CEPEL

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

Sistema Eletrobrás

Panorama das Energias Solar e Eólica No Brasil e no Mundo

IV Semana de Meio Ambiente
CEFET, 28 de maio de 2009

Ricardo Marques Dutra
Departamento de Tecnologias Especiais

Eletrobrás

Ministério de Minas e Energia

BRASIL UM PAÍS DE TODOS GOVERNO FEDERAL

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

CEPEL Sistema Eletrobrás

- Centro de P&D do Sistema Eletrobrás
- Maior centro do Brasil em P&D de energia elétrica
- Maiores laboratórios de alta tensão e potência na América Latina
- Associação sem fins lucrativos fundada em 1974
- Mais de 500 funcionários e 100 parceiros de Universidades
- Infra-estrutura de P&D de US$ 300 milhões
- Orçamento anual de cerca de R$ 135 milhões
- Apoio Técnico para o Sistema Eletrobrás, Governo (MME), Entidades Setoriais (ONS, CCEE, EPE e ANEEL), concessionárias e indústria

Unidade Ilha do Fundão

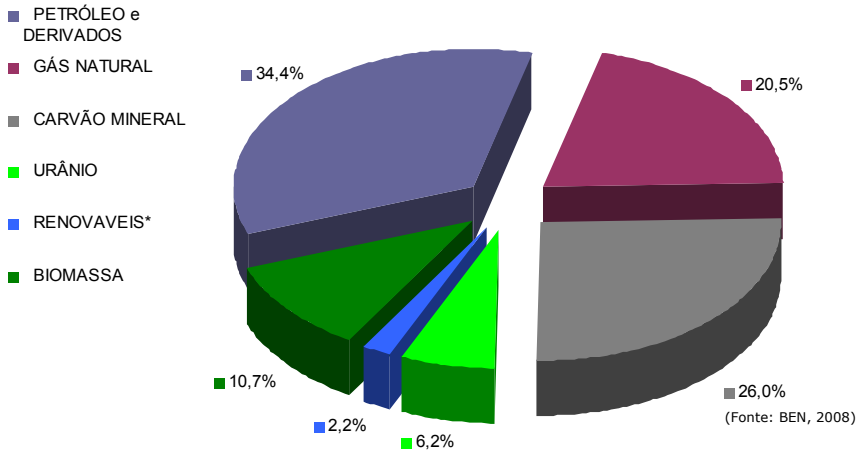
Unidade Adrianópolis

Sumário

- **Introdução**
- **Contexto Nacional e Internacional da Energia Eólica**
- **Contexto Nacional e Internacional da Energia Solar**
- **Projetos do CEPEL em Energias Solar e Eólica**

Matriz Energética Mundial (2006)

Participação de energia renovável no mundo: 12,9%

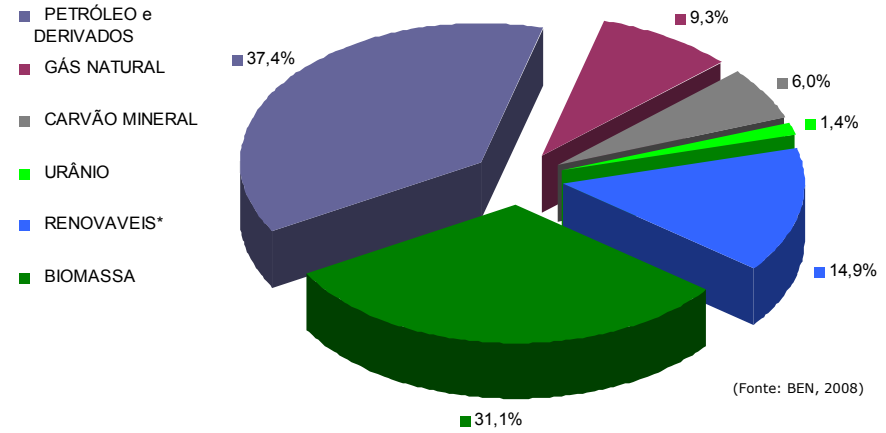


(Fonte: BEN, 2008)

* Utilização das fontes renováveis para geração de energia elétrica tais como hidráulica e eólica

Matriz Energética Brasileira (2007)

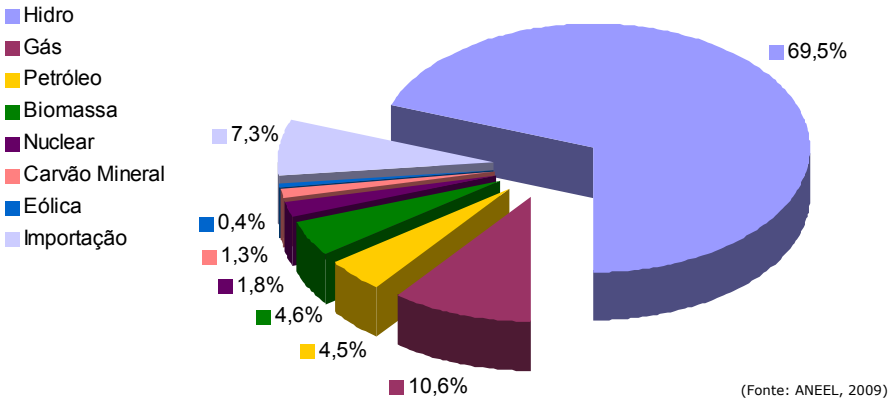
Participação de energia renovável no Brasil: 46%



(Fonte: BEN, 2008)

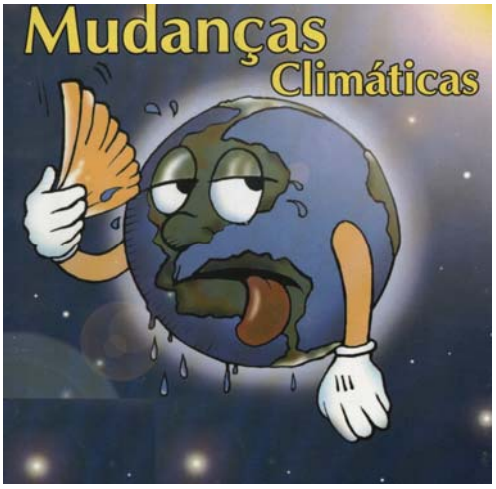
* Utilização das fontes renováveis para geração de energia elétrica tais como hidráulica e eólica

Capacidade de Geração Elétrica no Brasil
Total: 111,76 GW



(Fonte: ANEEL, 2009)

Uso da Energia: Meio Ambiente



FONTE: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia

Maturidade e custos das tecnologias

TECNOLOGIA		POTENCIAL (GW)	TAMANHO TÍPICO (kW)	APLICAÇÃO	MATURIDADE DA TECNOLOGIA	VIABILIDADE TÉCNICA	CUSTO INVESTIMENTO (US$/kW)	CUSTO O&M (US$/MWh)	CUSTO COMBUSTÍVEL (US$/MWh)	CUSTO GERAÇÃO (US$/MWh)	EFICIÊNCIA
SOLAR FOTOVOLTAICA		-	0.05 A 10	- INTERMITENTE - GRID E OFF-GRID	COMERCIAL (GRID) COMERCIAL (OFF-GRID)	ALTA (GRID) ALTA (OFF-GRID)	4.000 a 9.000	4 a 20	0.	250 a 500	10 a 18
HELIOTÉRMICA	TORRE CENTRAL	-	30.000 A 200.000	- BASE - GRID	PRÉ-COMERCIAL	ALTA	5000 a 8500	4 a 23	0.	220 a 310	15 a 30
	CILINDROS	-	50.000	- BASE - GRID	COMERCIAL	ALTA	.1700 a 5.500	4 a 23	0.	80 a 150	15 a 30
	DISCOS	-	20 a 50	- BASE -GRID E OFF-GRID	DEMONSTRADA	MÉDIA	10000 a 22000	15 a 23	0.	200 a 500	15 a 30
EÓLICA		30	300 a 2000	-INTERMITENTE -GRID E OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	1500 a 2000	4 a 12	0.	110 a 150	25 a 45
BIOMASSA		27.7	10 a 50.000	-BASE -GRID E OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	500 a 2.500	6 a 12	20 a 100	38 a 78	25 a 35
PCHs			50 A 1.000	-VARIÁVEL -GRID E OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	1.000 a 3.000	6 a 15	0.	35 a 102	60 a 85

