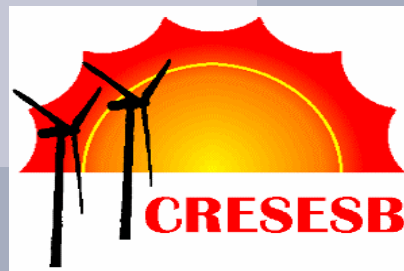


CEPEL 
Grupo Eletrobrás



CEPEL 
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
Grupo Eletrobrás

ENERGIAS RENOVÁVEIS: CONTRIBUIÇÃO PARA CENÁRIO DE BAIXAS EMISSÕES

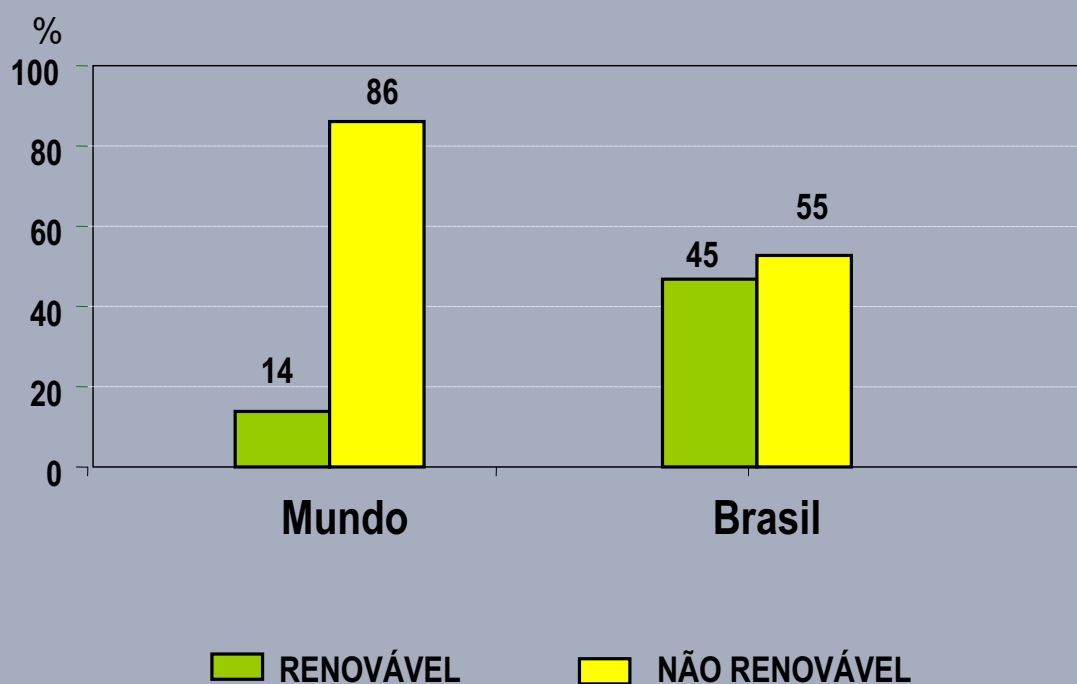
PUC-RIO

Semana de Meio Ambiente

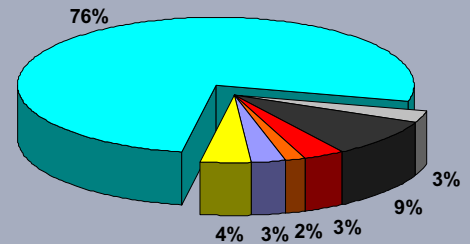
**Mesa Redonda: Energia e meio
ambiente**

Rio de Janeiro - Junho de 2007

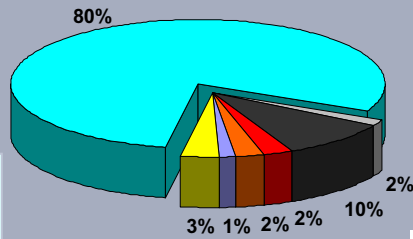
- **Evolução da matriz elétrica brasileira até 2030**
- **Considerações sobre possíveis contribuições de cada fonte**
- **Perspectivas e dificuldades para a contribuição destas fontes**
- **Conclusões**



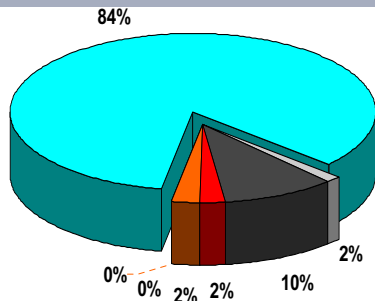
2030 (Cenário B1)
(Renováveis: 83,1%)



2015 (Plano Decenal de EE)
(Renováveis: 83,7%)

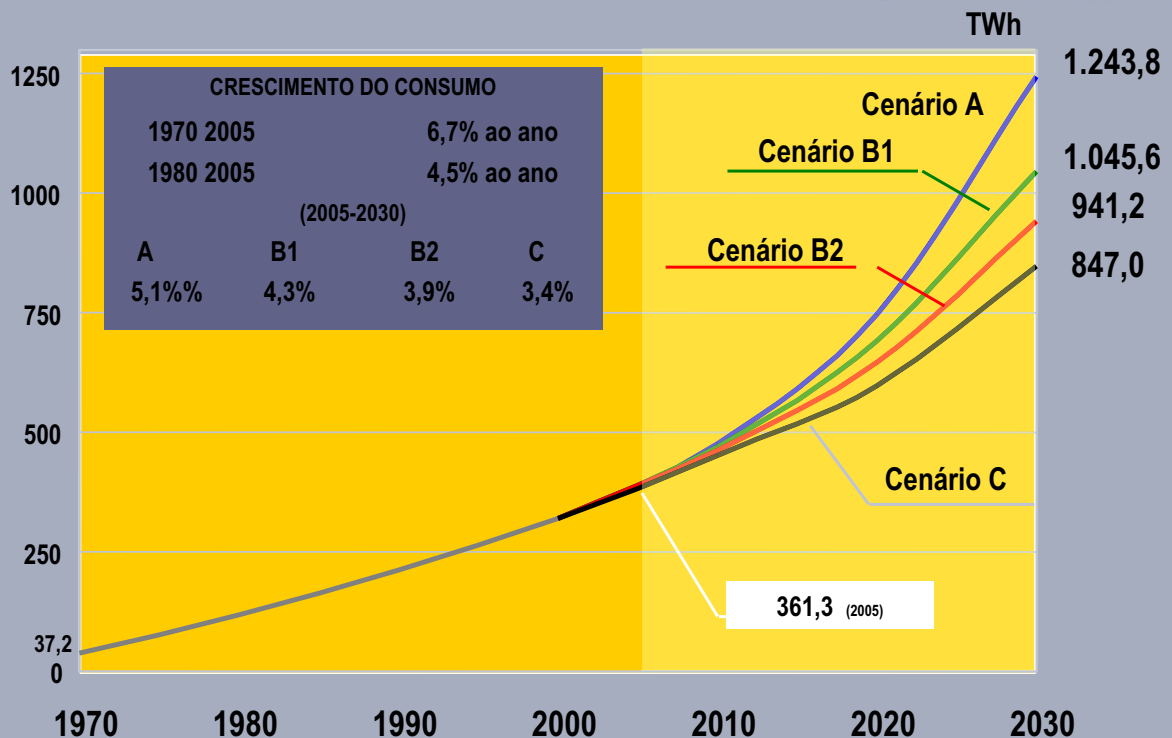


2005
(Renováveis: 84%)

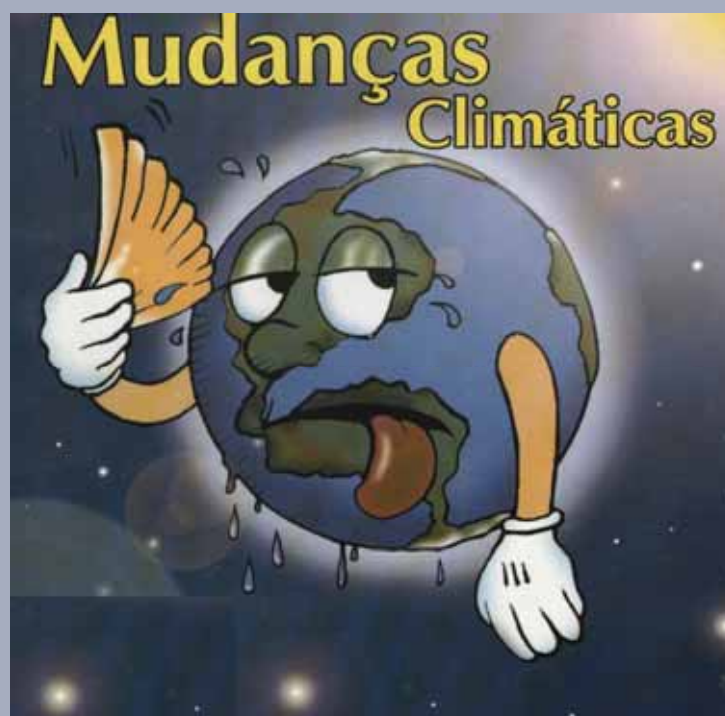


- Hidroeletricidade (inclui PCH e Itaipu import.)
- Termoeletricidade (Carvão)
- Termoeletricidade (Gás Natural)
- Termoeletricidade (Nuclear)
- Termoeletricidade (Derivados Petróleo)
- Biomassa
- Eólica e Outros

Projeção de Consumo Final: Eletricidade



Obs.: inclusive autoprodução clássica/transportada e inclui conservação (progresso autônomo), excluindo contudo consumo setor energético



Source: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia

Emissão de CO₂ de Diversas Tecnologias

Tecnologias	Emissões de CO ₂ nos estágios de produção de energia (ton/GWh)			
	Extração	Construção	Operação	Total
Planta convencional de queima de carvão	1	1	962	964
Planta de queima de gás	0	0	484	484
Pequenas hidrelétricas	-	10	-	10
Energia eólica	-	7	-	7
Solar fotovoltaico	-	5	-	5
Grandes hidrelétricas	-	4	-	4
Solar térmico	-	3	-	3
Lenha (Extração programável)	-1.509	3	1.346	-160

