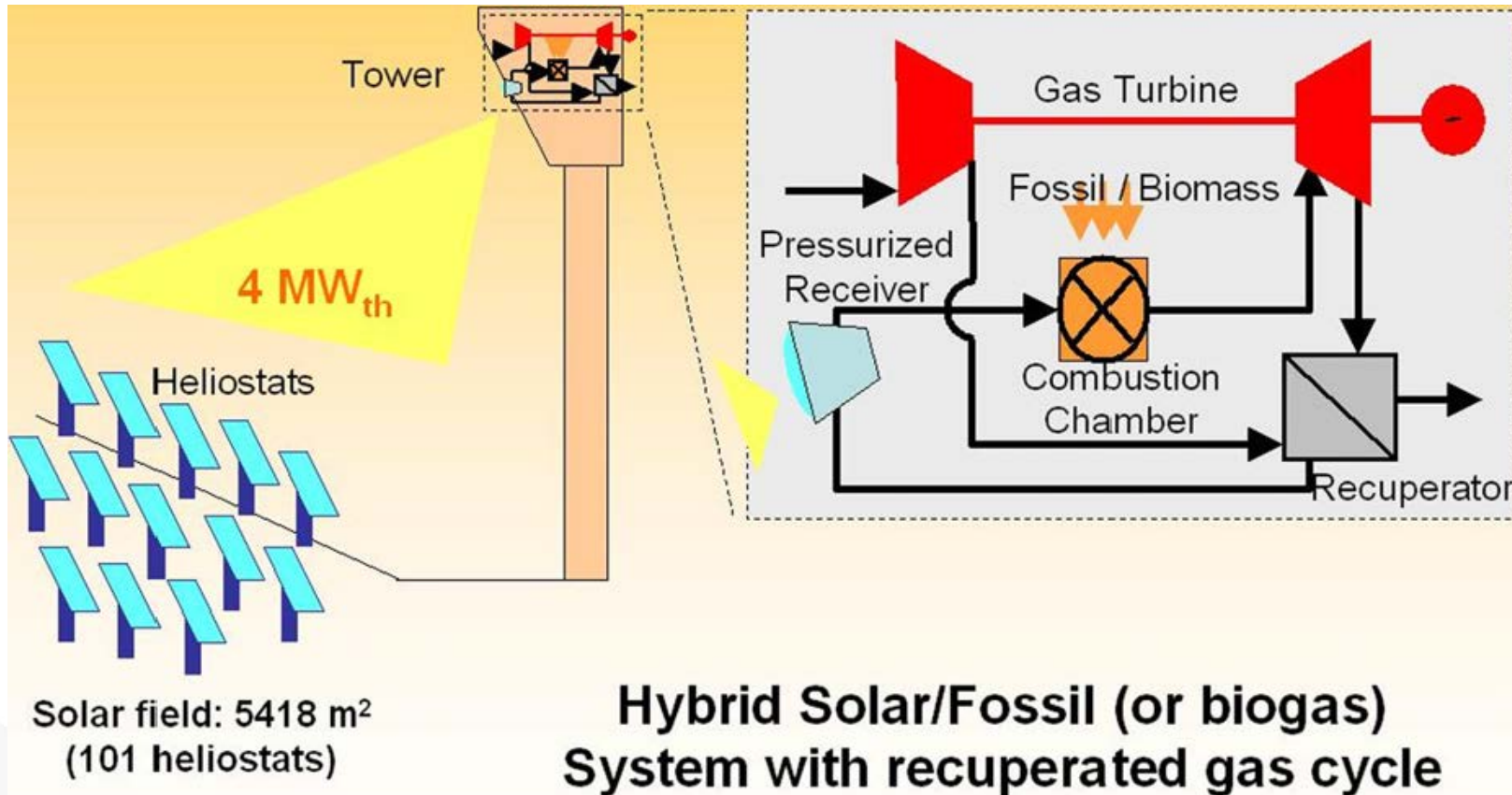


CTAER - Central Solar de Geometría Variable na Plataforma Solar de Almeria (PSA)