(Fonte: CEPEL/CRESESB)

Tecnologias em Foco (energia renovável complementar)

CEPEL Sistema Eletrobrás

→ **Eólica**

Solar Fotovoltaica

Solar Térmica

Energia Cinética dos Ventos

CEPEL Sistema Eletrobrás

Potência extraída do vento

$$P = 1/2\ \rho\ A\ V^3$$

Potência Máxima Aproveitada (Teórica)

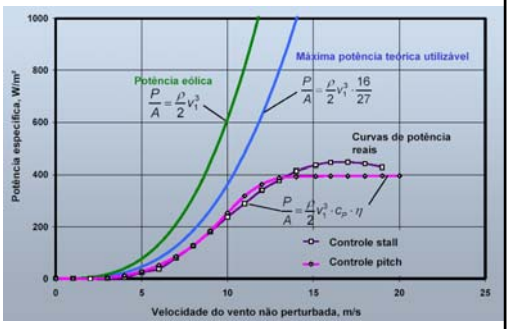
$$P = Cp\ 1/2\ \rho\ A\ V^3$$

Máxima potência teórica aproveitável:
Cp = 16/27 aprox. 0,59

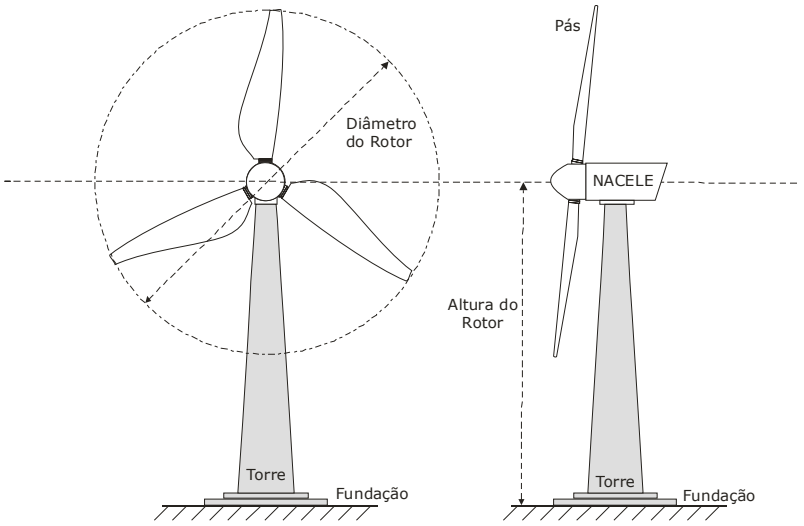
Potência Máxima Aproveitada (Real)

$$P = \eta\, Cp\ 1/2\ \rho\ A\ V^3$$

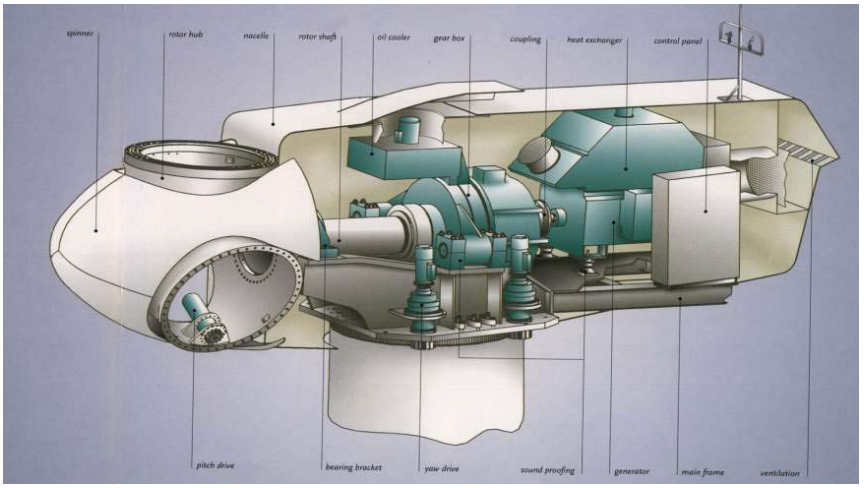
Eficiência da Máquina Eólica: η



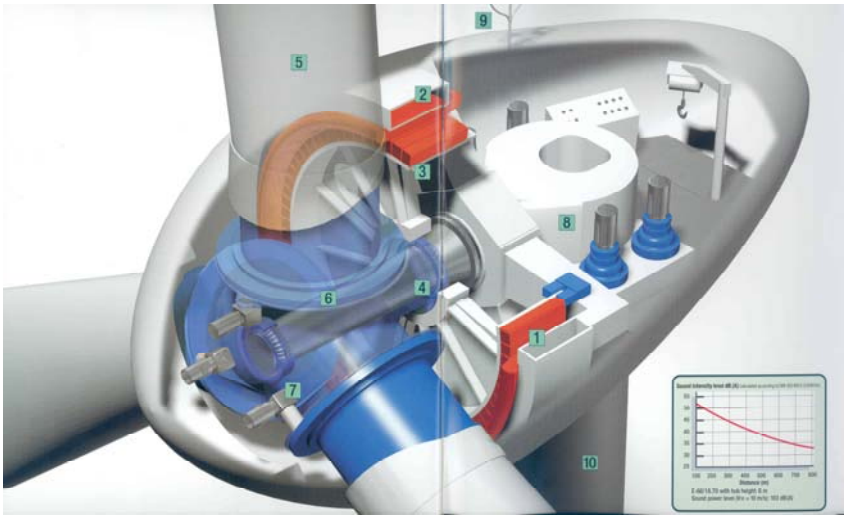
Elementos do Aerogerador de Eixo Horizontal



Concepção Dinamarquesa (com caixa de engrenagem)



Concepção Enercon
Sem Caixa de Engrenagens



Aplicações da Energia Eólica

Catavento – Bombeamento d'água

- Residências
- Fazendas
- Aplicações Remotas

Aplicações da Energia Eólica

Pequeno Porte (≤10kW)
- Residências
- Fazendas
- Aplicações Remotas

Intermediário (10 - 250kW)
- Mini-grid
- Sistemas Híbridos
- Geração Distribuída

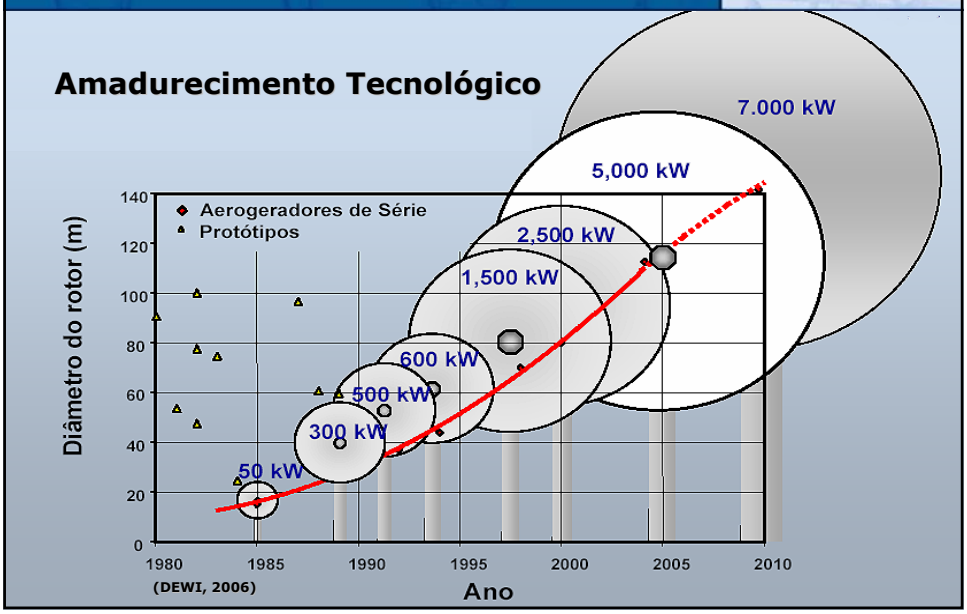
Grande Porte (250 kW - +2MW)
- Fazendas Eólicas
- Geração Distribuída

