

European Facility on Molten SALT technologies TO power and energy system applications
GA Number: 101079303
European Research Executive Agency REA.C3

SALTOpower



UNIVERSIDADE
DE ÉVORA



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt
German Aerospace Center



Italian National Agency for New Technologies,
Energy and Sustainable Economic Development



Funded by
the European Union

Regional Specialization Forum

Évora, 04.2024

AGENDA

09.30

**Introdução à
Tecnologia**

09.40

Selling points

09.45

**Cadeia de Valor
- Requisitos
Tecnológicos e
Potencial
Regional**

09.55

**Atividades,
Infraestrutura e
Know-how**

10.00

Q&A

SALTOpower



Introdução à tecnologia

Évora, 04.2024

Sais fundidos



Enquadramento
Vetor Energetético

- São substâncias que se encontram no estado líquido a altas temperaturas. ***composição dos sais**
 - Solar salt: 60% NaNO_3 and 40% KNO_3 , \rightarrow **(290-565 °C)** [1]
 - Hitec salt: 7% NaNO_3 + 53% KNO_3 + 40% NaNO_2 , \rightarrow **(190-535 °C)** [1]
 - Hitec XL® salt: 48% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ + 45% KNO_3 + 7% NaNO_3 \rightarrow **(170- 500°C)** [1]
- Têm várias propriedades interessantes, incluindo:
 - Alta condutividade térmica e elétrica
 - Alta capacidade de armazenamento de calor
- Fácil Integração com Tecnologias Solares de Concentração
- Podem ser usados como um vetor energético
 - Calor \longleftrightarrow Eletricidade
 - Calor \longleftrightarrow Combustível
 - Calor \longleftrightarrow Processos termoquímicos

Sais fundidos



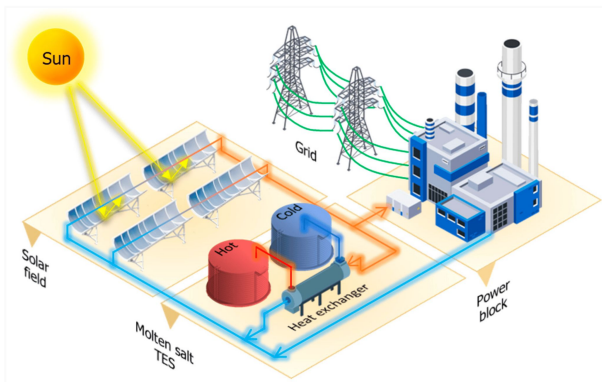
Aplicações

- A tecnologia de sais fundidos pode ser usada em várias aplicações, das quais se destacam:
 - os sistemas de Armazenamento de Energia
 - o fornecimento de calor para processos termoquímicos na produção de combustíveis e/ou gases renováveis
- Atualmente, os usos de sais fundidos mais proeminentes estão associados a [2]:
 - Tratamento de materiais (calor e/ou electroquímico)
 - Sistema de arrefecimento de reactores nucleares
 - Sistemas de armazenamento e fluido de transferência térmica em centrais solares de concentração “CSP” (eletricidade termosolar)

CSP - cilindro parabólico



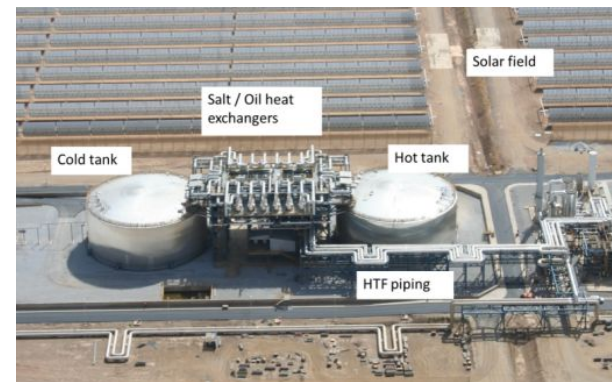
Funded by
the European Union



Fonte: [3]



Fonte: [4]



Fonte: [5]

Exemplo sistemas existentes
Andasol (Granada, Espanha)

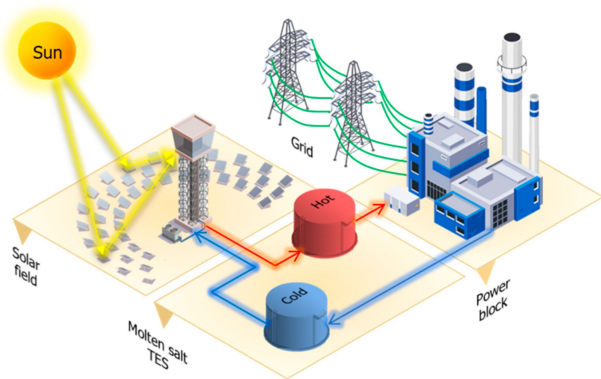


Fonte: [6]



Fonte: [2]

CSP - Torre Solar



Fonte: [3]



Fonte: [7]

Exemplo sistemas existentes
Gemasolar (Sevilha, Espanha)



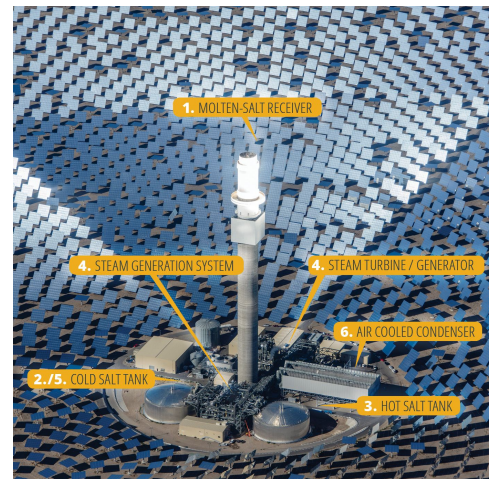
Fonte: [9]



Fonte: [10]