Fonte: "Renewable Energy Resources: Opportunities and Constraints 1990-2020" - World Energy Council - 1993

→ Solar Fotovoltaica

→ Solar Térmica

→ Eólica

→ Biomassa

→ Pequenas Centrais Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

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\$/MW/h)	CUSTO COMBUSTÍVEL (US\$/MW/h)	CUSTO GERAÇÃO (US\$/MW/h)	EFICIÊNCIA
SOLAR FOTOVOLTAICA	-	0.05 A 10	- INTERMITENTE - GRID E OFF-GRID	DEMONSTRADA (GRID)	MÉDIA (GRID)	4.000 a 9.000	4 a 20	0.	250 a 500	10 a 18
				COMERCIAL (OFF-GRID)	ALTA (OFF-GRID)					
HELIOTÉRMICA	-	30.000 A 200.000	- BASE - GRID	PRÉ COMERCIAL	ALTA	1.000 a 4.800	4 a 23	0.	100 a 250	15 a 30
				COMERCIAL	ALTA	2.600 a 5.000	4 a 23	0.	130 a 250	15 a 30
				DEMONSTRADA	MÉDIA	800 a 5.100	15 a 23	0.	100 a 250	15 a 30
EÓLICA	30	300 a 2000	-INTERMITENTE -GRID E OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	700 a 1.200	4 a 12	0.	35 a 120	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
PCH's		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

Em comparação de custos deve-se levar em conta o da rede de distribuição

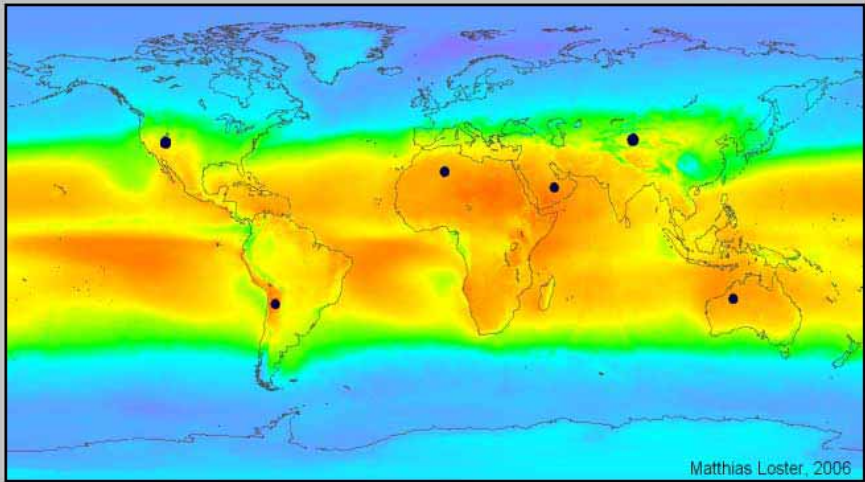
O Sol envia para a Terra energia equivalente a cerca de 10.000 vezes o consumo mundial de energia bruta



Radiação Solar Global



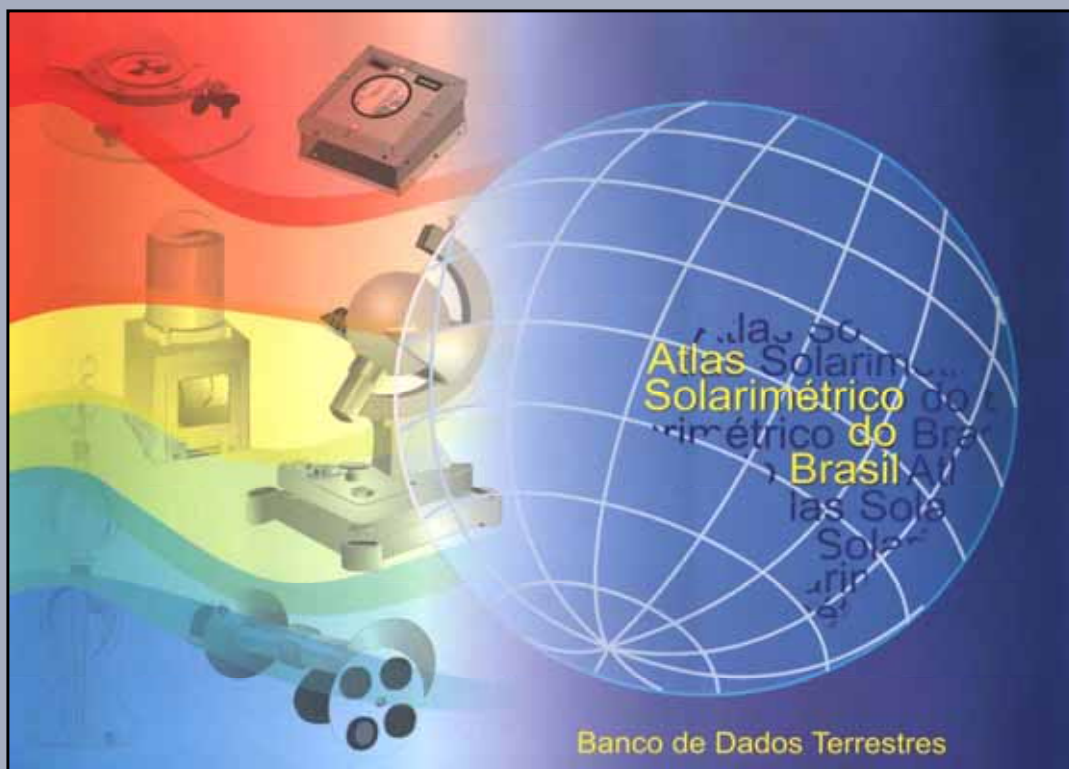
40 N →
O "Cinturão" Solar
35 S →



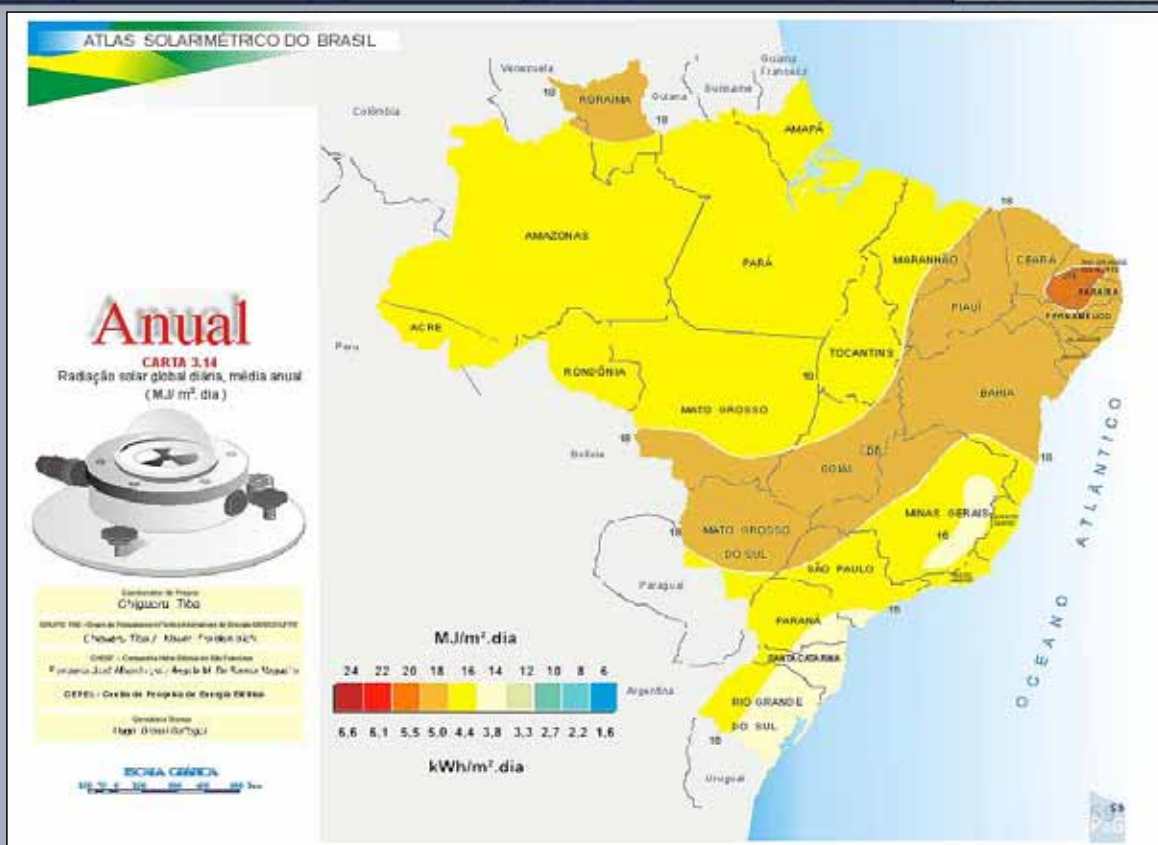
$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$