Instalações Off-Shore

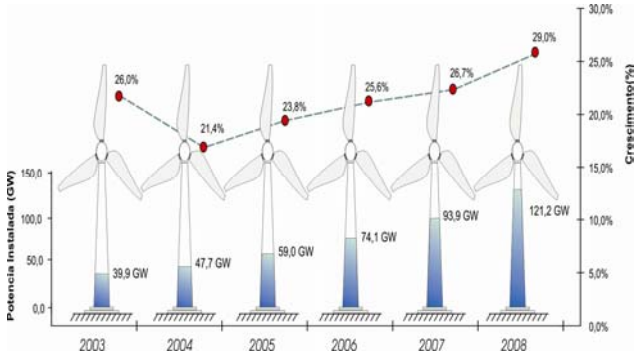
Horns Rev Offshore Wind Farm (2002)
(2MW x 80 = 160 MW) 14-20km da costa

http://www.vattenfall.com/www/vf_com/vf_com/index.jsp

Evolução da potência dos aerogeradores



Potência Eólica Instalada no Mundo

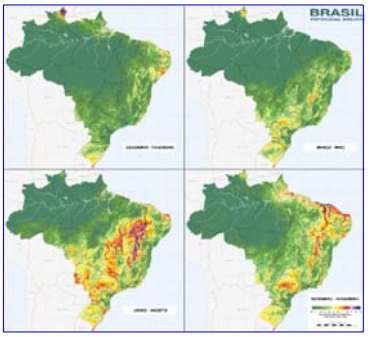


121,2 GW instalados no mundo em 2008

10 mercados mais importantes em 2008		
#	*País*	*MW*
1	USA	25170
2	Alemanha	23093
3	Espanha	16740
4	China	12210
5	Índia	9587
6	Itália	3736
7	França	3404
8	Reino Unido	3298
9	Dinamarca	3160
10	Portugal	2862

(Fonte: WWEA 2009)

Potencial Eólico Brasileiro



Potencial Bruto: 143GW
Altura de Referência: 50m

Usinas eólicas em operação no Brasil

USINAS do tipo EOL em Operação

Usina	Potência Outorgada (kW)	Proprietário	Município
Eólica de Prainha	10.000	100% para Wobben Wind Power Industria e Comércio Ltda	Aquiraz - CE
Eólica de Taiba	5.000	100% para Wobben Wind Power Industria e Comércio Ltda	São Gonçalo do Amarante - CE
Eólica-Elétrica Experimental do Morro do Camelinho	1.000	100% para CEMIG Geração e Transmissão S/A	Gouveia - MG
Eólio - Elétrica de Palmas	2.500	100% para Centrais Eólicas do Paraná Ltda.	Palmas - PR
Eólica de Fernando de Noronha	225	100% para Centro Brasileiro de Energia Eólica - FADE/UFPE	Fernando de Noronha - PE
Parque Eólico de Beberibe	25.600	100% para Usina Eólica Econergy Beberibe S.A.	Beberibe - CE
Mucuripe	2.400	100% para Wobben Wind Power Industria e Comércio Ltda	Fortaleza - CE
RN 15 - Rio do Fogo	49.300	100% para Energias Renováveis do Brasil S.A.	Rio do Fogo - RN
Eólica de Bom Jardim	600	100% para Parque Eólico de Santa Catarina Ltda	Bom Jardim da Serra - SC
Foz do Rio Choró	25.200	100% para SIIF Cinco Geração e Comercialização de Energia S.A.	Beberibe - CE
Eólica Olinda	225	100% para Centro Brasileiro de Energia Eólica - FADE/UFPE	Olinda - PE
Eólica Canoa Quebrada	10.500	100% para Rosa dos Ventos Geração e Comercialização de Energia S.A.	Aracati - CE
Lagoa do Mato	3.230	100% para Rosa dos Ventos Geração e Comercialização de Energia S.A.	Aracati - CE
Parque Eólico do Horizonte	4.800	100% para Central Nacional de Energia Eólica Ltda	Água Doce - SC
Eólica Paracuru	23.400	100% para Eólica Paracuru Geração e Comercialização de Energia S.A.	Paracuru - CE
Pedra do Sal	18.000	100% para Econergy Pedra do Sal S.A.	Parnaíba - PI
Macau	1.800	100% para Petróleo Brasileiro S/A	Macau - RN
Eólica Água Doce	9.000	100% para Central Nacional de Energia Eólica Ltda	Água Doce - SC
Parque Eólico de Osório	50.000	100% para Ventos do Sul Energia S/A	Osório - RS
Parque Eólico Sangradouro	50.000	100% para Ventos do Sul Energia S/A	Osório - RS
Taíba Albatroz	16.500	100% para Bons Ventos Geradora de Energia S.A.	São Gonçalo do Amarante - CE
Parque Eólico dos Índios	50.000	100% para Ventos do Sul Energia S/A	Osório - RS
Millennium	10.200	100% para SPE Millennium Central Geradora Eólica S/A	Mataraca - PB
Presidente	4.500	100% para Vales dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataraca - PB
Camurim	4.500	100% para Vales dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataraca - PB
Albatroz	4.500	100% para Vales dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataraca - PB
Coelhos I	4.500	100% para Vales dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataraca - PB
Coelhos III	4.500	100% para Vales dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataraca - PB
Atlântica	4.500	100% para Vales dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataraca - PB
Caravela	4.500	100% para Vales dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataraca - PB
Coelhos II	4.500	100% para Vales dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataraca - PB
Coelhos IV	4.500	100% para Vales dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataraca - PB
Mataraca	4.500	100% para Vales dos Ventos Geradora Eólica S.A.	Mataraca - PB
Total: 33 Usina(s)		Potência Total: 414.480 kW	

(Fonte: ANEEL, 2009)

PROINFA – Eólica (Potência)	
Contratado	1.422,96 MW
Em Operação	386,63 MW
Em Obras	369,50 MW

PROINFA – Eólica (nº de empreendimentos)	
Contratado	54
Em Operação	24
Em Obras	8

(Fonte: ANEEL, 2009)

414,5 MWInstalados (0,37%)
33 Usinas em Operação

Usina Eólica de Taíba - CE

5 MW

(WOBBENWINDPOWER, 2008)

Usina Eólica de Prainha - CE

10 MW

(WOBBENWINDPOWER, 2008)

Usina Eólica de Mucuripe - CE

2,4 MW

(WOBBENWINDPOWER, 2008)

Parque Eólio–Elétrica de Palmas - PR

2,5 MW

(WOBBENWINDPOWER, 2008)

Usina Eólica de Bom Jardim - SC

0,6 MW

(WOBBENWINDPOWER, 2008)

Usina Eólica de Macau - RN

1,8 MW

(WOBBENWINDPOWER, 2008)

Usina Eólica de Água Doce - SC

4,8 MW

(www.ecodebate.com.br)

Parque Eólico do Horizonte - SC

9 MW

(WOBBENWINDPOWER, 2008)