Funded by
the European Union



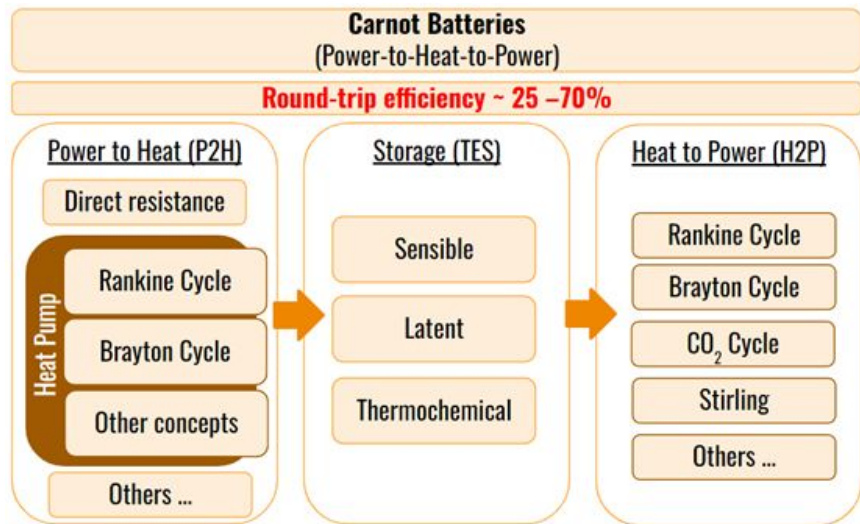
Fonte: [8]

Bateria de Carnot



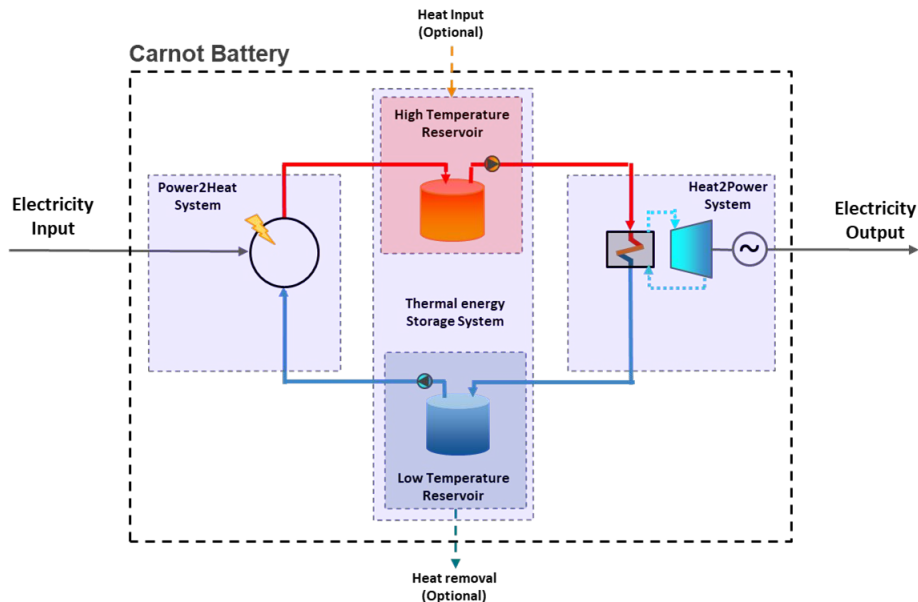
Funded by
the European Union

Configurações Possíveis



Fonte: [11]

Esquema de Operação

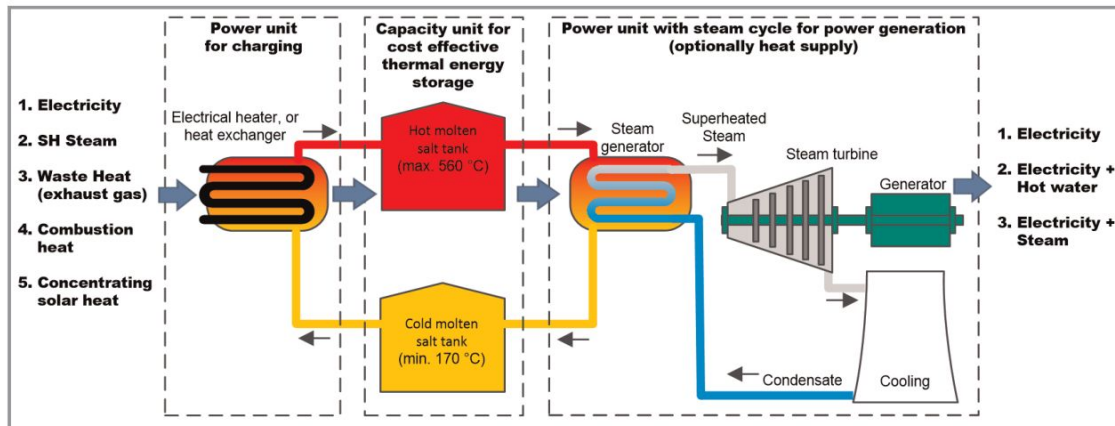


Bateria de Carnot



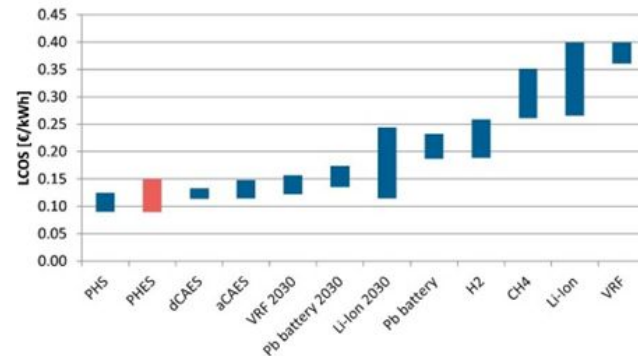
Funded by
the European Union

Flexibilidade



Fonte: [2]