Fonte: Wikipedia

Atlas Solarimétrico do Brasil UFPE

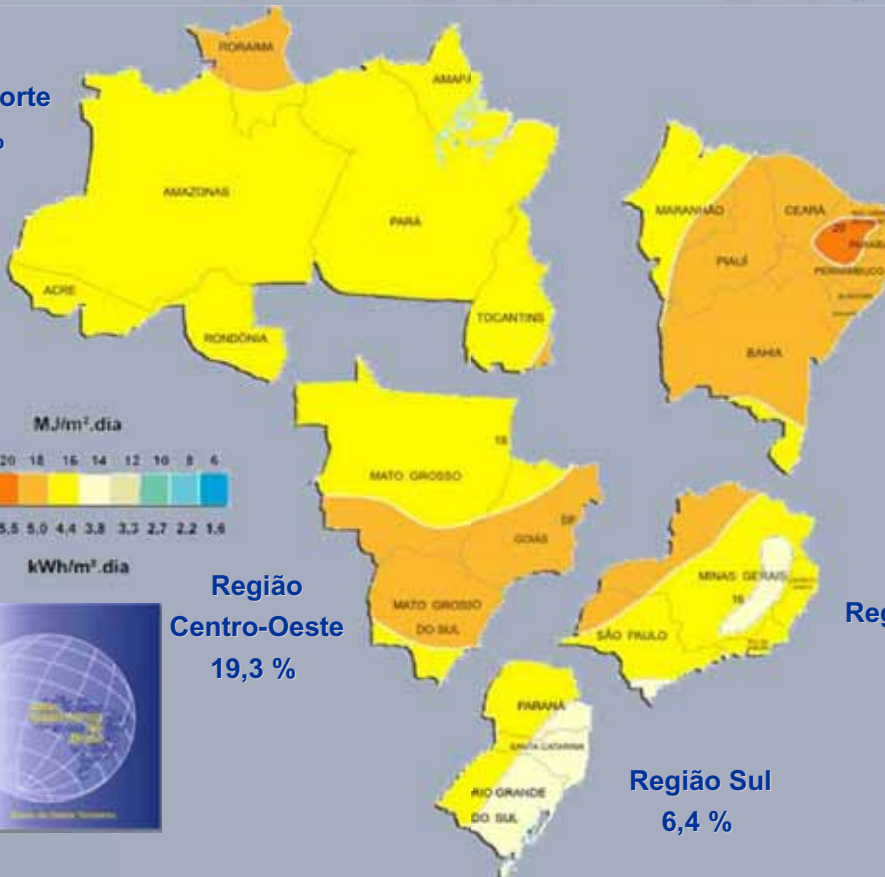


Radiação Solar Global Média Anual



Potencial Solar por Região

Região Norte
43,3 %

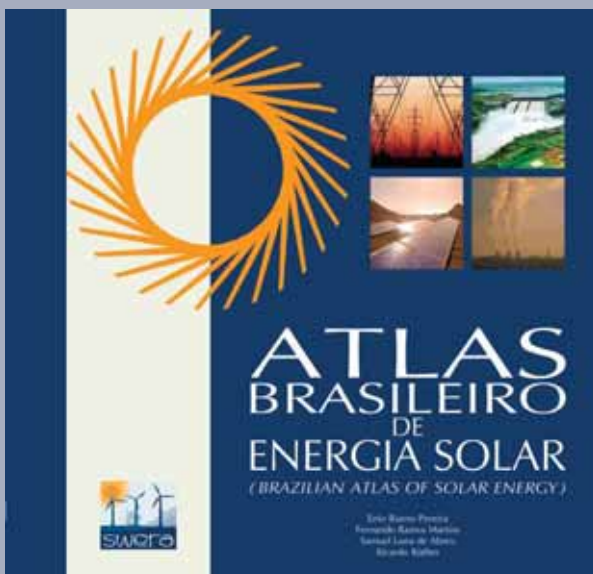


Região Nordeste
20,5 %

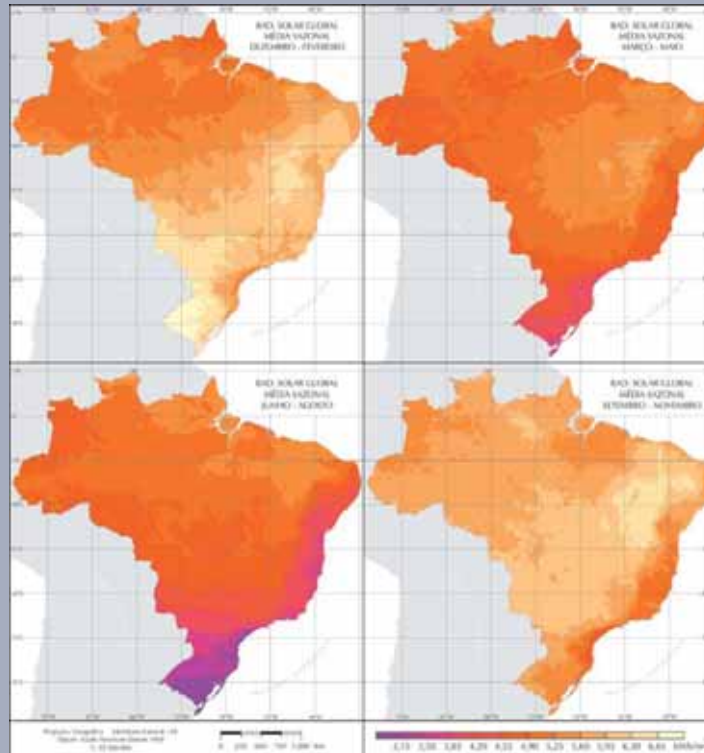
Região Centro-Oeste
19,3 %

Região Sudeste
10,5 %

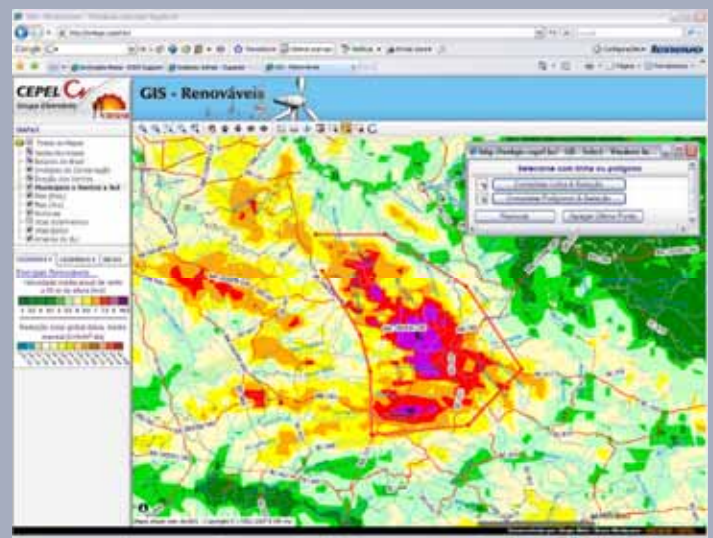
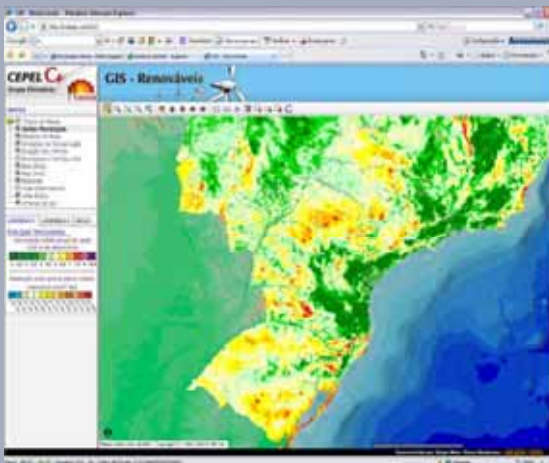
Região Sul
6,4 %



SWERA: Solar and Wind Energy Resource Assessment



WEB GIS - CRESESB/CEPEL



www.cresesb.cepel.br/webgis

www.cepel.br/cresesb/webgis

→ Solar Fotovoltaica

Solar Térmica

Eólica

Biomassa

Pequenas
Centrais
Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

PV – Conectado à rede



PV Neurather See (Alemanha) 360kWp

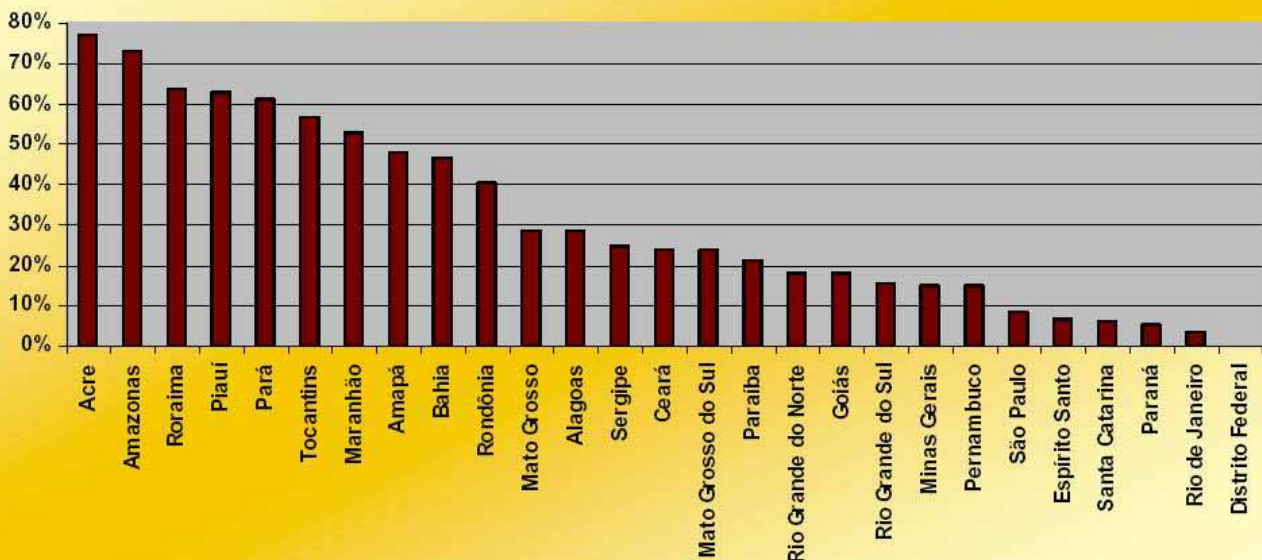
Telhado Solar Fotovoltaico

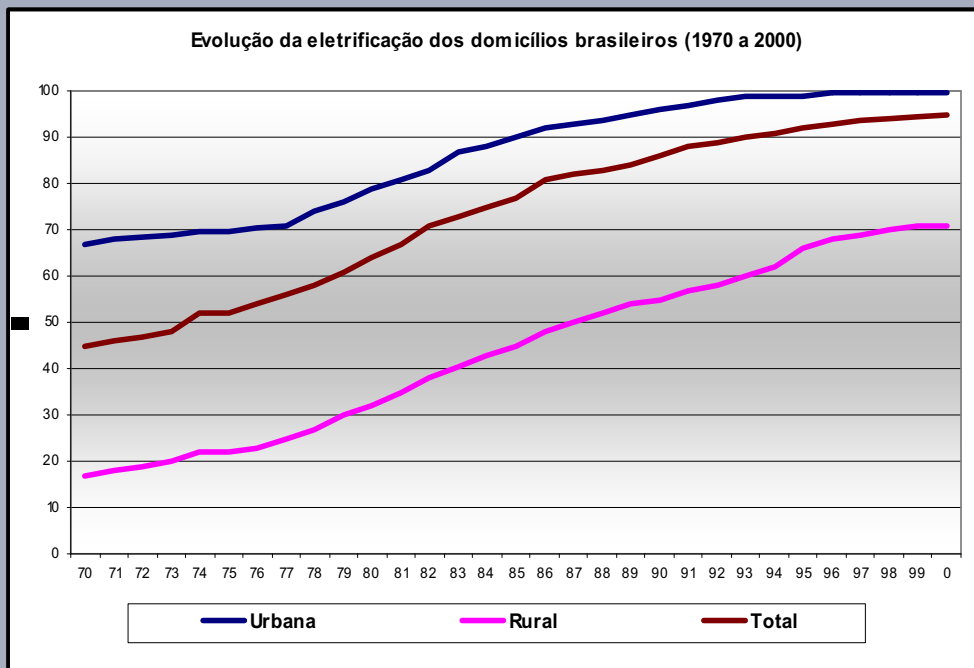
- Avaliação do desempenho de sistemas fotovoltaicos conectados à rede
- Painel fotovoltaico de 16 kWp em operação desde 2002