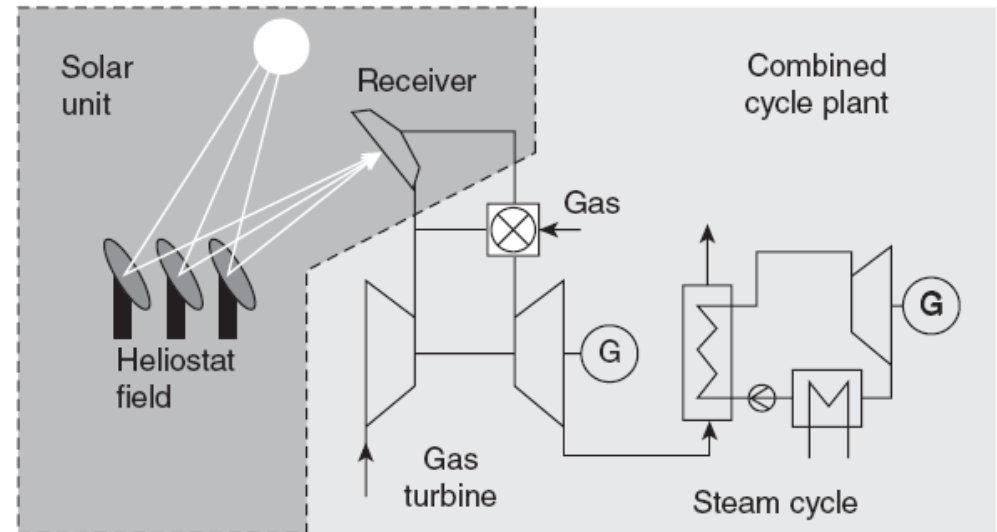


Centrais híbridas com biomassa

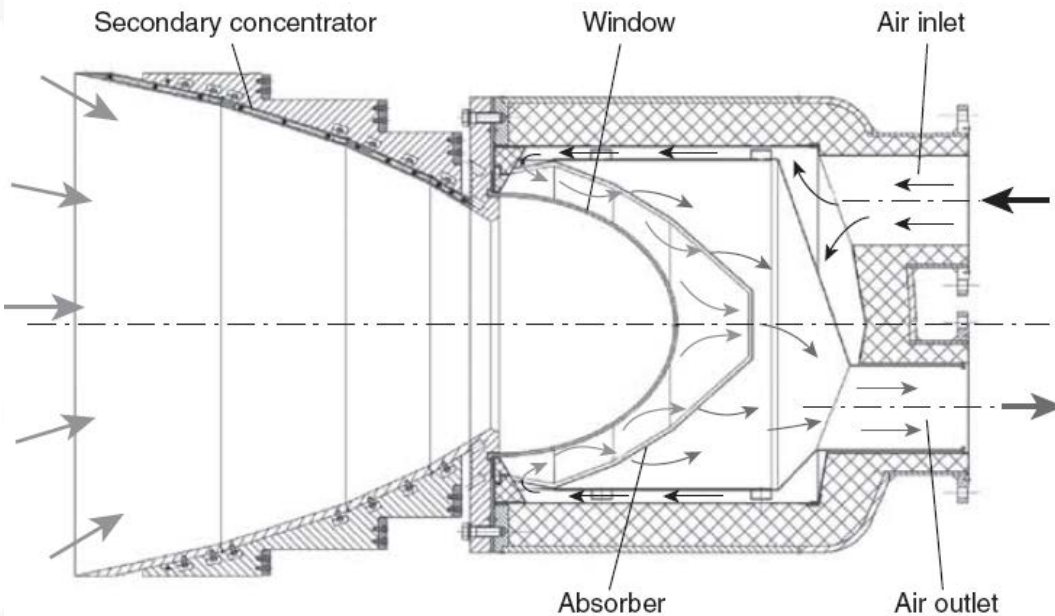


View of the Themis facility and scheme of the Pegase system.

Centrais híbridas



Solar air preheating system (from [27], with permission).



REFOS Receiver module (from [27], with permission).

CSP na produção de gás de síntese

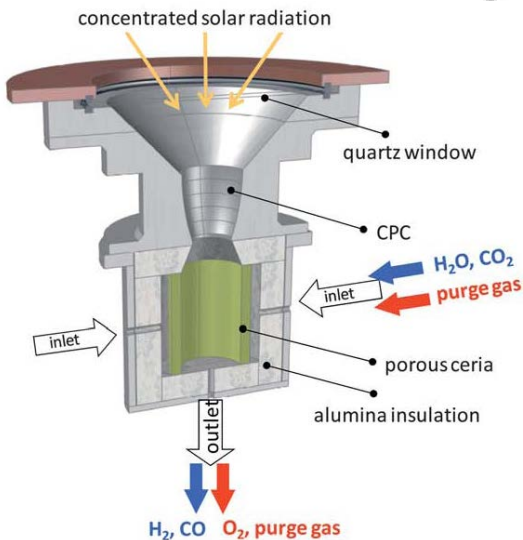
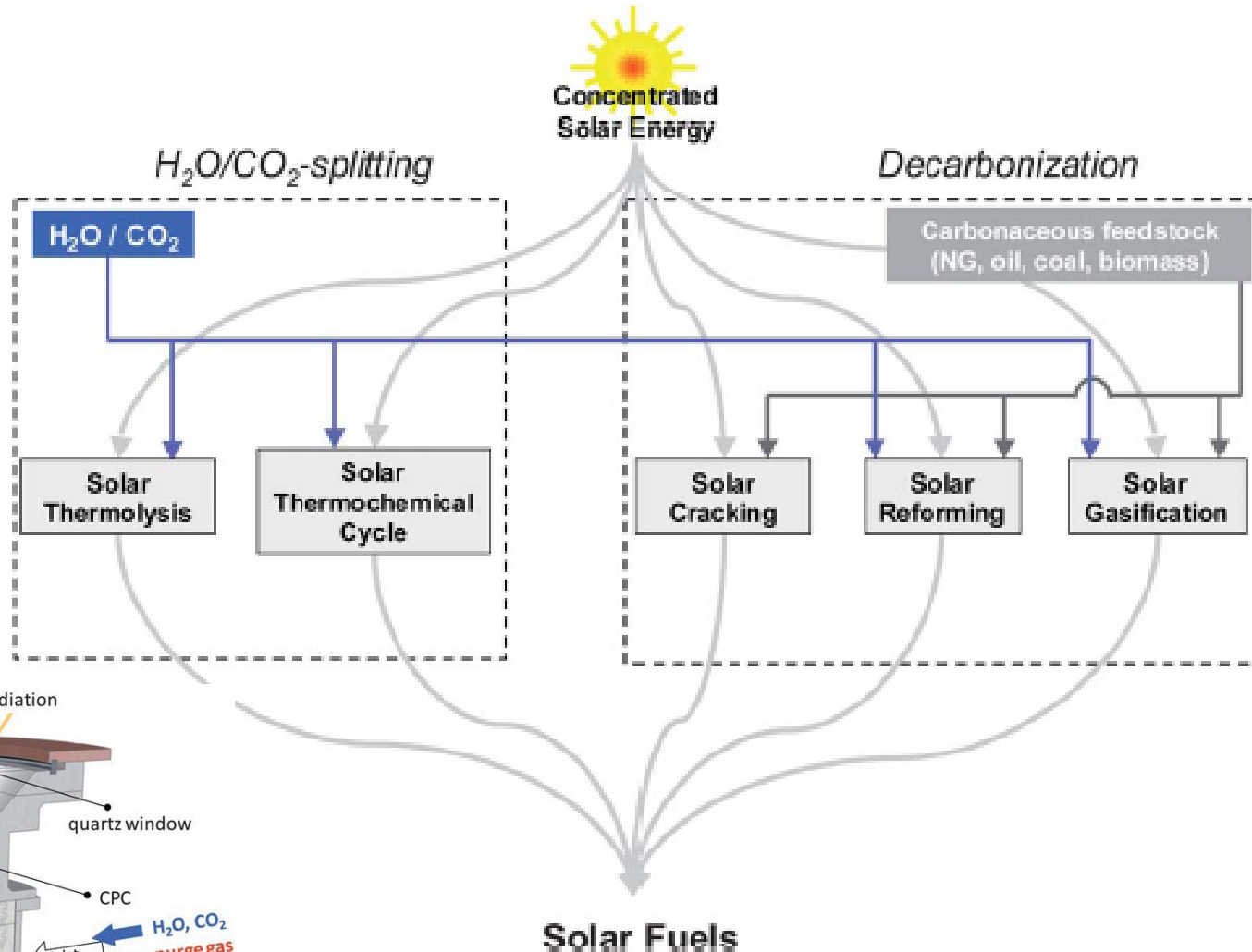
A ideia base:

- Processos de conversão termoquímica de biomassa globalmente são endotérmicos;
- Calor necessário para estes processos pode ser fornecido pela energia solar térmica concentrada;
- Os produtos resultantes representam aproximadamente a soma da energia armazenada pela fotossíntese e pelo processo térmico

Dois processos principais:

- Pirólise;
- Gasificação;

Produção de Combustíveis Solares



PILOT INSTALLATION

RENEWABLE ENERGY

SUN

Sun energy is a clean, inexhaustible and freely available source of renewable energy.

LANDFILL

The amount of municipal wastes is increasing every year. In Slovenia, the annual production of municipal waste is 450 kg per capita.

Solar tower

LANDFILL GAS

Landfill gas is formed during the decomposition process of organic waste. Generally, it contains 45-60 vol% methane, 40-60 vol% carbon dioxide but also other gasses, which are known also as greenhouse gases (GHG). Some of its characteristics are that can cause small explosions, pollution of ground water and generate unpleasant odors in the surroundings. One tonne of waste can generate up to 400Nm³ of landfill gas, which can be generated up to 20 years.

REFORMER

SYNTHESIS GAS

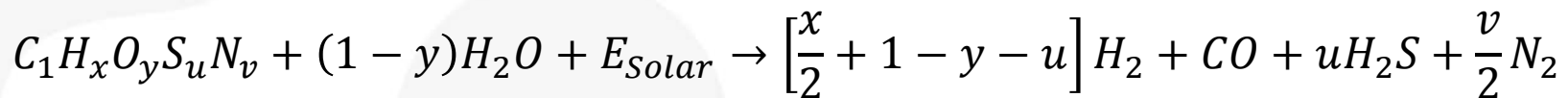
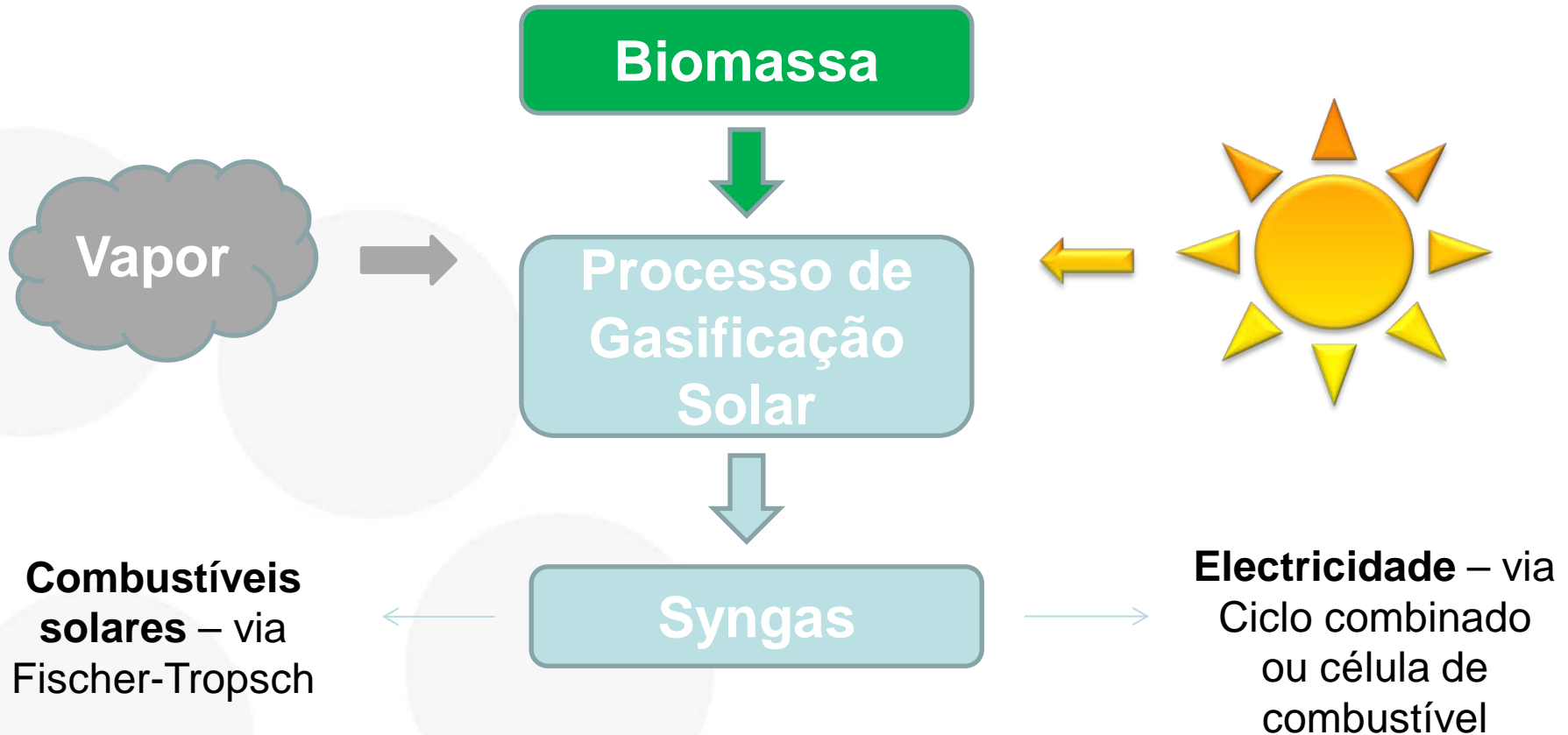