Usina Eólica de Rio do Fogo - RN

49,3 MW

(CRESESB, 2006)

Parque Eólico de Osório, Sangradouro e Índios - RS

50 MW
50 MW
50 MW

(CRESESB, 2006)

Central Geradora Eólica Millennium - PB

10,2 MW

(WOBBENWINDPOWER, 2008)

Usina Eólica de Beberibe - CE

25,6 MW

(http://fotos.passaura.com.br/main.php)

Eólica Paracuru - CE

(http://flickr.com/photos/evelin_lima/2897091979/)

23,5 MW

Energia eólica - perspectivas

- **Perspectivas de crescimento e de ser uma alternativa a expansão de geração térmica contribuindo para evitar aumento de emissões.**
- **O grande potencial eólico brasileiro e a evolução tecnológica dos aerogeradores apontam a energia eólica como uma alternativa viável econômica e ambientalmente.**
- **O PNE 2030 indica uma inserção, até 2030, de aproximadamente 5.000 MW da tecnologia eólica.**
- **Os Valores Econômicos da geração eólica variam de 210 a 240 R$/MWh, para fatores de capacidade entre 0,42 e 0,32, respectivamente, sendo superiores à média de preços dos leilões de energia nova.**
- **Necessidade de continuidade – Leilões anuais para contratação de 1GW de eólica ao longo de 10 anos (proposta ABEEÓLICA, 2009).**

Energia Eólica
X
Energia de Fonte Hídrica
→ Complementares

Tecnologias em foco (energia renovável complementar)

CEPEL
Sistema Eletrobrás

Eólica

→ Solar Fotovoltaica

Solar Térmica

O Sol

CEPEL
Sistema Eletrobrás

Energia Solar Fotovoltaica

Princípio de Funcionamento

Efeito Fotovoltaico - conversão direta de energia luminosa (fótons) em energia elétrica (tensão x corrente)

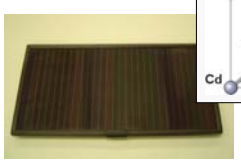
Célula Fotovoltaica - construída a partir de uma junção p-n de material semicondutor, normalmente o Silício; tem a propriedade de implementar o efeito fotovoltaico

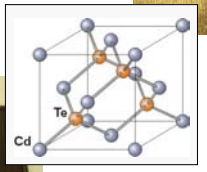
Materiais

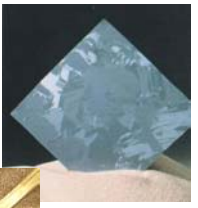
O material mais empregado nas células fotovoltaicas atualmente é o Silício (Si), que é o material básico da indústria eletrônica (chips) e o segundo material mais abundante na crosta terrestre (o Brasil tem as maiores reservas mundiais de Silício)

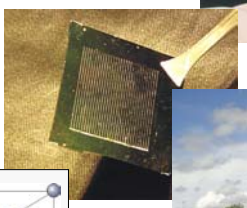
Tipos de Células Fotovoltaicas

- Silício cristalino – monocristalino e policristalino
- Silício amorfo
- Telureto de Cádmio - CdTe
- Disseleneto de Cobre Índio (CIS – CuInSe2)
- Arsenieto de Gálio – GaAs
- Células de Multi-Junção
- Corantes





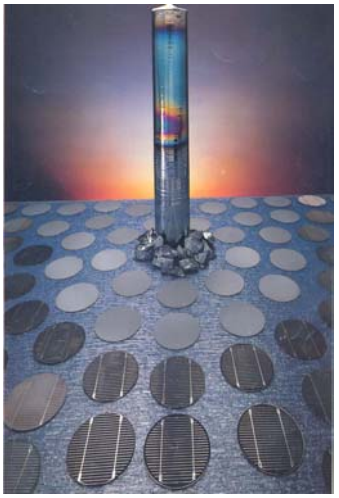


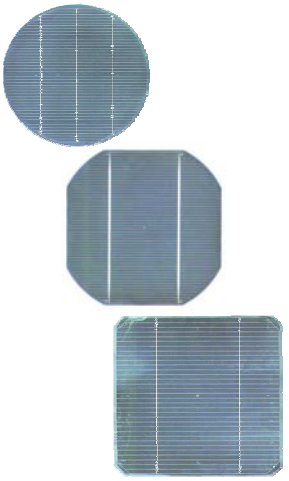


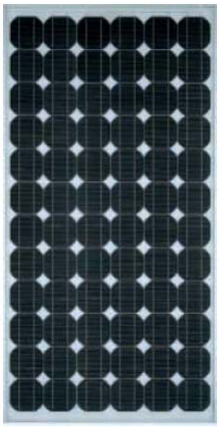
Tipo de Módulos Fotovoltaicos

CEPEL
Sistema Eletrobrás

SÍLICIO MONOCRISTALINO



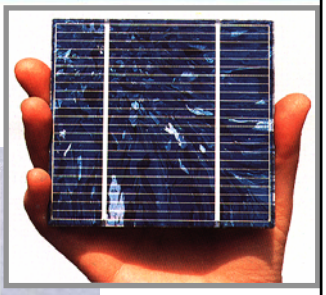




Tipos de Módulos Fotovoltaicos

CEPEL
Sistema Eletrobrás

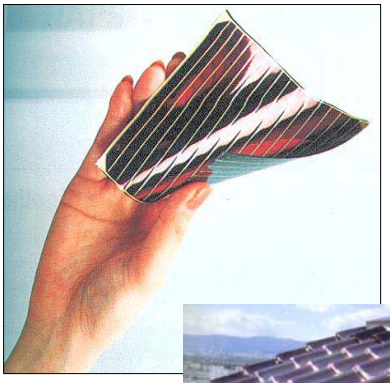
SÍLICIO POLICRISTALINO

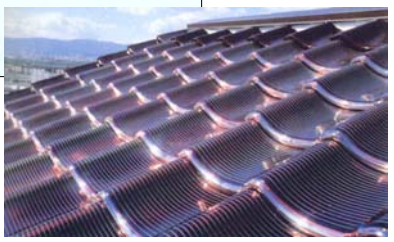


Tipos de Módulos Fotovoltaicos

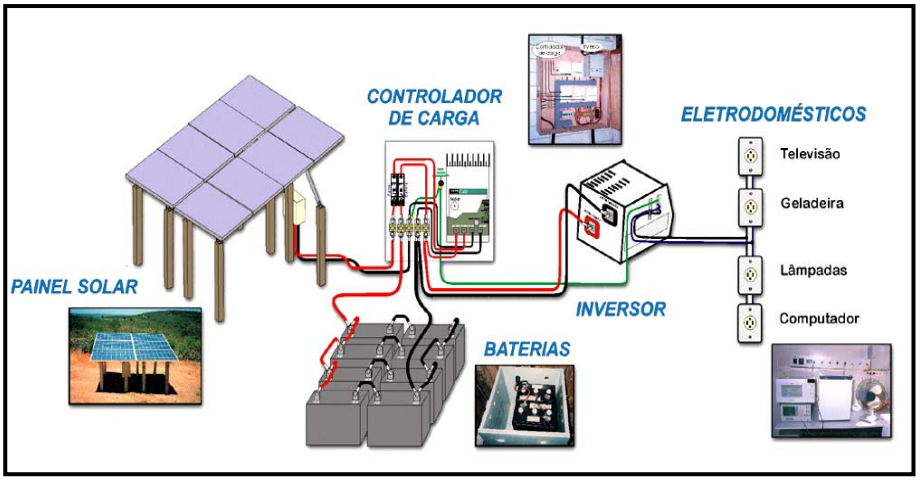
CEPEL
Sistema Eletrobrás

SÍLICIO AMORFO





Sistema Fotovoltaico de Geração de Energia Elétrica



Projeto DoE/NREL/CEPEL

Sistemas fotovoltaicos instalados em casas geminadas no município de Pentecoste, CE