Competitividade

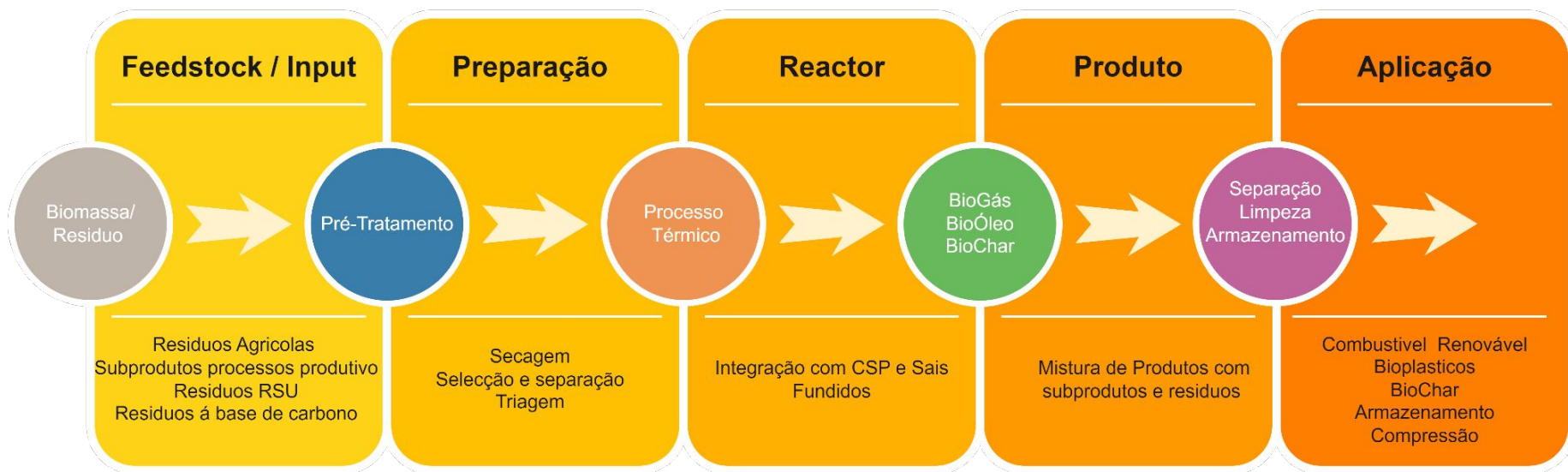


Fonte: [12]

Processos Termoquímicos



Funded by
the European Union



Processos Termoquímicos



Funded by
the European Union

Pirólise



LHT



Introdução à Tecnologia

Gaseificação



SALTOpower



Selling Points

Évora, 04.2024

Selling points-Baterias de Carnot



Funded by
the European Union

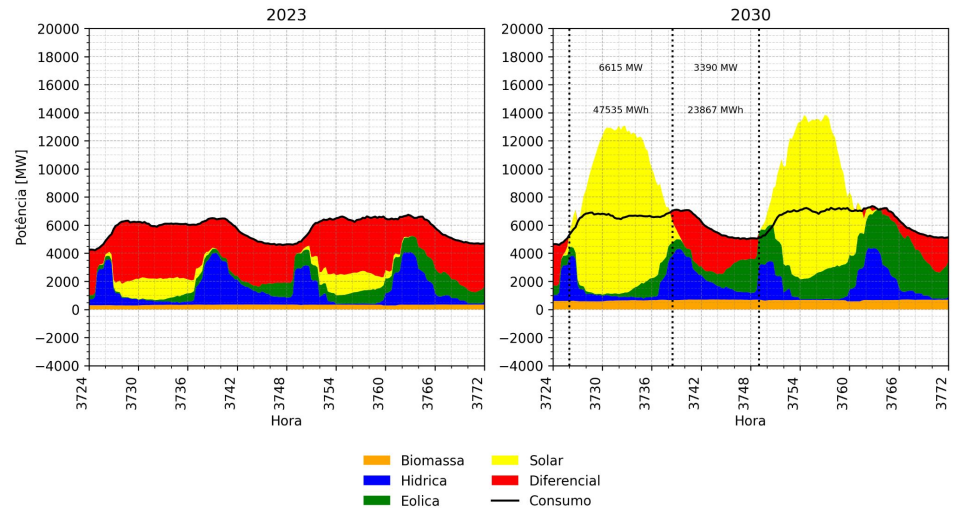
- Centrais CSP (600 MWe PNEC 2030)
- Armazenamento de eletricidade
- Calor de processo a temperaturas elevadas (industriais e termoquímica)

(GW)	2025	2030
Hídrica	8,1	8,1
da qual em bombagem	3,6	3,9
Eólica*	6,3	12,4
Eólica onshore	6,3	10,4
Eólica offshore	0,0	2,0
Solar Fotovoltaico*	8,4	20,4
do qual centralizado	6,1	14,9
do qual descentralizado	2,3	5,5
Solar Térmico Concentrado	0,0	0,6
Biomassa/Biogás e resíduos	1,2	1,4
Geotermia	0,0	0,1
Ondas	0,0	0,2
Gás Natural	4,9	3,8
Produtos Petrolíferos	0,6	0,4
TOTAL	30	47

* - inclui capacidade instalada para a produção de hidrogénio.

Fonte: [13]

Consumo vs producao renovavel Portugal dias de verao



Fonte: Adaptado de [14]

Selling points - Termoquímica



Funded by
the European Union

- Biorrefinaria
- Valorização de resíduos e subprodutos
- Economia Circular
- Descarbonização
- Descentralização

Selling points
Processos Termoquímicos



SALTOpower



Cadeia de valor e Potencial Regional

Évora, 04.2024

Cadeia valor tecnologia

Exemplo CSP



Funded by
the European Union

Table 9. Supply chain of CSP materials and component suppliers in the U.S. market.