ENGINE (150 kW)

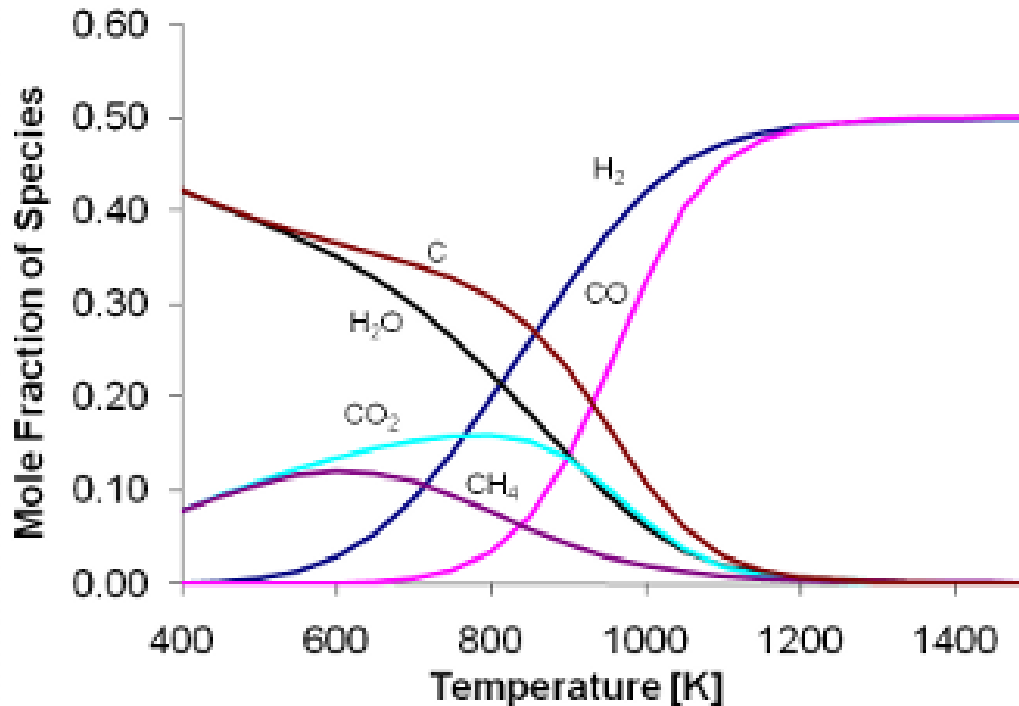
GREEN ENERGY



Gasificação de biomassa via CSP



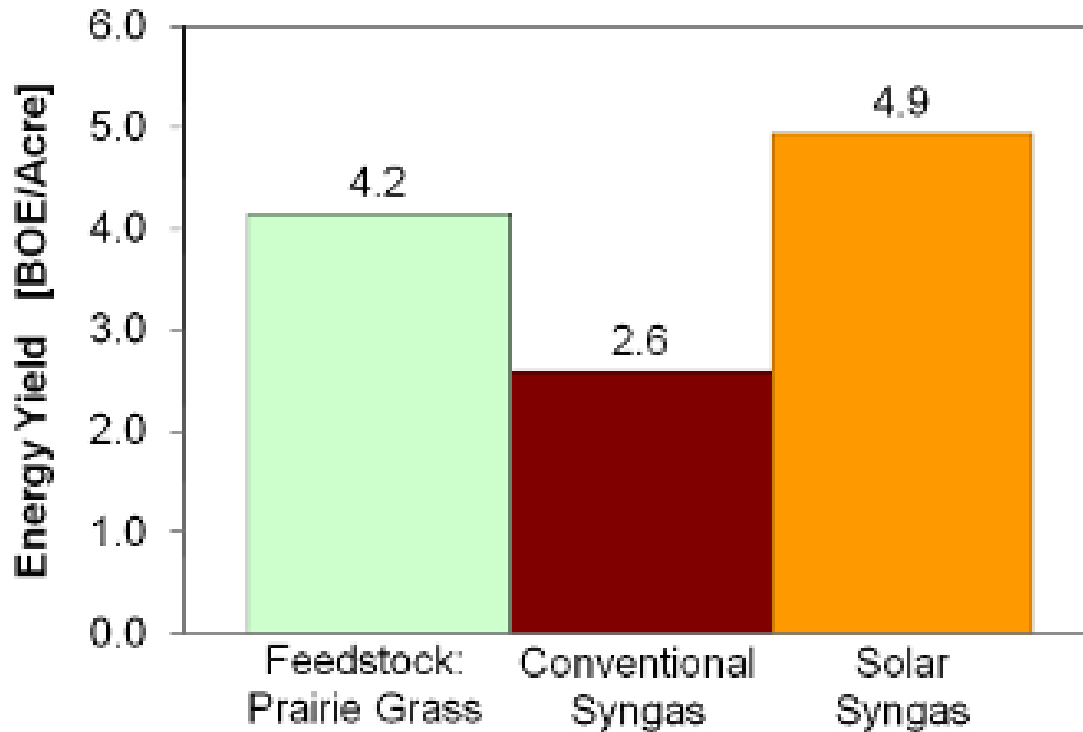
Gasificação de biomassa via CSP



Fonte: University of Minnesota

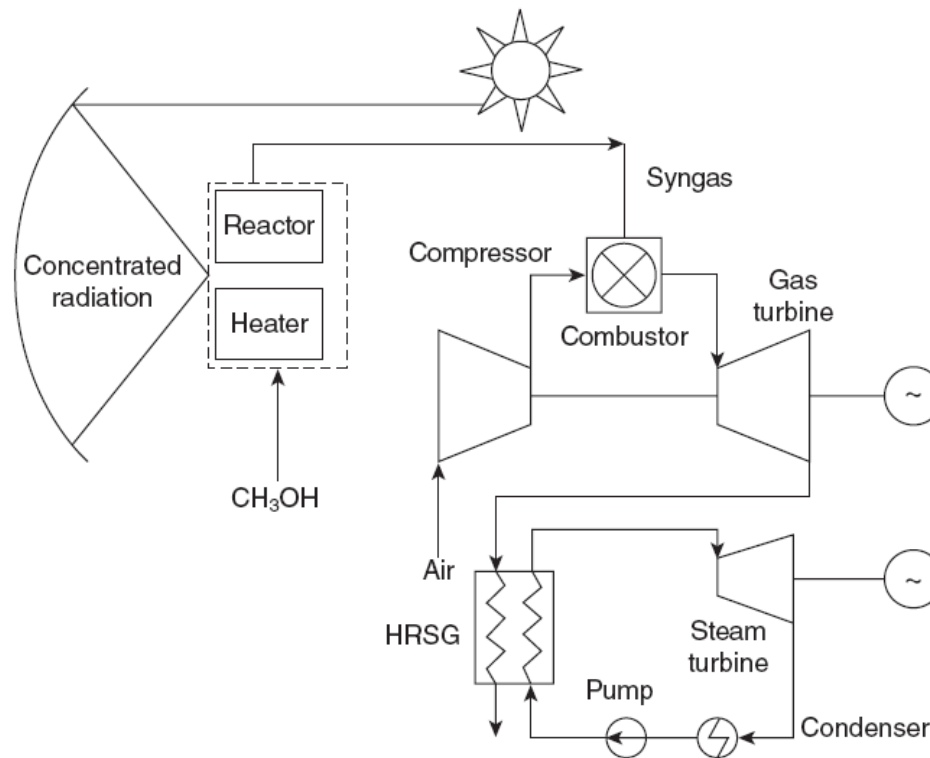
- ✓ A 1200K a razão molar de produção de H₂ e CO é aproximadamente de 1:1
- ✓ Acima de 1200K a produção de compostos secundários é quase nula
- ✓ CSP consegue atingir estas temperaturas

Gasificação de biomassa via CSP



Fonte: University of Minnesota

- ✓ Benefício energético na produção de combustíveis via processo de Fischer-Tropsch



Schematic of the new solar/methanol combined cycle hybrid plant.

Sistema em estudo na Academia Chinesa de Ciências: central de ciclo Combinado, alimentada pelo syngas que resulta da decomposição do metanol em reactor aquecido numa central solar .

Gasificação de biomassa via CSP

Vantagens:

- Produz syngas com maior capacidade calorífica
 - Conteúdo energético da matéria prima pode ser aumentado até cerca de 33% pela absorção de energia solar
- Permite a obtenção de temperaturas de gasificação mais elevadas (acima de 1200°C)
 - Resultando em maiores velocidades de reacção e maior qualidade do syngas produzido
- Vapor é o único agente gasificador
 - Elimina a necessidade de unidades de separação de ar a montante

Gasificação de biomassa via CSP

Vantagens:

- Produz mais syngas por unidade de matéria prima
 - Pois não usa parte da matéria prima para produção do calor de processo
- Evita contaminação do syngas com produtos secundários
 - Reduzindo os dispendiosos requisitos de processamento (limpeza e separação) a jusante