PRODEEM – Paraty, RJ

Comunidade de Praia do Sono: E.M. Martins de Sá, Posto de Saúde, Centro Comunitário

Comunidade de Pouso da Cajaíba: E.M. Pouso da Cajíba, Centro Comunitário, Posto de Saúde, Sistema Telefônico

Fonte: Gera-Sol (SEINPE/RJ)

Projeto Ribeirinhas – Amazonas (Parceria ELETROBRÁS/CEPEL/CEAM)

Transporte dos equipamentos

Sistema instalado em N.S.P. Socorro – Manacapurú

Programa Luz para Todos

Sistema fotovoltaico instalado na Bahia (COELBA)

Casa Solar Eficiente do CEPEL

Projetos CEPEL – MARINHA

- *Arquipélago São Pedro e São Paulo*
- *Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade*

Arquipélago de São Pedro e São Paulo

- Localizado a cerca de 1.010km do ponto mais extremo do RN
- Parceria entre o MME, o CEPEL e a Marinha do Brasil
- Sistema fotovoltaico instalado em jun/1998
- Painel fotovoltaico de 3,6kWp
- Dessalinização de água

Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo

Arquipélago de São Pedro e São Paulo

- Nova ECASPSP inaugurada em junho de 2008
- Painel fotovoltaico de 7,8kWp
- Equipamentos mais modernos
- Dessalinização de água

Nova Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo

Arquipélago de São Pedro e São Paulo

Ilha da Trindade

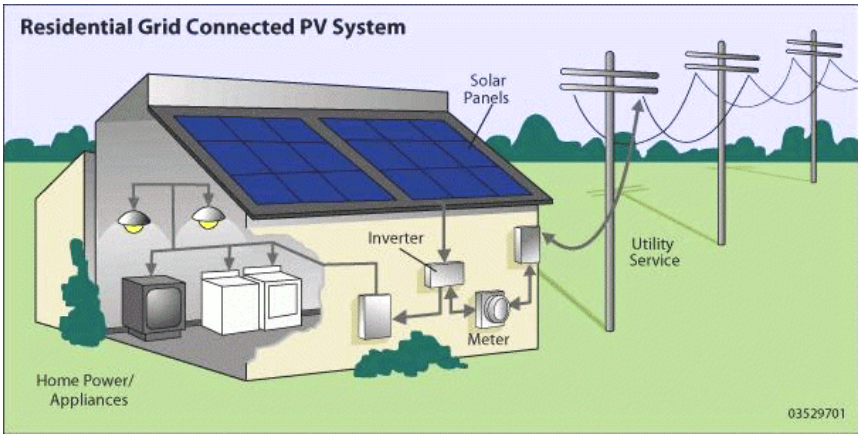
Desenvolvimento de estudos de viabilidade para implantação de um projeto de geração de energia elétrica, através de fontes renováveis, que substitua, no todo ou em parte, o sistema gerador existente, buscando o uso eficiente de energia e a sustentabilidade ambiental da Ilha da Trindade.

A Experiência Brasileira

Sistemas instalados	Potência (kWp)	Ano de instalação
CHESF	11,0	1995
LABSOLAR-UFSC	2,1	1997
LSF-IEE/USP	0,75	1998
UFRJ/COPPE	0,85	1999
LABSOLAR-UFSC	1,1	2000
Grupo FAE/UFPE (F. Noronha)	2,5	2000
LSF-IEE/USP	6,3	2001
LABSOLAR	10,0	2002
CEPEL	16,2	2002
H R (Porto Alegre)	3,3	2002
Grupo FAE/UFPE (F. Noronha)	2,5	2002
CELESC	4,2	2003
LSF-IEE/USP	6,0	2003
UFRGS	4,8	2004
CEMIG	3,0	2004
Escola Técnica de Pelotas	0,85	2004
LSF-IEE/USP	3,0	2004
Grupo FAE/UFPE	1,7	2005
TOTAL	80,15	

(Fonte: LSF/IEE/USP)

Sistema Fotovoltaico Residencial Conectado à Rede



A Experiência Internacional

Sistemas fotovoltaicos residenciais "rooftop"
EUA (esquerda) e Alemanha (direita)

A Experiência Internacional

Solar Town

Fonte: Japão/SHARP Corporation

sistemas FV em condomínio residencial - Japão

A Experiência Internacional

17 kWp - Alemanha

(Fonte: Site PVDatabase)

100,4 kWp - Madri, Espanha

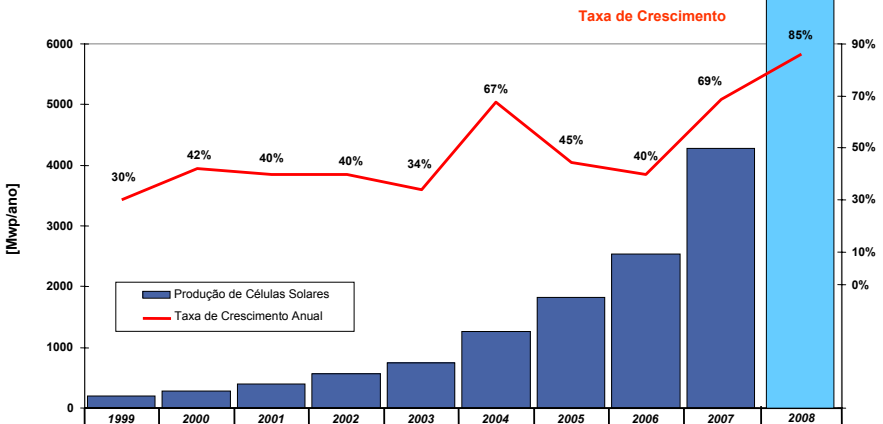
A Experiência Internacional

97 kWp - Alemanha

(Fonte: Site PVDatabase)

85 kWp – Reino Unido

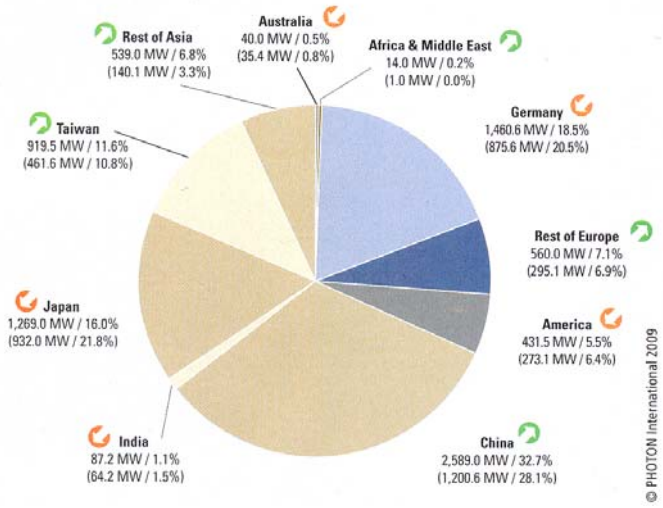
Produção Mundial de Painéis Fotovoltaicos