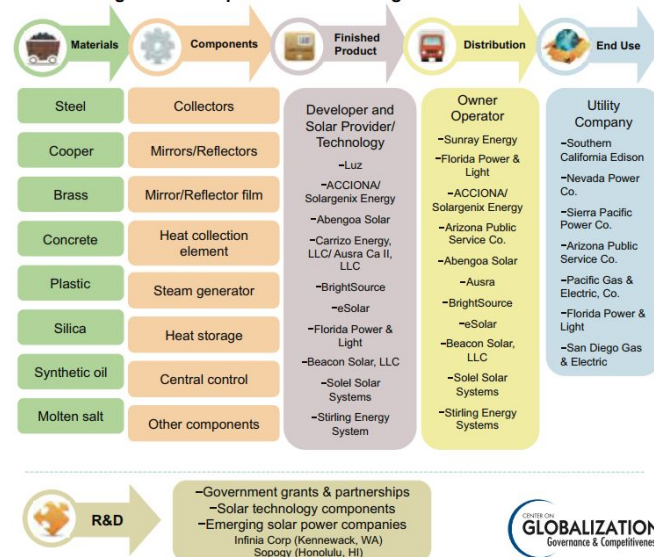
Primary Raw Materials	Raw Material Suppliers*	CSP Components	CSP Component Suppliers	CSP Integrator / Developers /EPCs
Steel and Stainless Steel	Nucor US Steel AK Steel Commercial Metals	Piping Pumps Tanks Heat Exchangers	Alstom Power Babcock & Wilcox Bertrams Heatec (Switz.) Foster Wheeler	Abengoa/Abeinsa Acciona ACS Cobra Alstom Power AREVA Bechtel Corp. BrightSource Energy eSolar/GE Florida Power & Light Lauren Engineers & Constructors NextEra Energy SolarReserve WorleyParsons
		Receiver Tubes	Schott (Germany) Huiyin (China) Rioglass (Belgium)†	
		Solar field frames	Abengoa (Spain)† AREVA (France) Gossamer SENER (Spain) eSolar BrightSource SolarReserve	
Alloy steel	Special Metals Haynes Rolled Alloys	Turbine components	Alstom (Switz.)† General Electric SIEMENS (Germany)†	
Aluminum	Alcoa Century Aluminum Ormet Primary Alum. Noranda Aluminum	Solar field frames Cladding	SkyFuel	
Concrete	Suppliers nationwide	Foundations Tower		
Glass	Guardian RioGlass (Belgium)† Saint-Gobain (France)† Flabeg (Germany)	Mirrors	3M Guardian RioGlass (Belgium)† Saint-Gobain (France)† Flabeg (Germany) SkyFuel	
Silver	Teck Alaska Hecla Mining Kennecott Utah U.S. Silver Newmont Mining	Reflectors		
Copper	Freeport-McMoRan Kennecott Utah ASARCO	Reflectors Power system		
Nitrate Salt	SQM (Belgium) BASF (Germany)†	HTF TES media		

* Top domestic producers listed, unless noted ([22] and internet sources).

† Have manufacturing facilities in the U.S.

Fonte: [15]

Figure 4-2: Simplified Concentrating Solar Power Value Chain



Source: CGGC, based on company annual reports, individual interviews, and company websites.

GLOBALIZATION
Governance & Competitiveness

Cadeia de valor
Exemplo CSP

Cadeia valor tecnologia

Levantamento de matérias primas
para central CSP 103 MWe
(6 horas de armazenamento)



Funded by
the European Union

Molten-Salt Power Tower Plant Material (metric tonnes) / System	Site Improvements	Tower	Receiver	Solar Field	Power Plant Systems	Steam Generator System	TES	Sum for Power Plant
Carbon Steel, Iron and Zinc	103	2,811	384	16,584	4,907	2,794	524	28,107
Stainless Steel	3	97	137	-	67	254	452	1,010
Alloy Steel	1	5	70	-	249	8	2	335
Copper	1	2	40	121	185	68	10	427
Silver	-	-	-	1.0	-	-	-	1
Ferronickel	-	-	-	-	-	-	-	-
Aluminum	-	2	4	-	257	7	17	287
Insulation	-	40	88	-	53	27	1,069	1,277
Glass	-	-	-	10,055	-	-	-	10,055
Plastics	399	1	14	70	115	15	3	617
Glue	-	-	-	-	-	-	-	-
Paint	-	-	-	-	-	-	-	-
Oils and lubricants	-	-	-	-	95	-	-	95
Sodium nitrate (solar salt)	-	-	-	-	-	-	10,451	10,451
Potassium nitrate (solar salt)	-	-	-	-	-	-	6,967	6,967
Nitrogen	-	-	-	-	-	-	-	-
Concrete and brick	624	53,033	-	-	12,213	10,080	2,879	78,829
Cement	-	-	-	-	-	-	-	-
Asphalt	3,879	-	-	-	0	-	-	3,879
Crushed Stone and Gravel	46,609	-	-	-	280	-	-	46,889
System Total	51,619	55,991	737	26,832	18,421	13,253	22,374	189,227

Cadeia de valor
Exemplo CSP

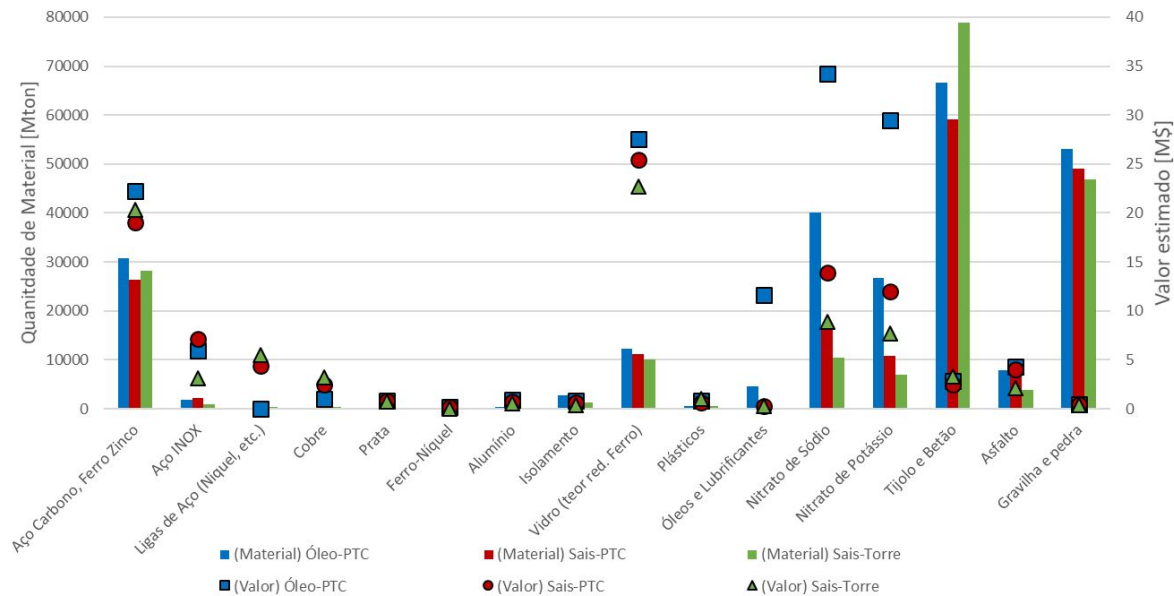
Cadeia valor tecnologia

Levantamento de matérias primas
para central CSP 103 MWe
(6 horas de armazenamento)