Universalização: metas e desafios

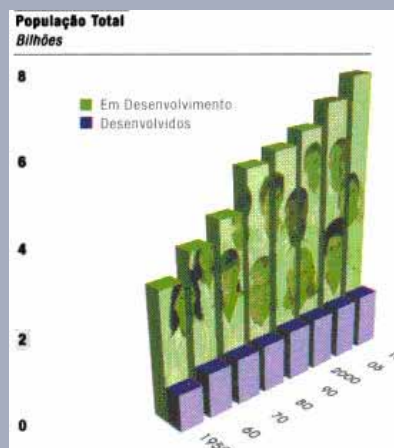
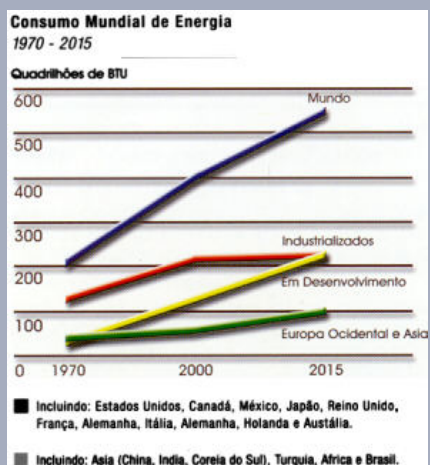
Índice de exclusão elétrica rural

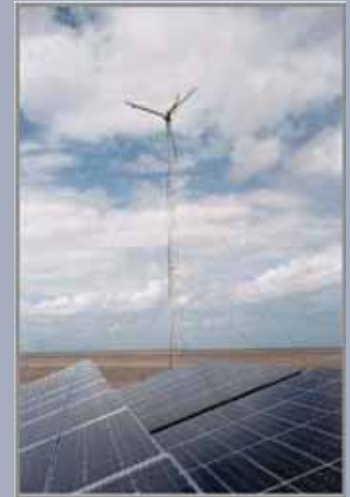
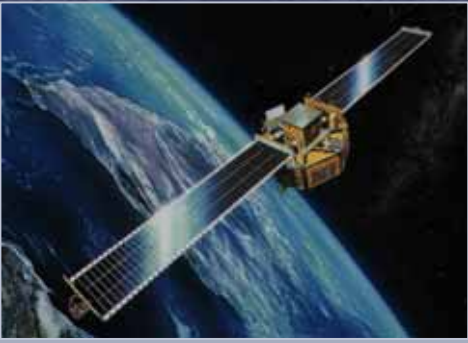




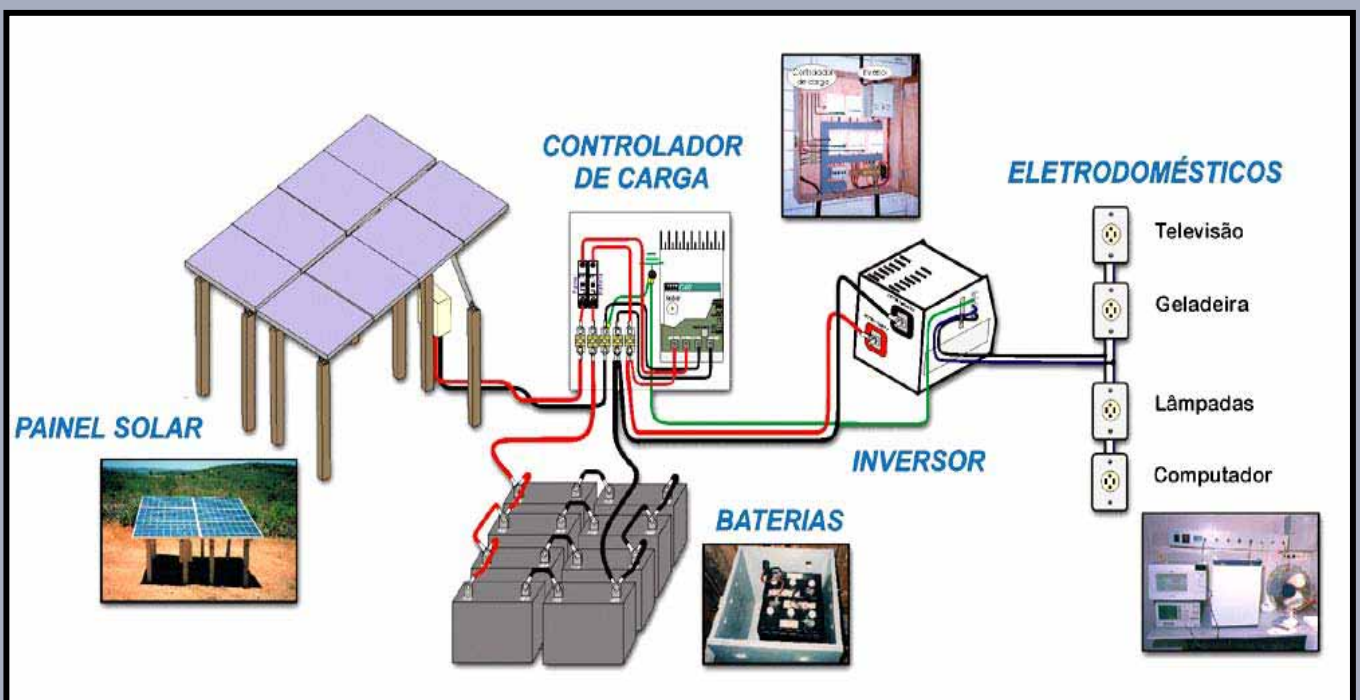
Fonte: Relatório CEPEL-DTE 211035/2003 - giannini@cepel.br

Uso da Energia: Tendência

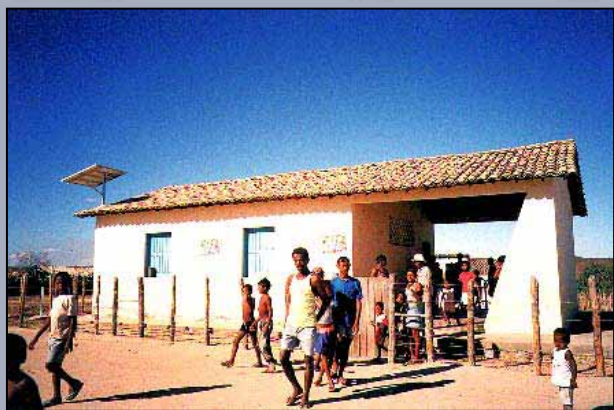




Sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica



Energia e Inclusão Social



Escola da comunidade de Baixão do Archanjo Município de Barra



Sistema Fotovoltaico
N.S.P. Socorro - Manacapuru

Instalações Fotovoltaicas Tocantins

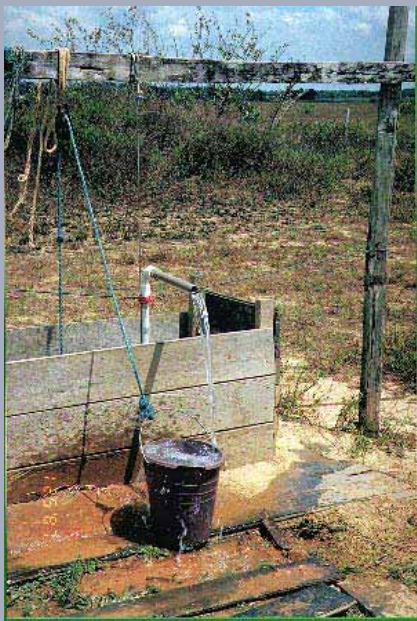


Crianças assistindo à TV pela primeira vez na comunidade de Boa Sorte Município de Dianópolis



Sistema de bombeamento da comunidade de Boa Sorte Município de Dianópolis

Sistema de Bombeamento Fotovoltaico



Abastecimento comunitário de água da comunidade de Amapá Grande
Município de Amapá - AMAPÁ



Sistema energético no posto de saúde e bombeamento da comunidade de Lago Novo
Município de Tartarugalzinho - AMAPÁ

Instalações Fotovoltaicas Projeto Ribeirinhas – Amazonas (Parceria Eletrobrás)



Transporte dos equipamentos fotovoltaicos



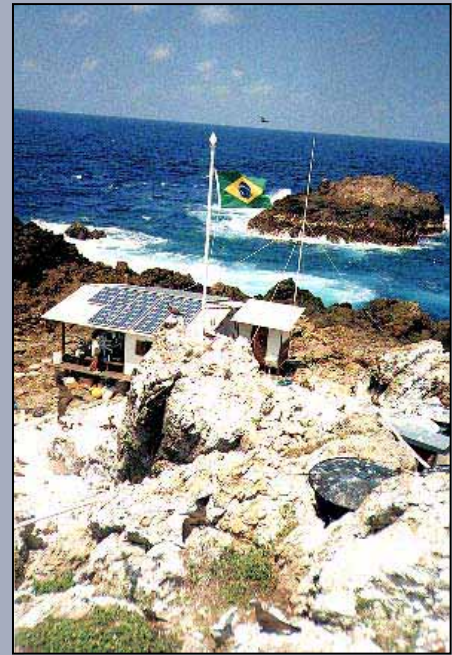
Sistema solar fotovoltaico instalado em N.S.P. Socorro – Manacapuru