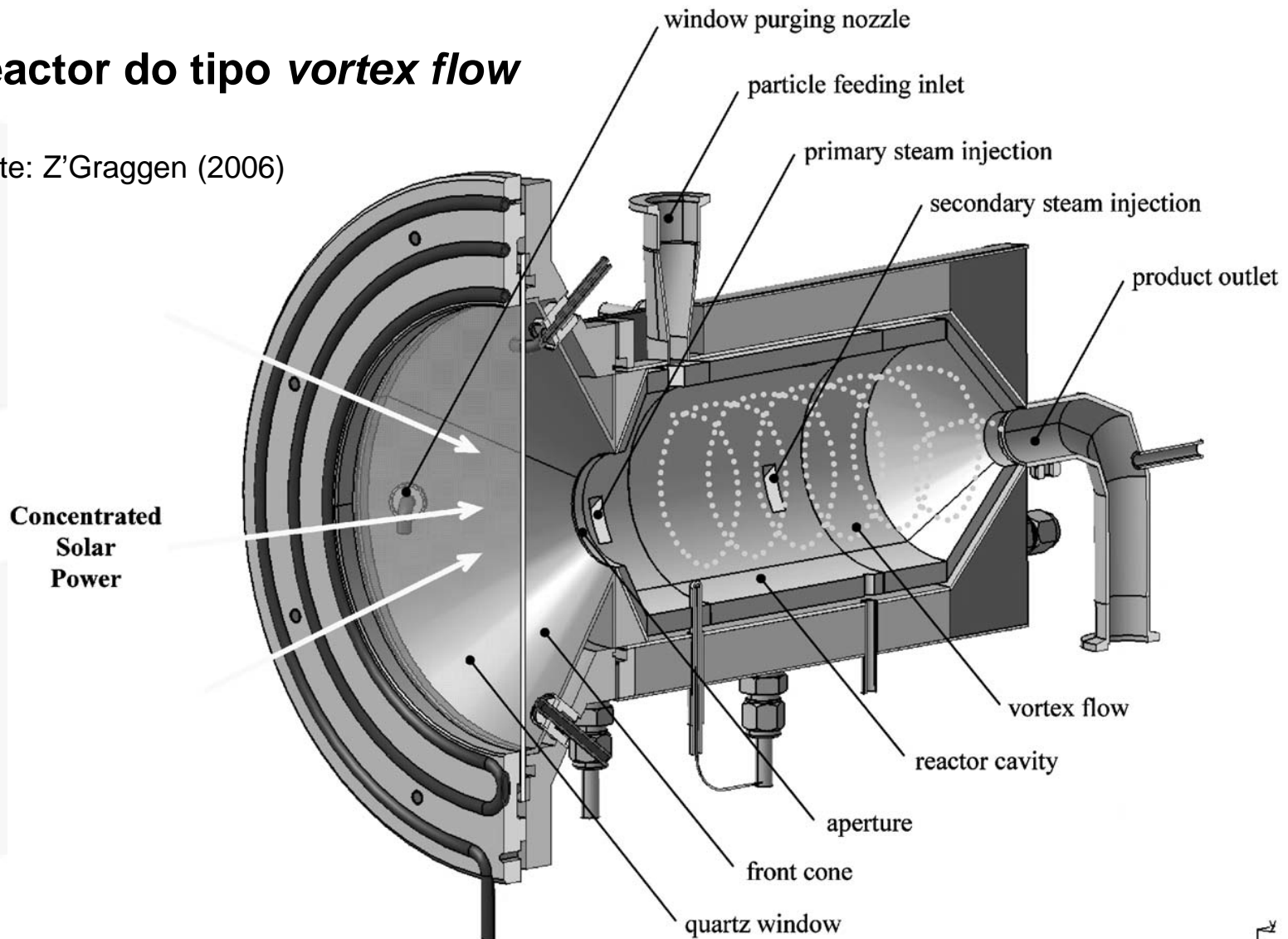
Problemas:

- Formação de aerossóis que se podem depositar na janela do reactor, diminuindo a qualidade óptica do mesmo
- Energia solar é um recurso transiente o que pode gerar instabilidades e problemas de controlo do gasificador
 - Tal como na pirólise podem ocorrer ciclos de aquecimento/arrefecimento

Reactores solares (carbonaceous feedstock)