Funded by
the European Union

Comparação da quantidade e valor dos materiais para 3 configurações CSP
(caso para 103 MWe c/ 6 horas de armazenamento)



Fonte: [15]

Cadeia de valor
Exemplo CSP

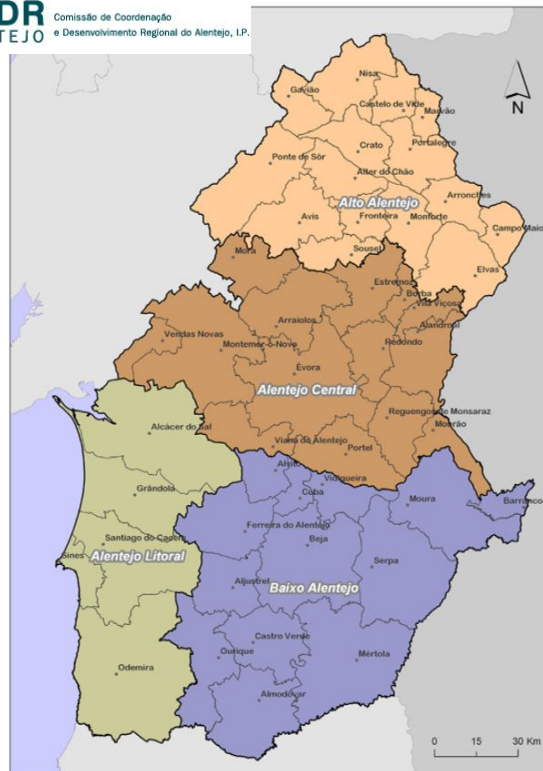
Cadeia de valor Regional



Funded by
the European Union



Considerações territoriais



Região Alentejo

Algumas vantagens competitivas

Recursos

- Áreas Classificadas
- Património
- Agro-Florestais
- Agro-Alimentares
- Modelo de Povoamento
- Solo Agrícola
- Montado
- Água
- Geológicos
- Faixa Litoral
- **Energia Solar**

Vantagens

- Posicionamento geo-estratégico
- Segurança
- Biodiversidade
- Paisagem
- Amenidades
- Autenticidade
- Qualidade
- Produtos Qualificados

Funções

- Agricultura
- Turismo e Lazer
- Logística
- Agro-Indústria
- Aeronáutica
- Energia
- Economia do Mar

Visão Estratégica

Alto Alentejo

- Agricultura
- Activ. Florestais
- Olivicultura
- Turismo
- TIC/Ind. Criativas
- Cortiça
- Agro-Alimentares
- Logística
- Aeronáutica

Alentejo Central

- Agricultura
- Vitivinicultura
- Olivicultura
- Turismo
- Rochas Ornamentais
- Cortiça
- TIC
- Logística
- Aeronáutica

Baixo Alentejo

- Agricultura
- Vitivinicultura
- Olivicultura
- Turismo
- Ind. Extractivas (Pirites)
- Aeronáutica
- Logística
- Energia

Alentejo Litoral

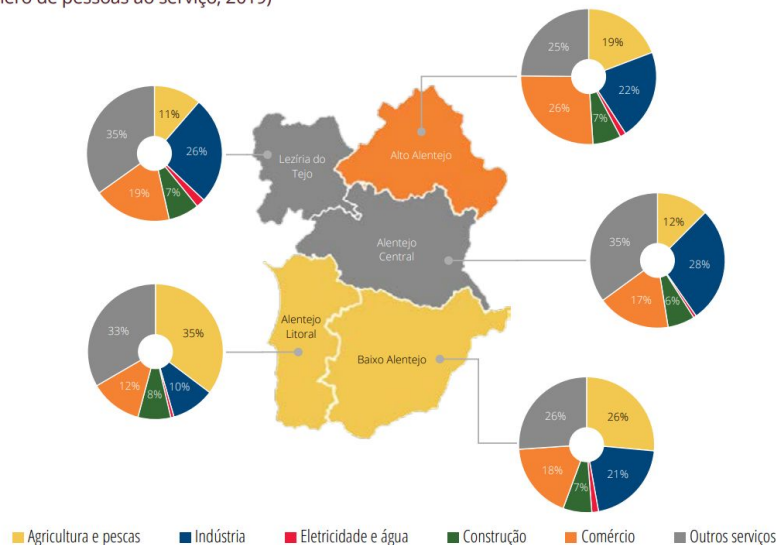
- Agricultura
- Activ. Florestais
- Turismo
- Energia
- Ind. Química
- Logística
- Economia do Mar

Actividade económica regional



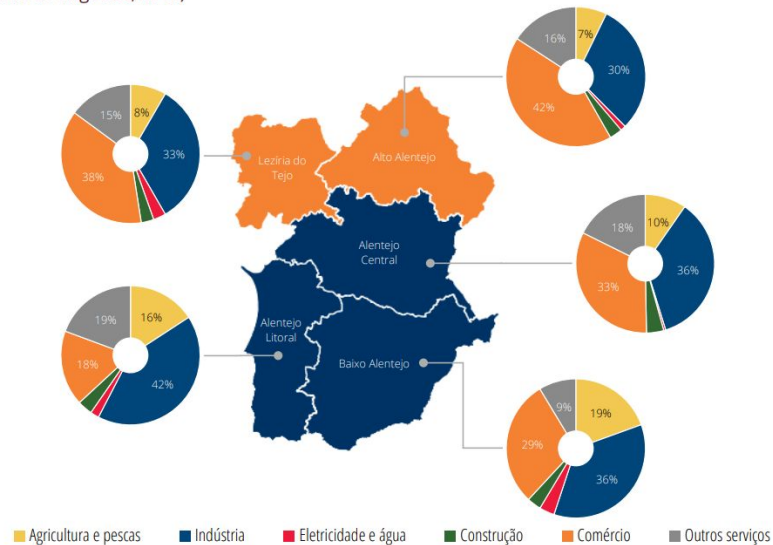
Funded by
the European Union

Gráfico I.2.5 • Estruturas | Por setores de atividade económica e por localização geográfica (NUTS III)
(número de pessoas ao serviço, 2019)



Nota: Em cada uma das sub-regiões, no mapa, a cor atribuída corresponde ao setor de atividade económica com o maior peso em termos do número de pessoas ao serviço.