Arquipélago de São Pedro e São Paulo



Estação Científica Arquipélago São Pedro e São Paulo

- painel fotovoltaico de 3.6kWp
- dessalinização de água
- em operação desde jun/98
- projeto do CEPEL para a CIRM



Vista aérea da Estação Científica



CASA SOLAR EFICIENTE

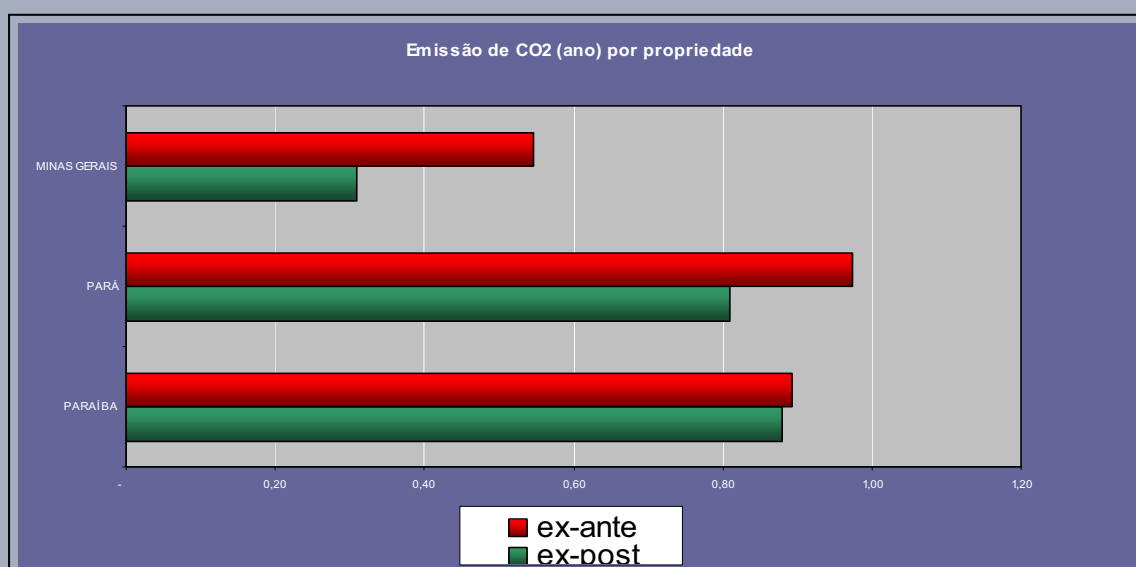


“É COMO GUARDAR O SOL DE DIA PARA ACENDER À NOITE DENTRO DE CASA”

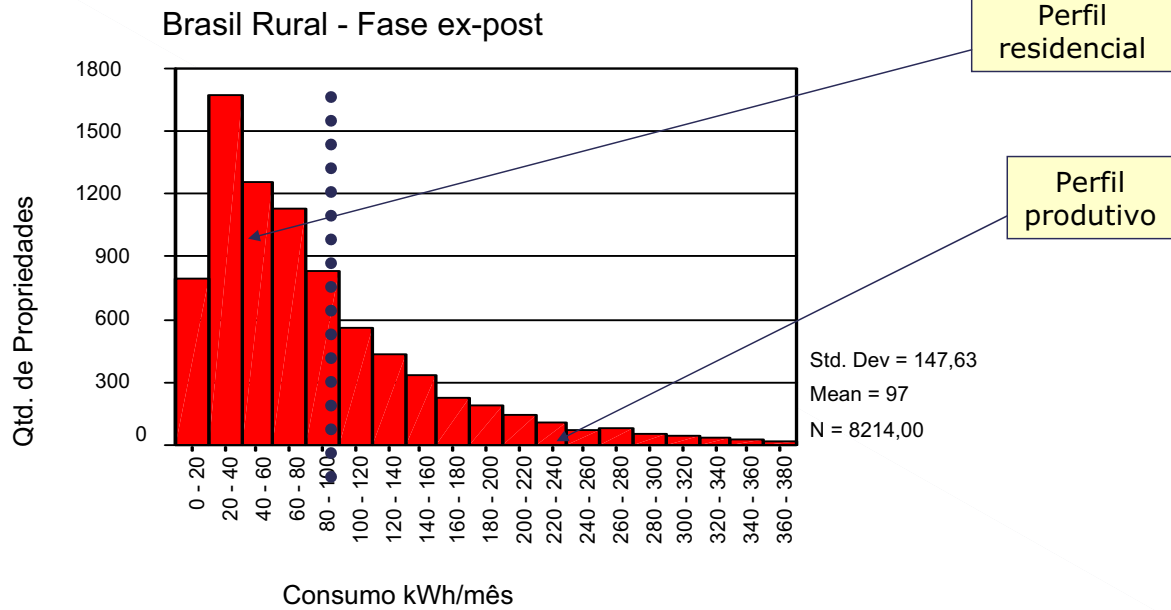
Quase 9000 propriedades rurais analisadas após eletrificação

Rural Electrification and CO2 Emission

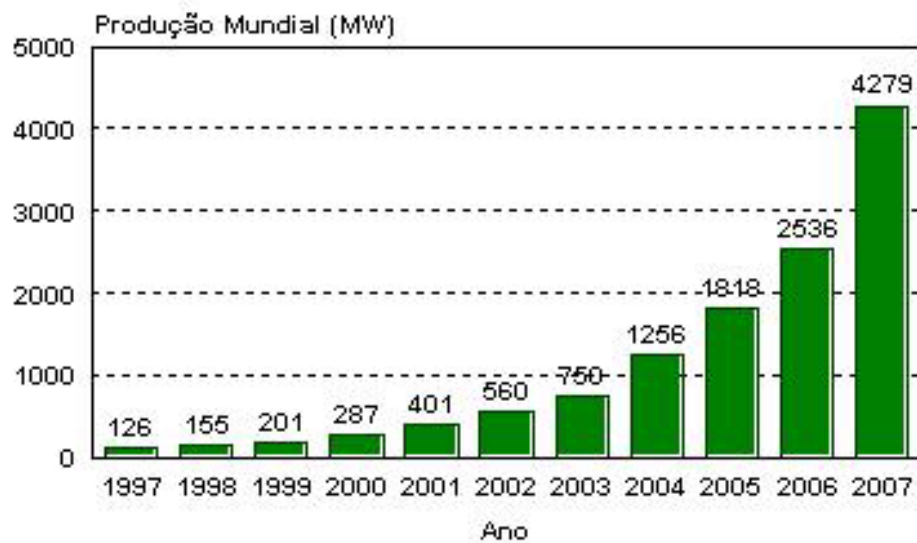
- Drop of the emission in the majority of states
- **PARAÍBA: 2%** , **PARÁ: 17%** e **MINAS GERAIS: 43%** de indigentes



Consumo de Energia Elétrica



PV – Produção Mundial (MW)





SOLAR FOTOVOLTAICO

- **Pode contribuir, num primeiro momento, em aplicações distantes da rede, em particular na região amazônica**
- **Caso haja uma significativa redução de custos, aplicações interligadas podem contribuir num cenário em que substitua fontes térmicas**
- **Produção de equipamentos no Brasil tem vantagem de utilizar a base hidráulica (menor emissão na produção de equipamentos)**
- **Melhorando condições de vida no campo pode ajudar a fixar populações na área rural diminuindo a pressão sobre os grandes centros**

Solar Fotovoltaica

→ Solar Térmica

Eólica

Biomassa

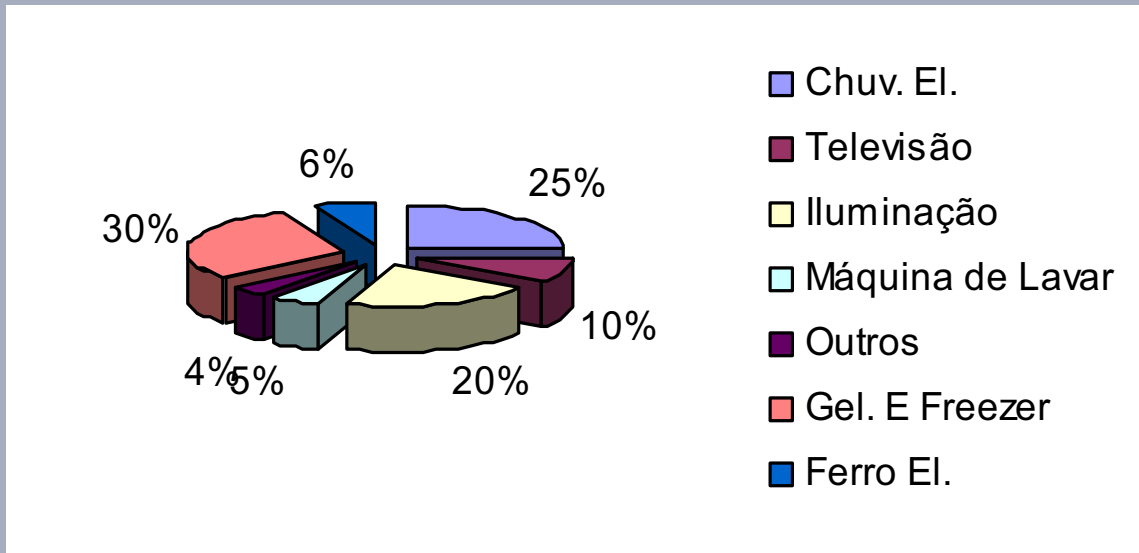
Pequenas
Centrais
Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

Aquecimento Solar



Como as pessoas usam a energia de um modo geral:



Aquecimento Solar

- 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 39%, na França e Grécia, 34%.