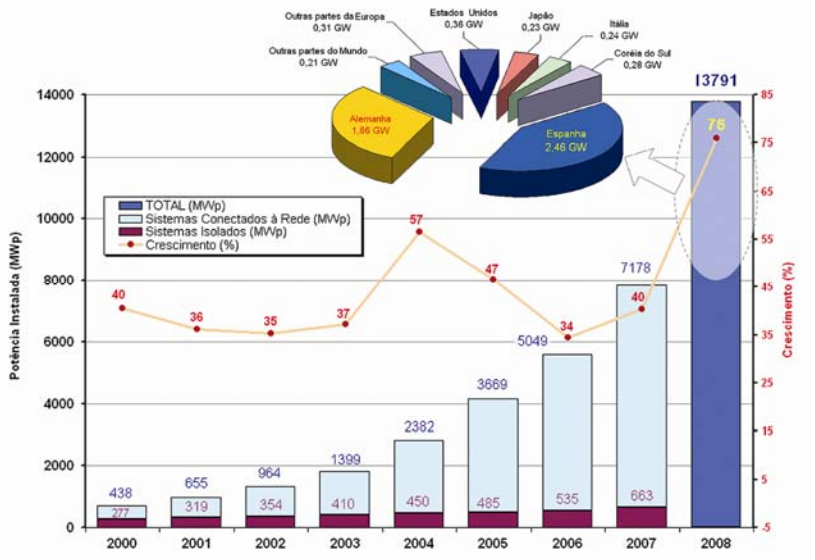
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Produção de Células	202.0	287.0	401.0	560.0	750	1256	1815.0	2536.0	4279.0	*7910,0*
Taxa de Crescimento	30%	42%	40%	40%	34%	67%	45%	40%	69%	*85%*

(Photon International -03/09)

Produção Mundial de Painéis Fotovoltaicos Distribuição Regional 2008 (2007)

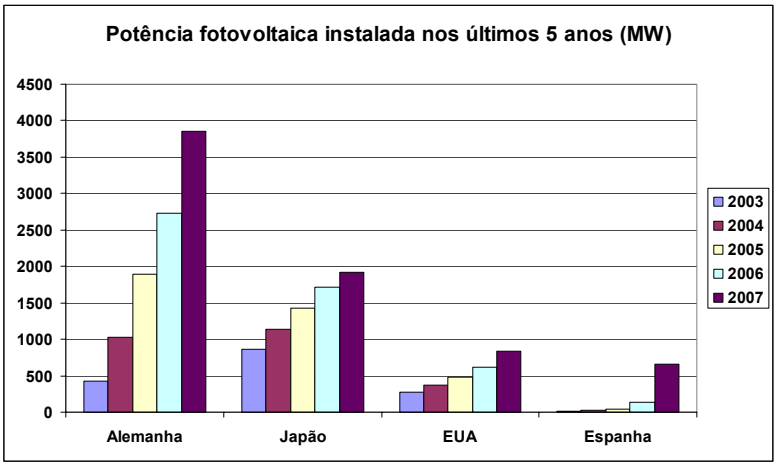


Painéis fotovoltaicos – Potência instalada em nível mundial



(Fonte: SOLARBUZZ, 2009/ PHOTON INTERNATIONAL, 2008)

Painéis fotovoltaicos – Potência instalada em nível mundial



(Fonte: Site IEA)

Mercado mundial de painéis fotovoltaicos

- Incentivos governamentais expressivos têm sido utilizados para o desenvolvimento deste mercado (*feed-in*, incentivos fiscais, linhas de financiamento especiais, etc.)
- Centenas de fabricantes de painéis fotovoltaicos no mundo
- Predominância de aplicações conectadas na rede elétrica
- Custos: US$ 2,00/Wp (célula); US$ 5,00/Wp (módulo completo)
- Evolução tecnológica: Si amorfo com eficiências superiores a 8%

(Fonte: PHOTON INTERNATIONAL, 2009)

Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

- Tem sido utilizada, no Brasil, em aplicações distantes da rede, em particular na região amazônica e no interior da região nordeste (exemplo: PRODEEM / Luz para Todos)
- Se houver uma redução de custos ainda mais significativa do que a que já está se verificando, aplicações interligadas podem contribuir num cenário distante de substituição de fontes térmicas
- Produção de equipamentos no Brasil tem vantagem de utilizar a base hidráulica (menor emissão na produção de equipamentos)
- Brasil: Maior exportador de Si grau metalúrgico do mundo

Energia Solar Fotovoltaica Panorama Industrial Brasileiro

- Módulos FV – **Importados**. Atualmente sem fabricação expressiva no Brasil. No passado, Fone-Mat e Heliodinâmica (tecnologia 100% nacional). Várias outras empresas já demostraram interesse em estabelecer-se no Brasil
- Baterias – **Nacionais**. Chumbo-ácido. Produção há décadas (Moura, Delphi e Tudor)
- Inversores e Controladores de Carga – **Importados/ Nacionais**. Vários fabricantes no país com pequena produção (Unitron, Pronet, etc.)
- Diversos representantes e fornecedores de fabricantes internacionais
- Associação de Empresas (ABEER - Associação Brasileira de Empresas de Energias Renováveis), fundada em 1995, reune diversas empresas do setor

Tecnologias em Foco (energia renovável complementar)

Eólica

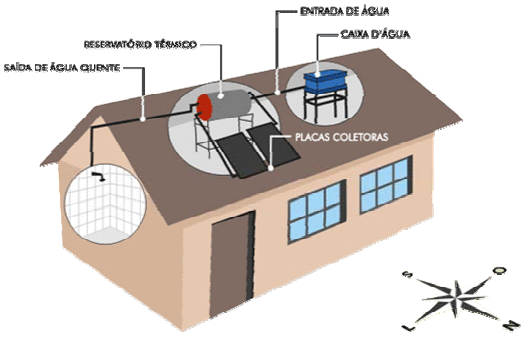
Solar Fotovoltaica

→ Solar Térmica

Solar Térmico Aquecimento solar residencial

Grande oportunidade de crescimento da utilização de coletores solares planos para aquecimento de água.

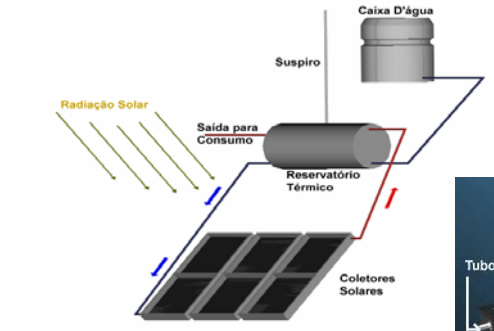
É desejável que uma legislação adequada e a disponibilidade de financiamento estimulem sua utilização.



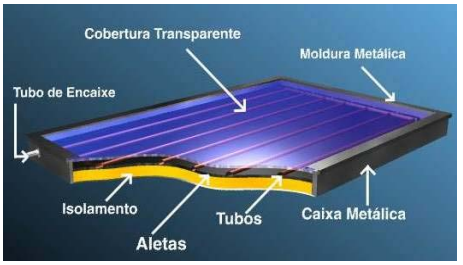
Fonte: http://www.komeco.com.br/assets/

Sistema Solar Térmico
Princípio de Funcionamento

CONSTITUIÇÃO DO COLETOR SOLAR PLANO



(Fonte: GreenSolar, PUC-MG)



Solar Térmico
Aquecimento solar residencial

- O Brasil possui a sétima maior área de coletores solares instalados do mundo: **3,1** milhões de m²:
  - 84% no setor residencial;
  - 15% no setor terciário (hotéis e serviços);
  - 1% no setor industrial.
- Em termos populacionais, o Brasil possui apenas **1,72** m² de área coletora instalada para cada 100 mil habitantes, muito atrás de Chipre (84,4), Barbados (26,9) e Turquia (13,5).
- A taxa média de crescimento anual da área coletora instalada no Brasil é de **14%,** enquanto no Canadá é de 50%, na Alemanha de 39% e na França e na Grécia, de 34%.