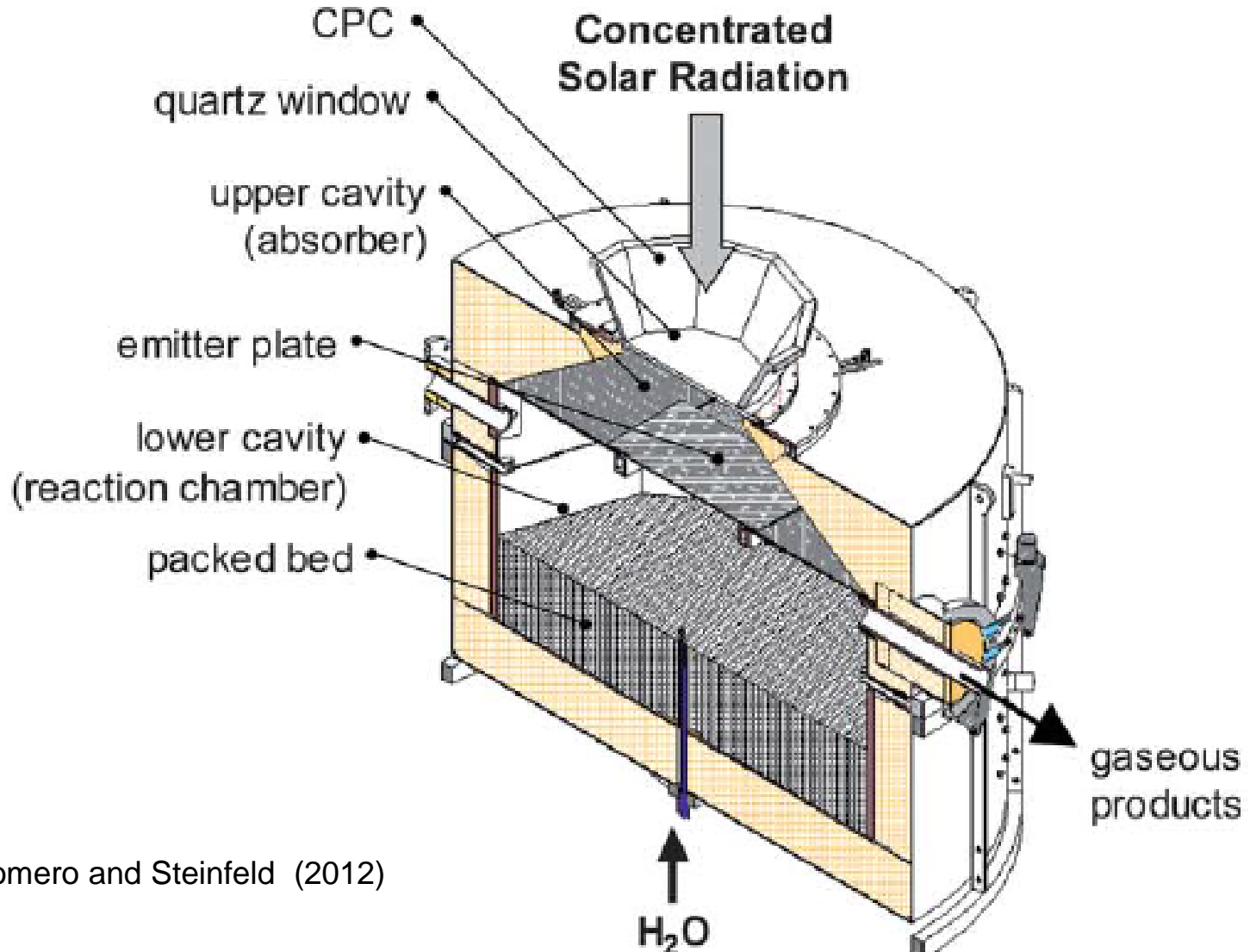
Reactor do tipo *vortex flow*

Fonte: Z'Graggen (2006)



Reactores solares (carbonaceous feedstock)

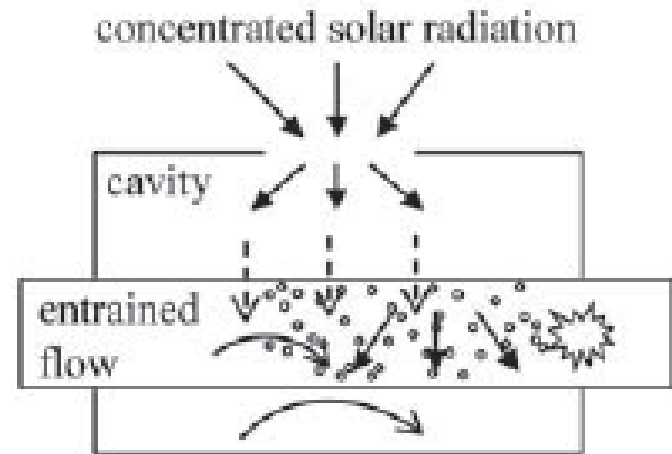
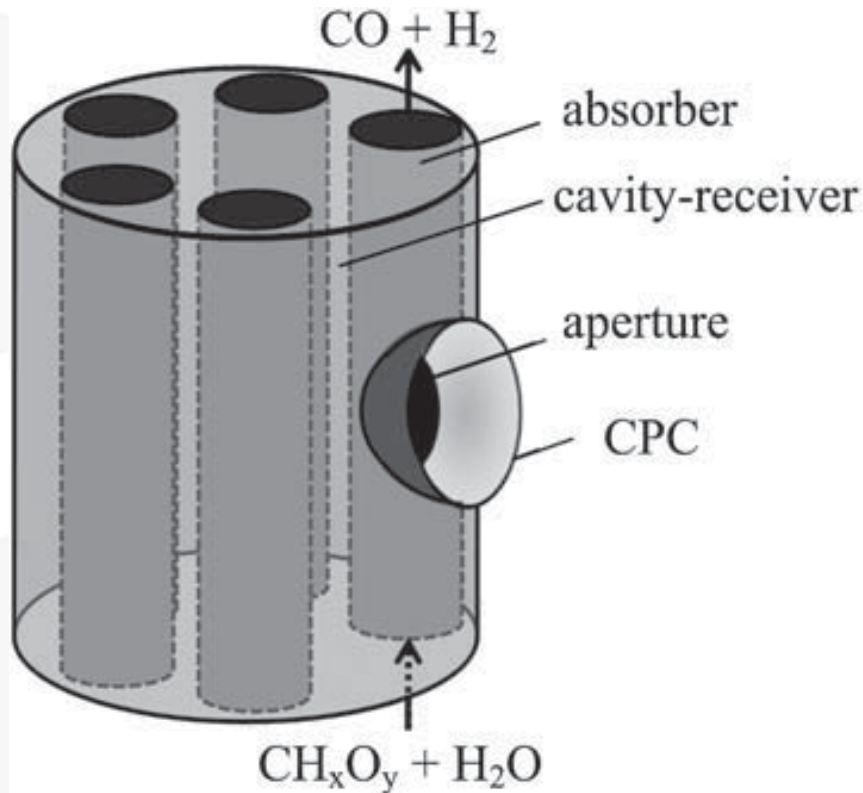
Reactor do tipo *packed-bed*



Fonte: Romero and Steinfeld (2012)