Tecnologias de Conversão Direta da Radiação Solar - Heliotermia



Discos

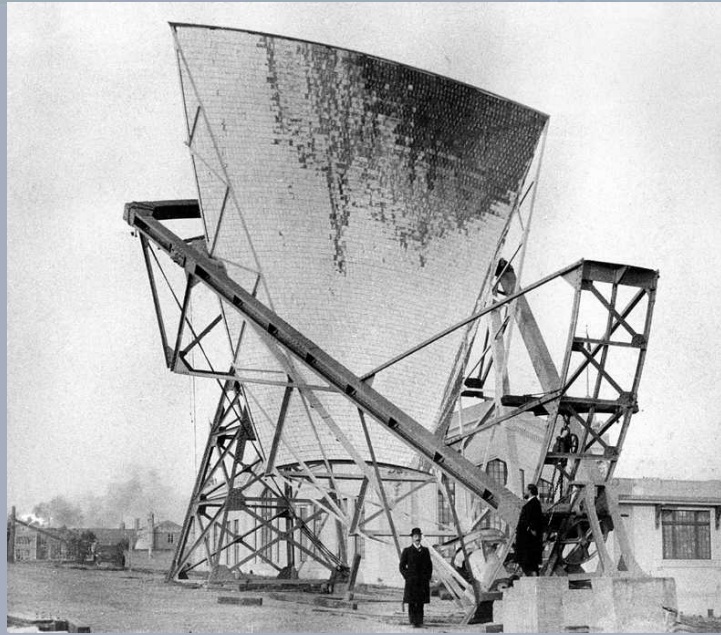


Cilindros

Tecnologias de Conversão Direta da Radiação Solar - Heliotermia

Torre Central





Padre Manuel A. Gomes junto ao seu Pirelióforo apresentado na Exposição Universal de Saint Louis, em 1904, onde foi galardoado com o Grande Prémio. (50 m²; ~3800°C).

SOLAR TÉRMICO

- **Grande oportunidade de crescimento da utilização de coletores solares desde que legislação e financiamento estimulem sua utilização**
- **Desde que haja diminuição de custos, geração heliotérmica poderá dar sua contribuição, em particular na Região Nordeste**

Solar Fotovoltaica

Solar Térmica



Eólica

Biomassa

Pequenas Centrais Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

Aplicações da Energia Eólica



Catavento – Bombeamento d'água

- Residências
- Fazendas
- Aplicações Remotas



Pequeno Porte (≤ 10 kW)

- Residências
- Fazendas
- Aplicações Remotas



Intermediário (10-250 kW)

- Sistemas Híbridos
- Geração Distribuída

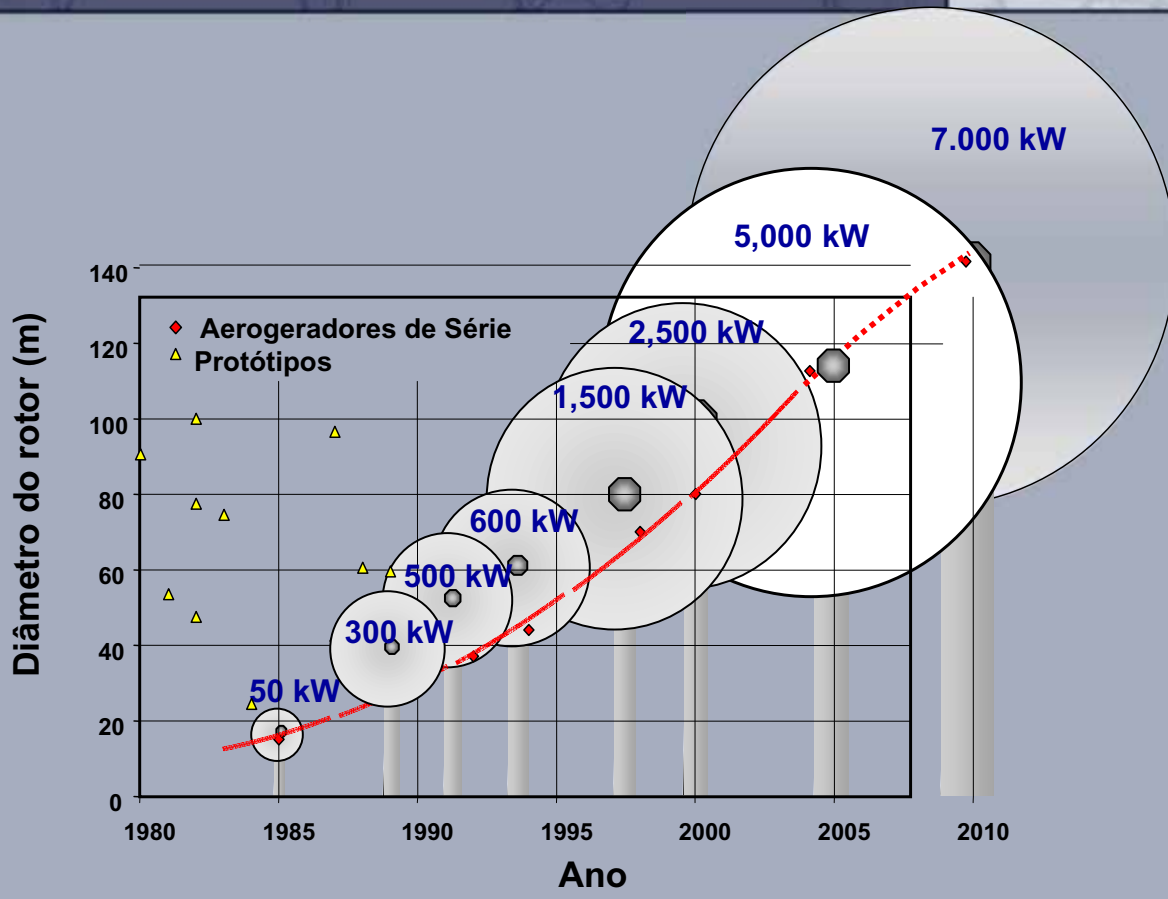


Grande Porte (250 kW - 2+MW)

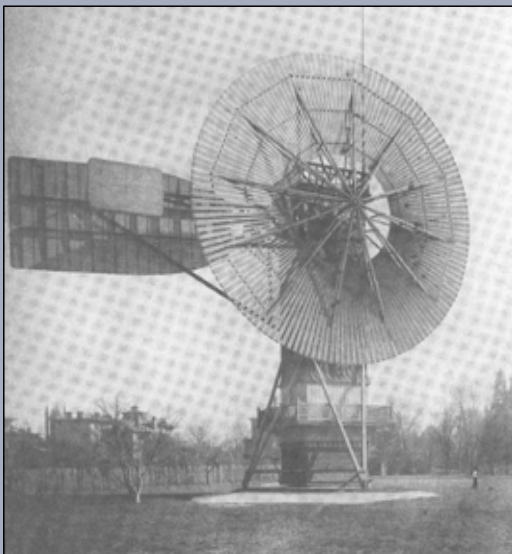
- Fazendas Eólicas
- Geração Distribuída