(Fonte: Solar Heat Worldwide, Edition 2008)

Exemplos de Aplicações

Em motéis:

Motel Millenium - Presidente Prudente, SP

Capacidade: 30500 lts
Área coletora: 410 m^2

(Fonte: Transen)

Motel Dallas - Belo Horizonte, MG

(Fonte: GreenSolar, PUC-MG)

Exemplos de Aplicações

Em hotéis:

Hotel Riviera – Araçatuba, SP

Capacidade: 11000 lts
Área coletora: 146 m^2

(Fonte: Transen)

Hotel em Porto Seguro, BA

(Fonte: GreenSolar, PUC-MG)

Exemplos de Aplicações

Em residências de alto padrão:

(Fonte: Transen)

(Fonte: Transen)

Exemplos de Aplicações

Em residências populares:

Conjunto Habitacional Sapucaias - Contagem, MG

(Fonte: GreenSolar, PUC-MG)

Exemplos de Aplicações

Em piscinas:

Área da Piscina: 1500m²
Área coletora: 930 m²

Minas Tênis Clube – Belo Horizonte, SP

(Fonte: Site da Polisol)

Energia Solar Térmica

Iniciativas Nacionais:

- Cidades Solares (parceria estabelecida em 2006 entre *Vitae Civilis e* ABRAVA) - **www.cidadessolares.org.br**

  ✓ rede de municípios, concessionárias, construtores, tomadores de decisão, ONGs, pesquisadores e cidadãos

  ✓ foco no desenvolvimento de programas e legislação de incentivo ao uso do aquecimento solar

  ✓ busca integrar o aquecimento solar no planejamento para a sustentabilidade

  ✓ aprovação de Leis que obrigam a utilização de sistemas solares térmicos em diversas cidades (São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre e Birigui)

Energia Solar Térmica

Iniciativas Nacionais:

- Substituição de chuveiros elétricos por aquecedores solares em residências de baixa renda realizada por algumas concessionárias de energia elétrica
- Projetos financiados pela Caixa Econômica Federal
- Certificação quanto à qualidade dos produtos através do Programa Brasileiro de Etiquetagem

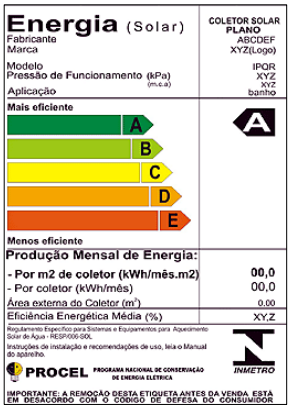
Programa Brasileiro de Etiquetagem

Ensaios em Coletores Solares Planos para Banho e para Piscina e Reservatórios Térmicos:

✓ INMETRO – Órgão gerenciador da etiqueta de Conservação de Energia

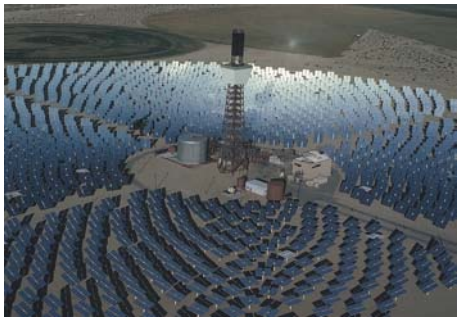
✓ Selo de Eficiência concedido pelo PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

✓ Testes realizados nos Laboratórios do GREEN SOLAR/PUC-MG (coletor e reservatório) e no IPT-SP (coletor)



Solar Térmico de Alta Temperatura
Geração de Energia Elétrica - Heliotermia

CEPEL Sistema Eletrobrás



Torre Central

Potência Instalada (MW)	
Concentrador Parabólico	468 MW
Torre Central	11 MW

(Fonte: Wikipedia, 2008)

Concentrador parabólico

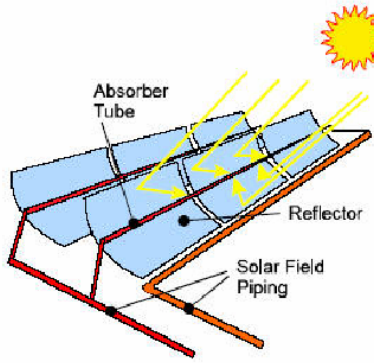
Disco parabólico

Heliotérmica

CEPEL Sistema Eletrobrás

CONCENTRADOR - CILINDRO PARABÓLICO

- Possui uma única linha focal horizontal
- Rastreamento do sol em um eixo
- Radiação direta normal diária média mensal (para mês crítico)
- Temperatura - 390°C



Heliotérmica

CONCENTRADOR - CILINDRO PARABÓLICO

Exemplo de Aplicação – 9 Plantas na Califórnia (*Solar Electric Generating System* - SEGS) com potência instalada total de 354MWe.

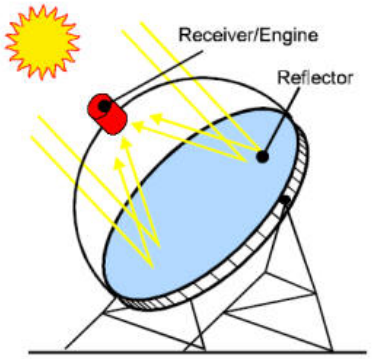
Solar Térmico – Heliotermia Cilindro Parabólico

Aplicações	Vantagens	Desvantagens
Plantas conectadas à rede, fornecimento de calor a plantas industriais. Maior potência instalada e operada atualmente: 80 MW. Existem projetos em desenvolvimento da ordem de centenas de MW.	•Comercialmente disponível – experiência operacional superior a 10 bilhões de kWh; temperatura de operação até 500 oC (comercialmente provada até 400 oC). •Modularidade •Melhor fator de utilização do espaço físico (uso do terreno) •Possibilidade de armazenamento térmico Plantas conectadas à rede, fornecimento de calor a plantas industriais. •Maior potência instalada e operada atualmente: 80 MW. Existem projetos em desenvolvimento da ordem de centenas de MW.	•Menor eficiência solar/elétrica teórica em relação às outras duas tecnologias •O emprego da tecnologia com óleo térmico na transferência de calor que é a tecnologia atualmente comercial e está limitada à temperatura de operação em 400 ºC.

Heliotérmica

CONCENTRADOR - DISCO PARABÓLICO

- Rastreia o sol em dois eixos concentrando energia em receptor no ponto focal do disco
- Radiação direta normal diária média mensal (para mês crítico)
- Temperatura - 750°C
- Protótipos em operação Alemanha, Espanha, França, Itália, Índia, EUA.



Heliotérmica

CONCENTRADOR - DISCO PARABÓLICO

Exemplo de Aplicação - Planta Disco/Stirling na Alemanha 10kWe (SBP)

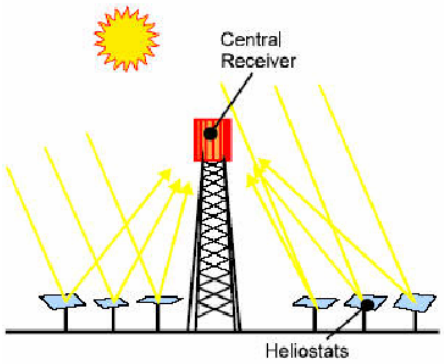
Solar Térmico – Heliotermia
Disco Parabólico

Aplicações	Vantagens	Desvantagens
Aplicações com potências atualmente utilizadas na faixa de dezenas de kW.	•Maior eficiência na conversão solar/elétrica •Modularidade •Operação provada em protótipos	•Confiabilidade precisa ser melhorada. •Os custos projetados para produção em larga escala necessitam de validação.