Gráfico I.2.6 • Estruturas | Por setores de atividade económica e por localização geográfica (NUTS III)
(volume de negócios, 2019)



Nota: Em cada uma das sub-regiões, no mapa, a cor atribuída corresponde ao setor de atividade económica com o maior peso em termos do volume de negócios.

Atividade e desenvolvimento



Funded by
the European Union

Associações empresariais regionais [Reg_2]

NERBE/AEBAL - Associação Empresarial do Baixo Alentejo e Litoral <https://nerbe.pt>

NERE - Núcleo Empresarial da Região de Évora - Associação Empresarial <https://nere.pt>

NERPOR - Associação Empresarial da Região de Portalegre <https://nerpor.pt>

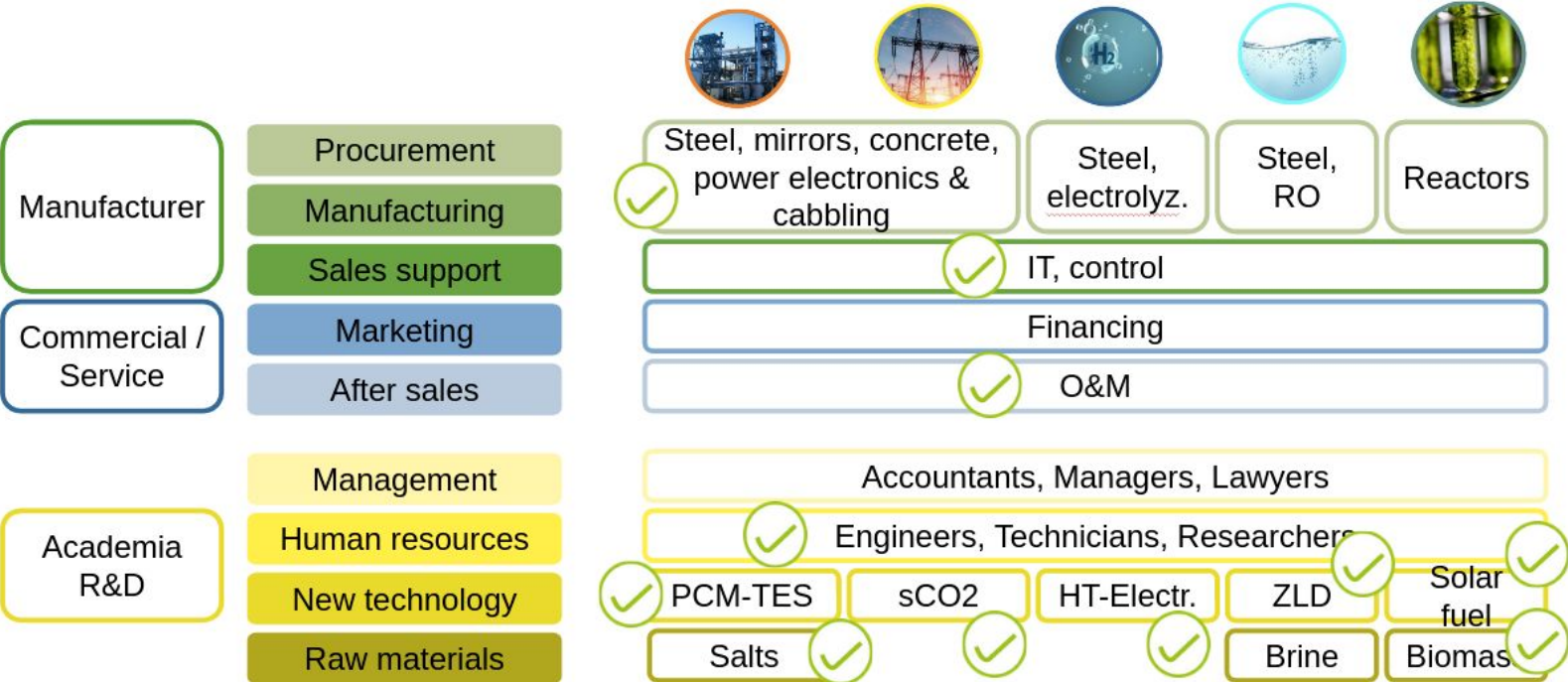
Agências / Institutos para o desenvolvimento regional:

ADRAL - Agência de Desenvolvimento Regional do Alentejo <https://www.adral.pt/>

CCDR Alentejo - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo
<https://www.ccdr-a.gov.pt/>