Sistemas de Grande Porte





Aerogeradores de grande porte



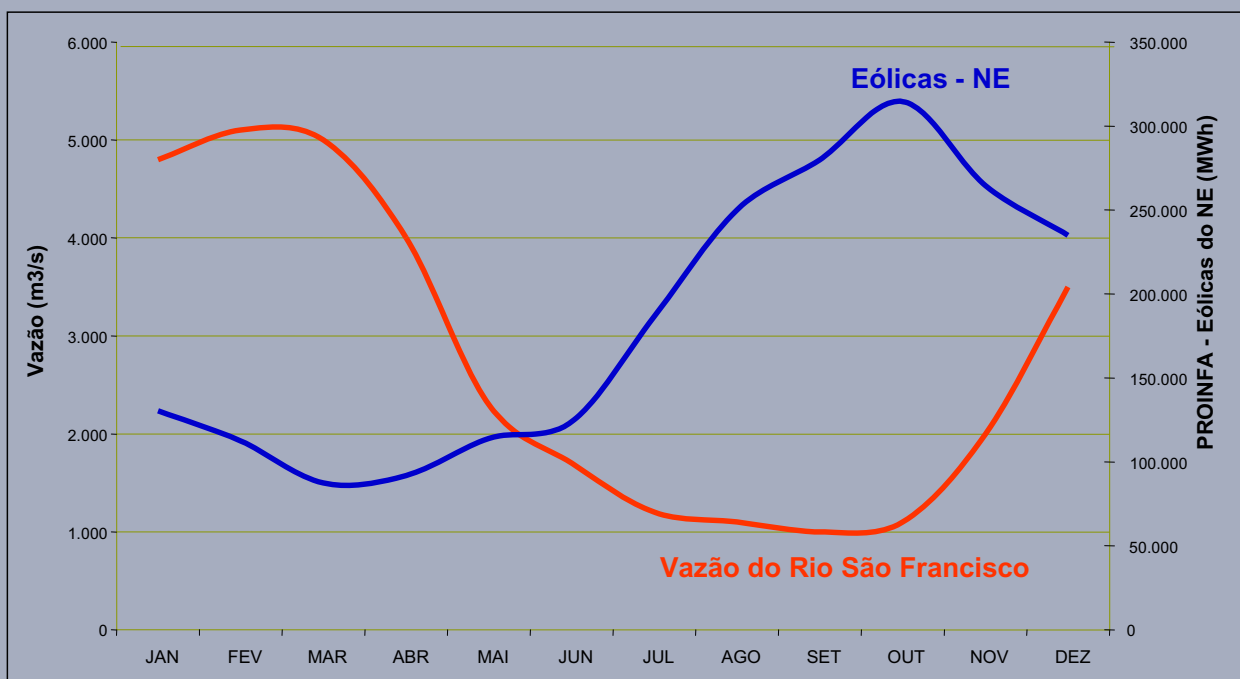
Turbina Eólica de Brush (1888) - 12 kW

Turbina Eólica Balaclava (1931) – 100 kW



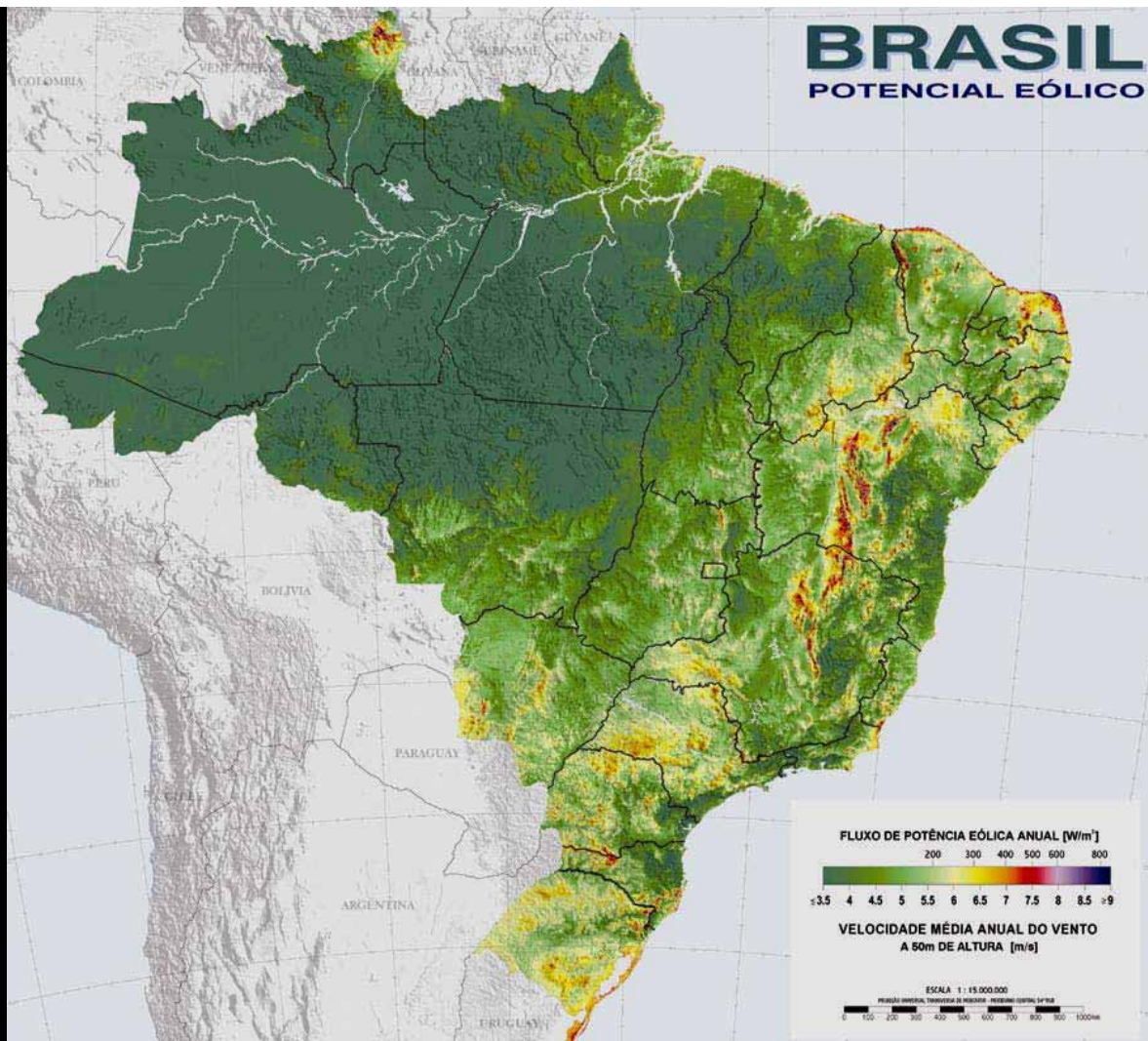
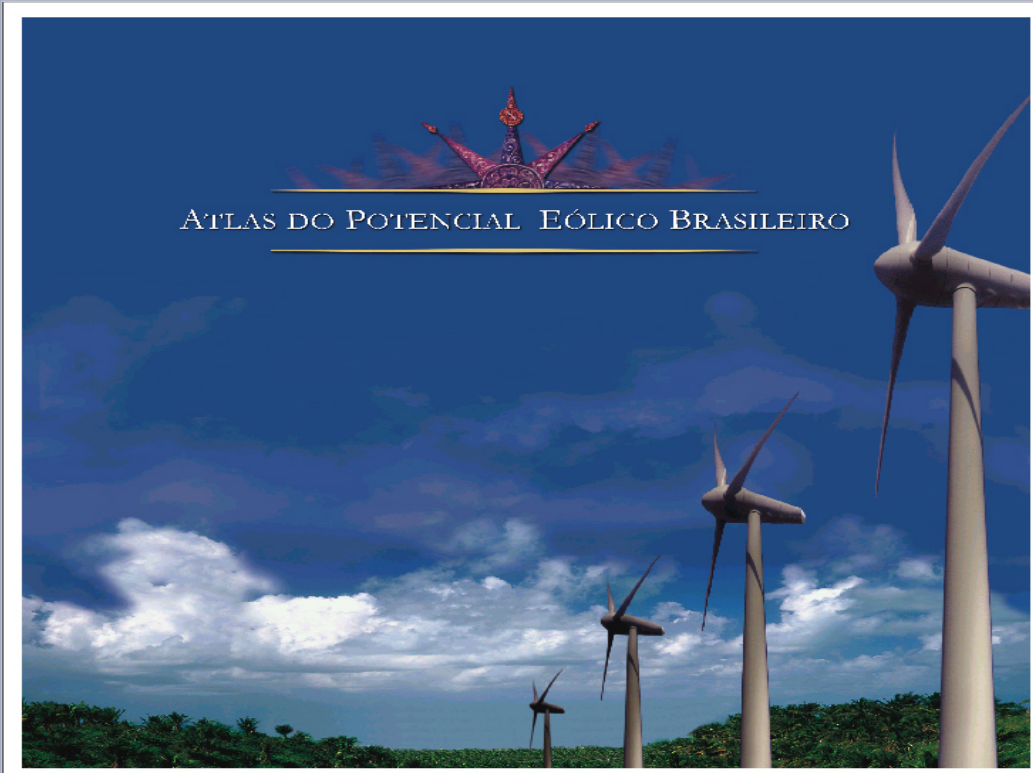