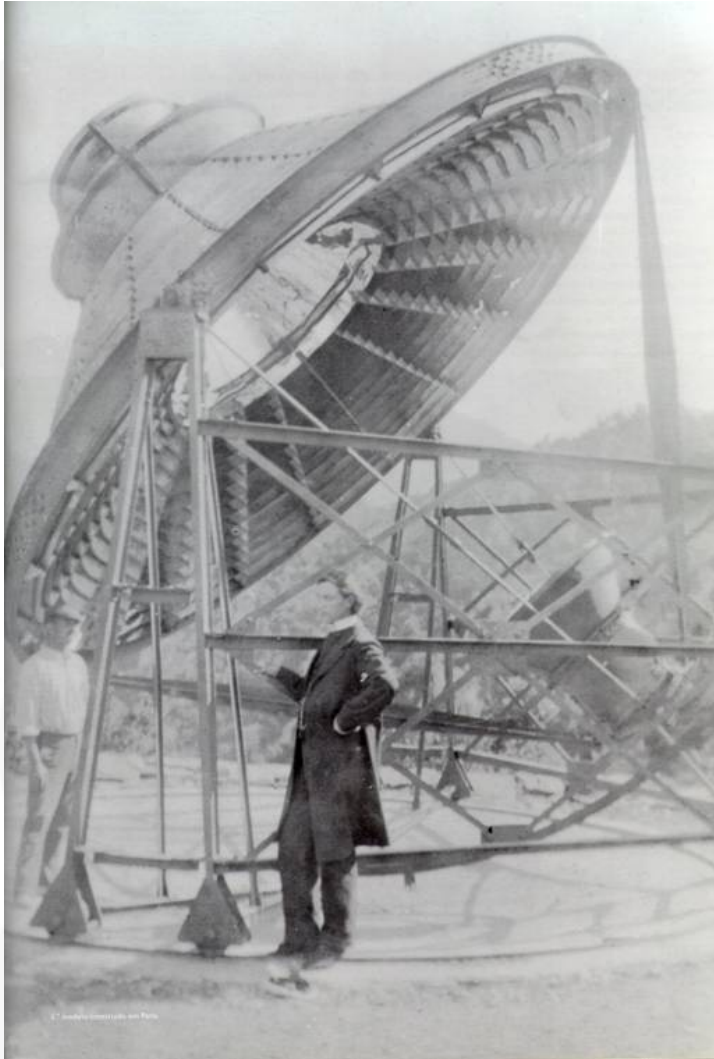
Reactores solares (carbonaceous feedstock)

Reactor do tipo *entrained-flow*



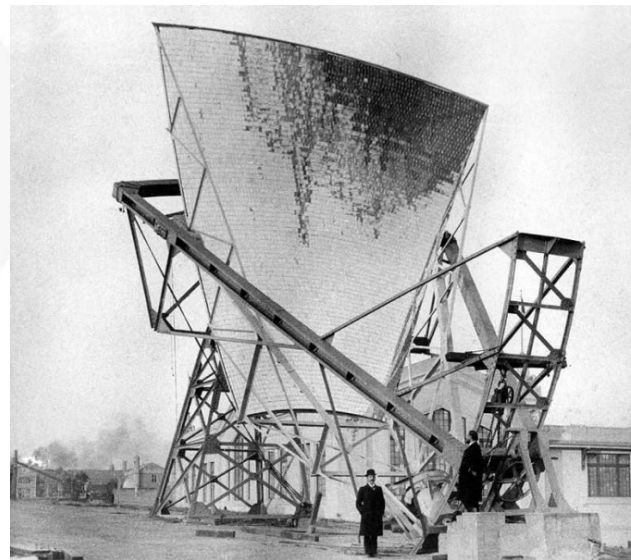
Fonte: Piatkowski et al. (2011)

Padre José Manuel Gomes (Padre Himalaia) foi precursor a nível mundial no estudo e desenvolvimento de sistemas de alta concentração da radiação solar



Com o equipamento exposto a que chamou **Pireliófero** no qual reclama ter atingido 3800°C , ganhou o Grande Premio da Exposição Universal de 1904 em St. Louis, USA.

Pensava utilizá-lo em aplicações como produção de água potável em climas desertos, produção de vapor para máquinas industriais, fusão de materiais refractários, e a **produção de nitratos fertilizantes** através da oxidação do azoto ambiente neste forno solar a essas elevadas temperaturas.





IEA SolarPACES Member Countries

Cooperação internacional em CSP



www.solarpaces.org
www.rediene.com



PSA + DLR + WI + PSI +

USA + Australia + ...





Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.

www.lneg.pt

Referencias

Kodama, T., High-temperature solar chemistry for converting solar heat to chemical fuels. *Progress in Energy and Combustion Science* 29 (2003), pp. 567-597

Lédé, J., Solar Thermochemical Conversion of Biomass. *Solar Energy* 65 (1999), pp. 3-13

Melchior, T et al., Solar driven biochar gasification in a particle-flow reactor. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 48 (2009), pp. 1279-1287

Piatkowski et al., Solar-driven gasification of carbonaceous feedstock – a review. *Energy and Environmental Science* 4 (2010) pp. 73-82

Romero, M. and Steinfeld, A., Concentrating solar thermal power and thermochemical fuels. *Energy and Environmental Science* 5 (2012) pp. 9137-9674



Referencias

Zedtwitz, P., Steinfeld, A., Steam-gasification of coal in a fluidized-bed/packed-bed reactor exposed to concentrated thermal radiation – modeling and experimental validation. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 44 (2005) pp. 3852-3861

Z'Graggen, A. et al., Hydrogen production by steam-gasification of petroleum coke using concentrated solar power—II Reactor design, testing, and modeling. *International Journal of Hydrogen Energy* 31 (2006) pp. 797-811

Web: <http://www.me.umn.edu/labs/solar/research/biomass.shtml> tal como a 19 de Fevereiro de 2013