Cadeia de Valor Regional

EREI Alentejo 2030



Cadeia de valor Regional



Funded by
the European Union



Cadeia de valor Regional



Funded by
the European Union



Materiais



Ligas Metálicas

Plástico

Silica

Óleos Sintéticos

Sais Fundidos

Biomassa

Resíduos

Cimento e derivados

Componentes



Concentradores Solares

Tubagem e Acessórios

Permutadores de Calor

Válvulas e Bombas

Depósitos e Reactores

Isolamento Térmico

Turbinas e Sist. Vapor

Instrumentação e outros



Cadeia de valor Regional



Funded by
the European Union



Instalação /
Infraestruturas



Construção

Instalações Elétricas

Instalações Pressão

Controlo e Automação

Tubagem e Soldadura

Seguros

Exploração /
Distribuição



Comissionamento

O&M

Formação

Logística



Cadeia de valor Regional



Funded by
the European Union



RENEWABLE ENERGIES
CHAIR



POLITÉCNICO
DE PORTALEGRE



UNIVERSIDADE
DE ÉVORA



consulai



CA
Crédito Agrícola



ALENTEJO
2030 Programa Regional
do Alentejo

Investigação &
Desenvolvimento

Academia

Financiamento

Consultoria

Org.
Governamentais

Uso Final



Centrais Elétricas

Armazenamento Energia

Indústria Química

Calor Industrial

H₂ Verde

Gases Renováveis

Outros



evertis

nutrifarms

INDORAMA
VENTURES



GESAMB
Gestão Ambiental e de Recursos, Lda

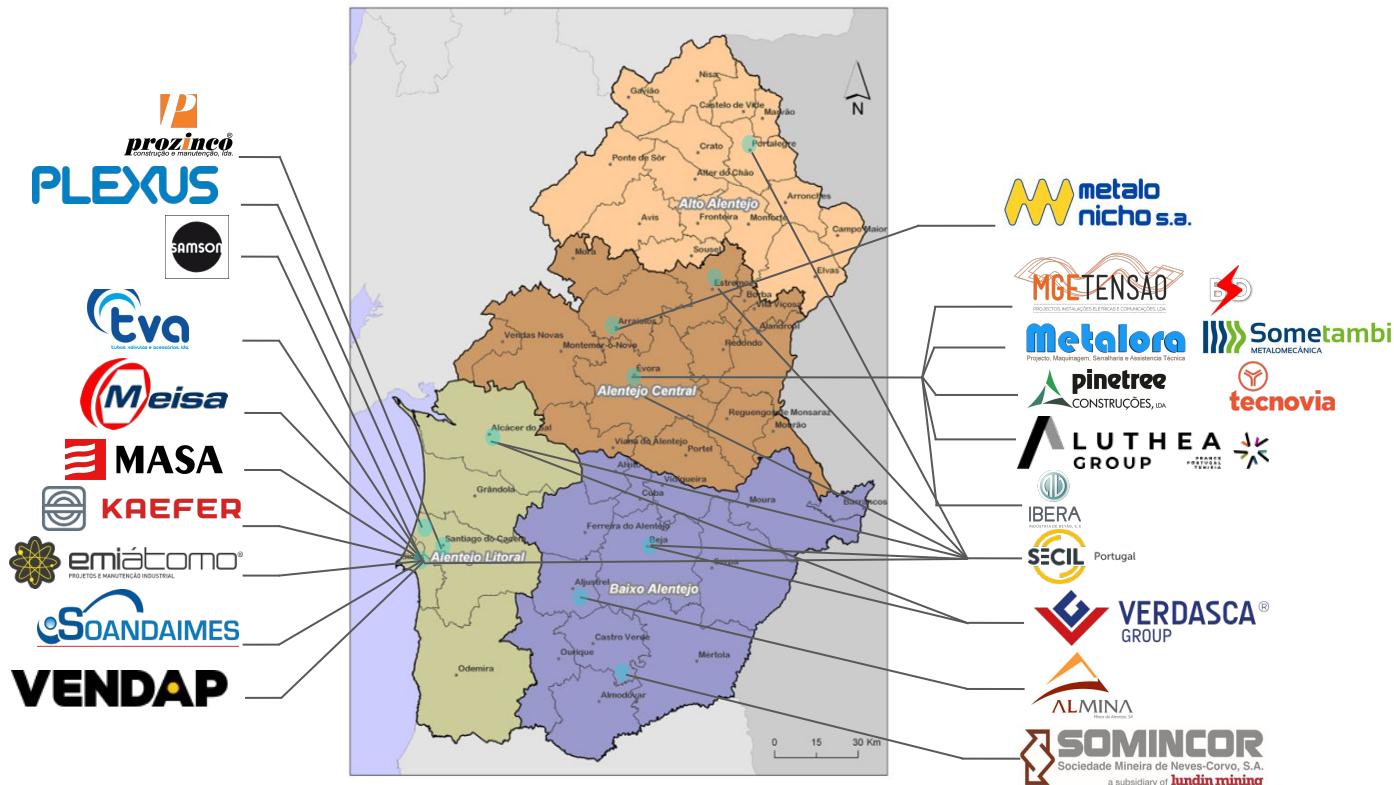


PORTO DE
SINES

Distribuição Geográfica

Lista não exaustiva de potenciais empresas da cadeia de valor

Cadeia de Valor Regional



SALTOpower



Infraestruturas, Atividades e know-how

Évora, 04.2024

Infraestruturas e Atividades



Funded by
the European Union

- HPS2 loop
- Newsol Loop
- Projects: HPS2, Newsol, Europatmos, MSOpera, ALFR, Solarsco2ol, Adviamos, MSA-Trough, ATE-CB
- Serviços

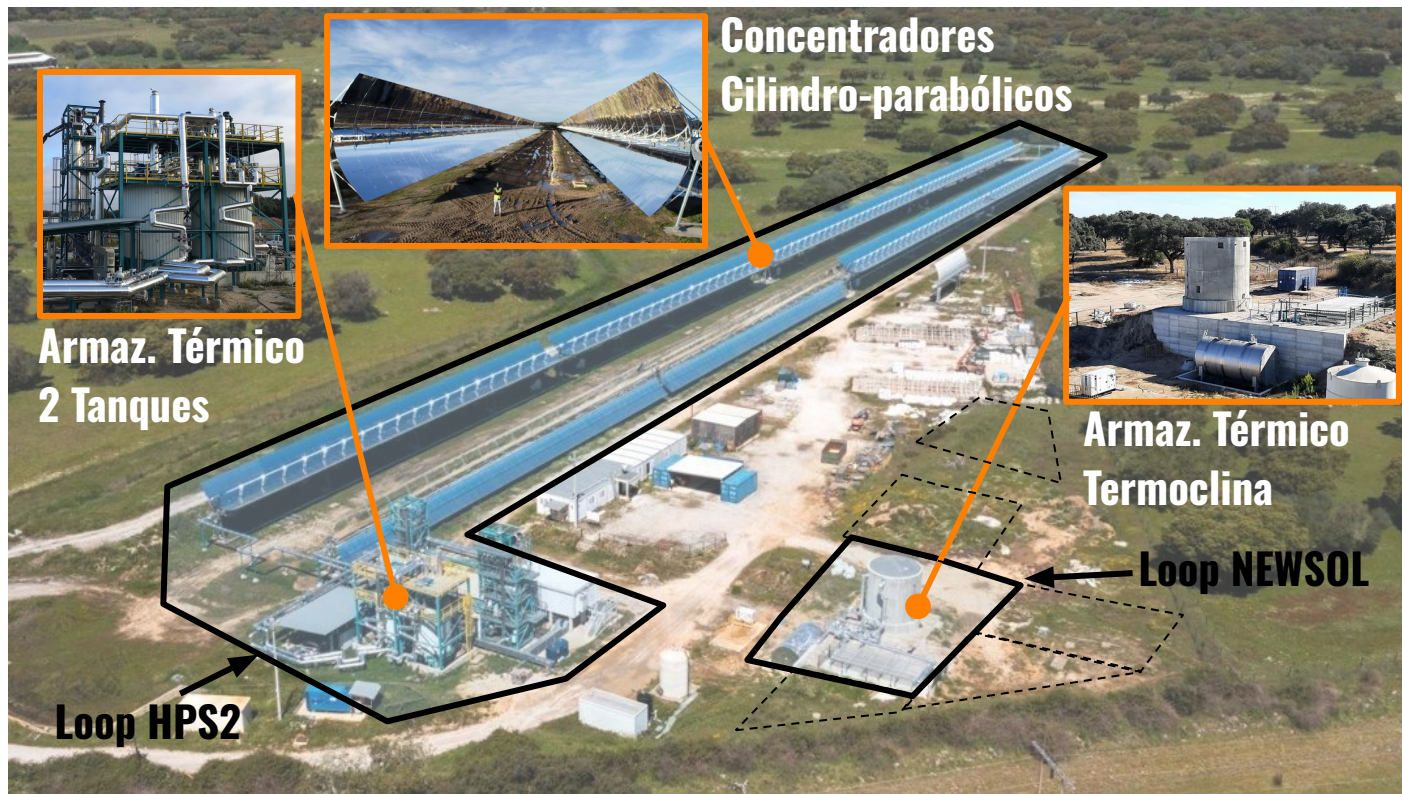
Infraestruturas
Projeto de Investigação
Prestação de serviços