Heliotérmica

CONCENTRADOR - TORRE CENTRAL

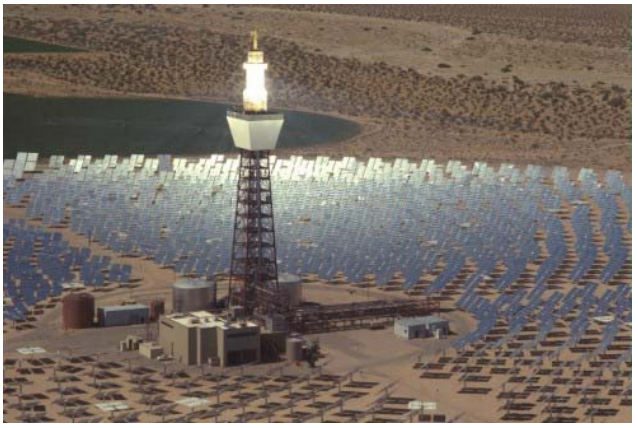
- Coletores com acompanhamento do sol em dois eixos (campo de heliostatos)
- Radiação direta normal diária média mensal (para mês crítico)
- Temperatura - 565°C



Heliotérmica

CONCENTRADOR - TORRE CENTRAL

Exemplo de Aplicação - Planta experimental na Califórnia (Solar One/Two 10MWe)



Heliotérmica

CONCENTRADOR - TORRE CENTRAL

Exemplo de Aplicação – Plantas em Sevilha, Espanha: PS10 (em operação comercial desde jun/2007 – 11MWe) e PS20 (em construção – 20MWe)

(Fonte: SolarPACES Annual Report 2007)

Solar Térmico – Heliotermia
Torre Central

Aplicações	Vantagens	Desvantagens
Plantas conectadas à rede, fornecimento de calor (alta temperatura) a plantas industriais. Maior potência instalada e operada atualmente: 10 MW. Existe projeto em desenvolvimento de 20 MW.	• Boas perspectivas aumento da eficiência na captação e concentração da energia solar; temperatura de operação de até 1000 ºC (provada de 565 ºC na planta de 10 MW). • Possibilidade de armazenamento a alta temperatura.	• Desempenho, custos de investimento e de operação ainda precisam ser provados em operação comercial. • Exige área maior do que a tecnologia de cilindros parabólicos.

Solar Térmico
Geração de Energia Elétrica - Heliotermia

Sistemas	Custos (US$/kW)
Fotovoltaico	2.500 a 6.000
Cilindro Parabólico	2.000 a 3.000
Torre Central	3.000 a 6.000
Disco Parabólico	10.000 a 12.000

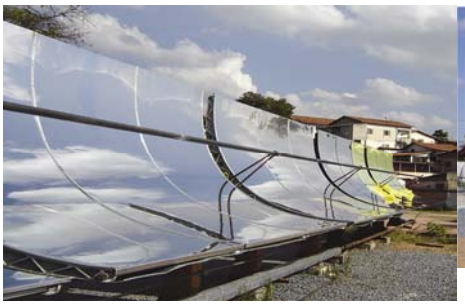
Desde que haja uma diminuição de custos muito significativa, a geração heliotérmica poderá ser empregada, em particular na Região Nordeste.

Iniciativa governamental de criação de grupos para estabelecimento de uma agenda de P&D.

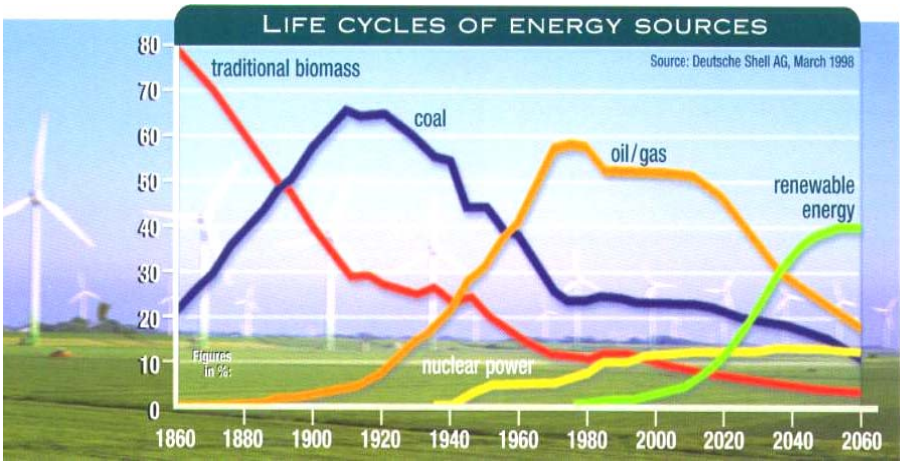
A Experiência Brasileira

PROJETO PILOTO CEMIG / CEFET-MG

- Projeto P&D ANEEL
- Implantação em junho/2008
- Planta com capacidade de geração de 10 kW
- Uso de alumínio de alta refletância ao invés de espelhos
- Custo total de implantação de R$500 mil



Perspectivas das Fontes Renováveis no Mundo

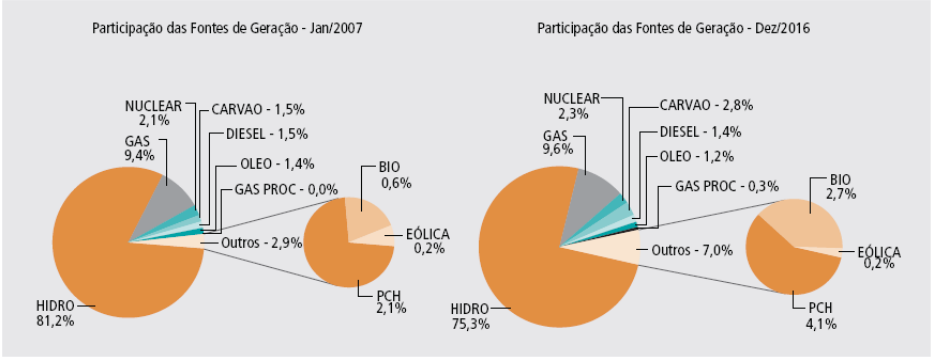


Biomassa | Carvão | Petróleo e gás | Energia Nuclear | Renováveis

Perspectivas das Fontes Renováveis no Brasil

CEPEL Sistema Eletrobrás

Evolução da Matriz de Geração de Energia Elétrica (PDE 2007-2016)



Obrigada por sua atenção!

www.cepel.br/cresesb

dutra@cepel.br

Telefone: (21) 2598-6174

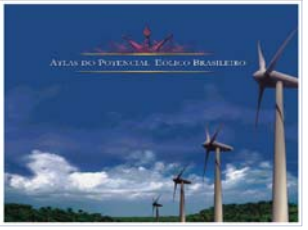
CEPEL Grupo Eletrobrás

Grupo Eletrobrás A energia que movimenta o Brasil.

Ministério de Minas e Energia

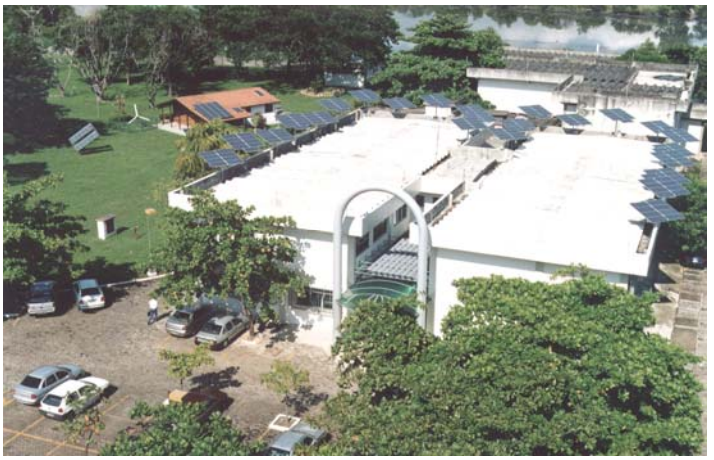
BRASIL UM PAÍS DE TODOS GOVERNO FEDERAL

Projetos do CEPEL na área de fontes renováveis de energia



Potencial Eólico
Atlas do Potencial Eólico Brasileiro

Atlas Solarimétrico do Brasil
CEPEL - UFPE

Telhado solar fotovoltaico

- Painel fotovoltaico de 16,2kWp em operação desde 2002
- Avaliação do desempenho de sistemas fotovoltaicos conectados à rede