Infraestrutura, ativ. e know-how



Funded by
the European Union



SALTOpower



Q&A

Évora, 04.2024

Potencial



- Empresas interessadas em:
 - Fornecer equipamentos ?
 - Providenciar serviços ?
 - Participar em projetos I&D ?
 - HEUROPE
 - P2030 / AL2030

Q&A



Conferência CIES 2024

RSF #3



Programa preliminar

	19 DE JUNHO 2024			20 DE JUNHO 2024			21 DE JUNHO 2024		
	Auditorio	Auditorio CES	Sala CES	Auditorio	Auditorio CES	Sala CES	Auditorio	Auditorio CES	Sala CES
8:00	Acreditación						Visita Tecnica		
9:00	Cerimónia de Abertura								
9:30	Sessão Plenária 1 (DGE)			Topico 1	Topico 3	Topico 6			
10:00	Sessão Plenária 1 (MINENCO)								
10:30									
10:30	COFFEE BREAK / POSTER SESSION 1			COFFEE BREAK / POSTER SESSION 3					
11:00	Sessão Plenária 2 (APREN)								
11:30	Sessão Plenária 3 (DECO)			Topico 1	Topico 3	Topico 6			
12:00	Sessão Plenária 4 (UPM)								
12:30	LUNCH BREAK								
13:30	Workshop 1 (SMARTENERGY)			POSTER SESSION 4			Clausura		
14:00	Topico 1	Topico 2	Topico 4	Topico 1	Topico 5	Topico 7	Conclusiones Presentación CIES'26		
15:30	COFFEE BREAK / POSTER SESSION 2			COFFEE BREAK / POSTER SESSION 5					
16:00	Topico 1	Topico 2	Topico 4	Workshop 2 (EDP PRODUÇÃO)					
17:00				Workshop 3					
17:30	Encerramento								
18:00	Assembleia Geral AEDES			Encerramento					
19:30				JANTAR					

XIX Congresso Ibérico e XV
Congresso Iberoamericano de
Energia Solar

RSF #3

SALTOpower



Obrigado pela atenção!

Évora, 04.2024

Referências

- [1] Vignarooban, K., Xu, X., Arvay, A., Hsu, K., & Kannan, A. M. (2015). Heat transfer fluids for concentrating solar power systems – A review. Applied Energy, 146, 383–396. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.125>
- [2] Bauer, T., Odenthal, C. and Bonk, A. (2021), Molten Salt Storage for Power Generation. Chemie Ingenieur Technik, 93: 534-546. <https://doi.org/10.1002/cite.202000137>
- [3] Prieto, C.; Blindu, A.; Cabeza, L.F.; Valverde, J.; García, G. Molten Salts Tanks Thermal Energy Storage: Aspects to Consider during Design. Energies 2024, 17, 22. <https://doi.org/10.3390/en17010022>
- [4] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/81/Andasol_5.jpg
- [5] <https://bigdishsolar.com/wp-content/uploads/2014/03/moltenSaltAndasol3.png?w=520>
- [6] https://insideclimatenews.org/wp-content/uploads/2018/01/noor-parabolic-troughs_fadel-senna-afp-getty.jpg

Referências

- [7] <https://www.flickr.com/photos/beyondcoalandgas/9299448518/in/photostream/>
- [8] <https://nickel institute.org/media/8d988d5837e1b10/solar.jpg>
- [9] <https://www.flickr.com/photos/beyondcoalandgas/9299446240/in/photostream/>
- [10] <https://www.flickr.com/photos/beyondcoalandgas/9299445252/in/photostream/>
- [11] V.Novotny et. al. “Review of Carnot Battery Technology Commercial Development” Energies, 2022, <https://doi.org/10.3390/en15020647>
- [12] Smallbone A, Jülch V, Wardle R, Roskilly AP. Levelised Cost of Storage for Pumped Heat Energy Storage in comparison with other energy storage technologies. Energy Convers Manag 2017;152:221–8. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2017.09.047>

Referências

[13] PLANO NACIONAL ENERGIA E CLIMA 2021-2030 (PNEC 2030)

https://apambiente.pt/sites/default/files/Clima/Planeamento/PNEC%20PT_Template%20Final%20-%20vers%C3%A3o%20final_30_06_2023.pdf

[14] REN DATA HUB - Balanço Diário de Eletricidade <https://datahub.ren.pt/en/electricity/daily-balance/>

[15] Turchi, C., Kurup, P., Akar, S., & Flores-Espino, F. (2015). Domestic Material Content in Molten-Salt Concentrating Solar Power Plants. <https://doi.org/10.2172/1215314>

[16] Gereffi, Gary & Dubay, Kristen. (2008). Concentrating Solar Power: Clean Energy for the Electric Grid. https://www.researchgate.net/publication/238670073_Concentrating_Solar_Power_Clean_Energy_for_the_Electric_Grid

[17] Análise das empresas da região do Alentejo - Estudos da Central de Balanços 48, Banco de Portugal. 2021.

https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/pdf-boletim/estudos_da_cb_48_2021.pdf