SAZONALIDADE DAS USINAS EÓLICAS DO PROINFA

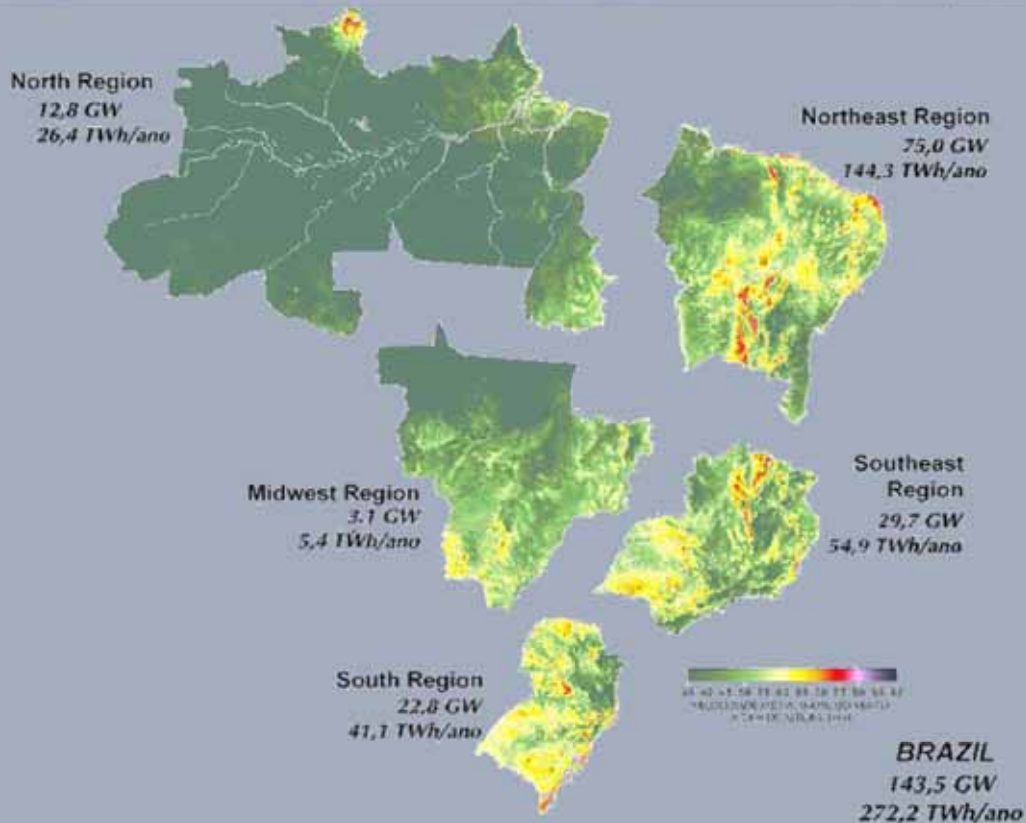


Potencial Eólico

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro



Potencial Eólico por Região



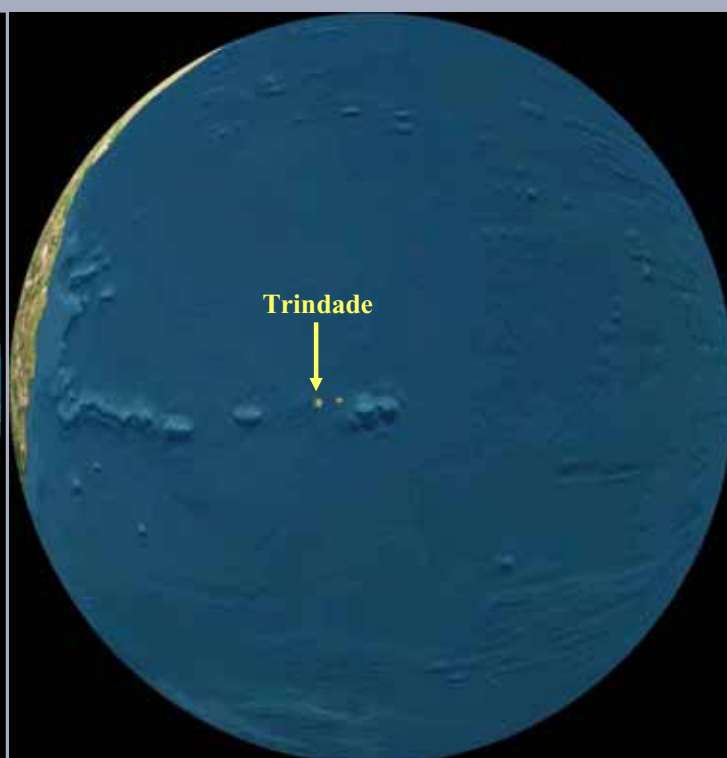
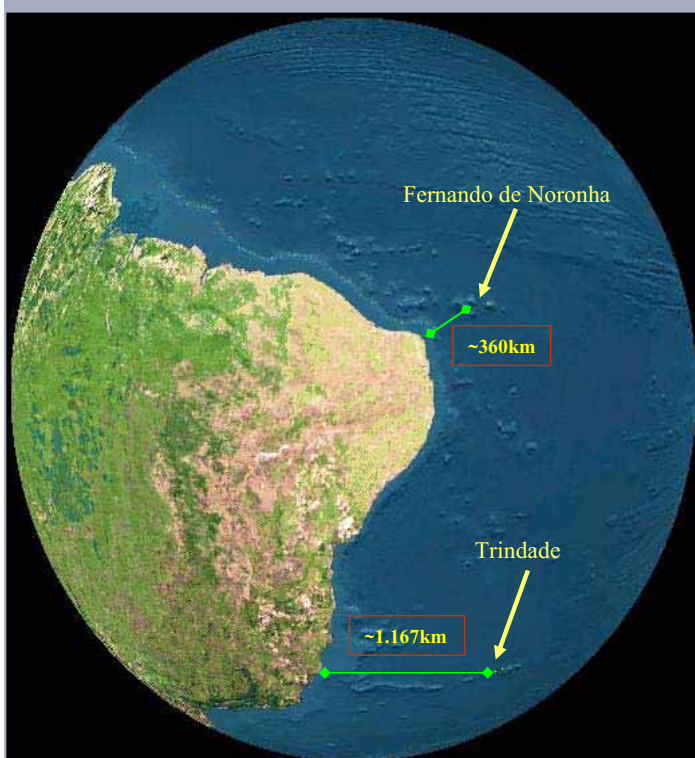
ENERGIA EÓLICA

- **Perspectivas de crescimento e de ser alternativa a uma expansão de geração térmica contribuindo para evitar aumento de emissões**
- **O grande potencial eólico brasileiro e evolução tecnológica apontam a eólica como uma alternativa viável econômica e ambientalmente**
- **Compartilhamento de áreas com outras atividades e também uma característica positiva a ser ressaltada**
- **O PNE 2030 indica uma inserção, até 2030, de aproximadamente 5.000 MW da tecnologia eólica. Este número pode ser encarado como conservador, devendo ser revisto à medida que essa tecnologia se firmar no Brasil**
- **Os Valores Econômicos da geração eólica variam de 203 a 231 R\$/MWh, para fatores de capacidade entre 0,42 e 0,32, respectivamente, sendo superior à média de preços dos leilões de energia nova, de R\$ 139,00/MWh.**

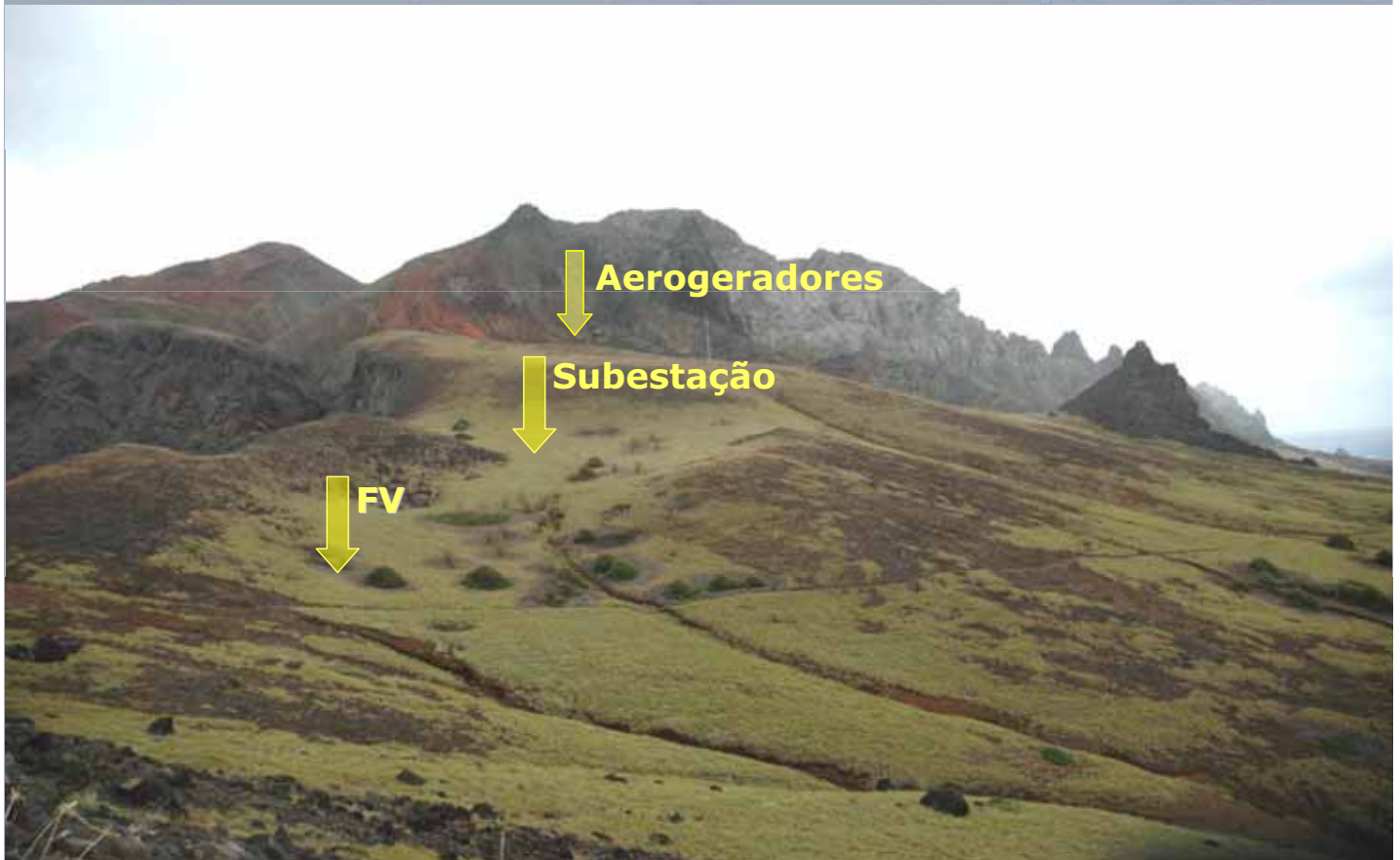
ILHA DE TRINDADE



LOCALIZAÇÃO



Localização prevista para o sistema de geração



LOCALIZAÇÃO DA GERAÇÃO






Tecnologias em Foco
(energia renovável complementar)

Solar Fotovoltaica

Solar Térmica

Eólica

 **Biomassa**

 **Pequenas
Centrais
Hidroelétricas**

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.



Biomassa

Biomassa: Energia e Materiais



Biomassa

- ✓ O aproveitamento do bagaço como combustível é competitivo com as demais opções térmicas do sistema.
- ✓ Estima-se que valores adicionais de geração elétrica por bagaço de cana da ordem de 6.400 MW sejam inseridos na matriz elétrica brasileira até 2030.
- ✓ No caso dos segmentos madeireiro e arrozeiro, embora o potencial identificado seja de pequena importância do ponto de vista nacional, é preciso ter clareza que o mesmo é de grande relevância nos contextos regional e local. Estima-se um potencial de 1.300 MW nesses 2 segmentos.
- ✓ O custo de geração com resíduos de arroz está em torno de R\$ 117,00/MWh e o de madeira R\$ 114,00/MWh.

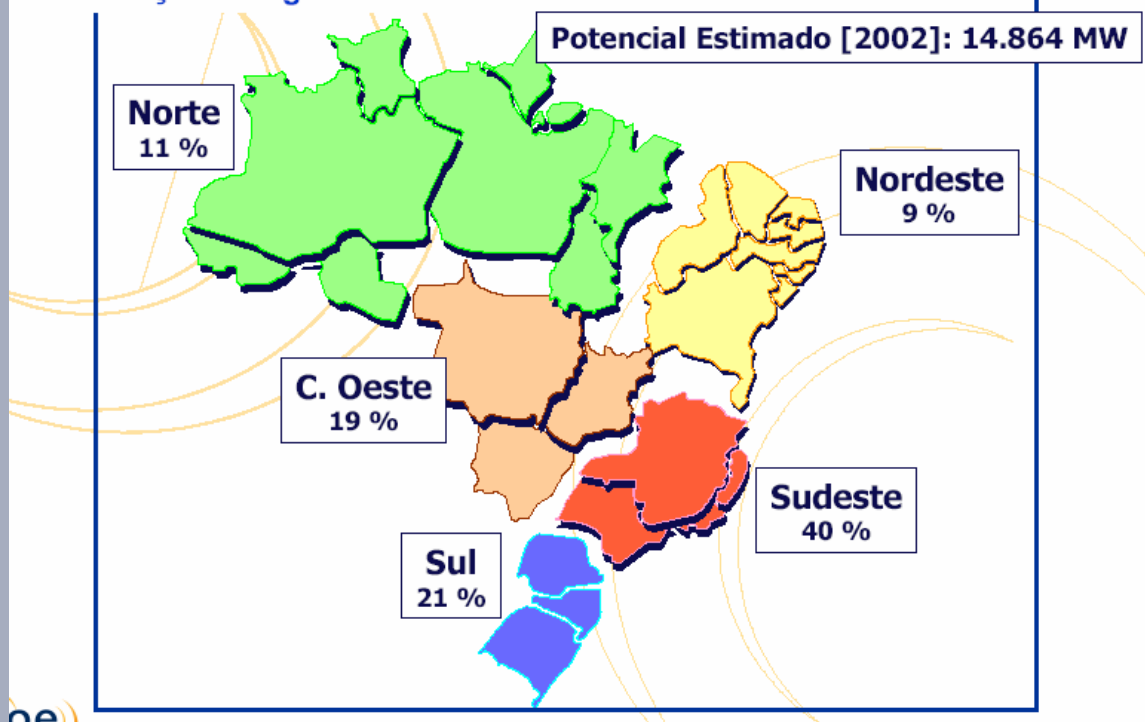


PCHs



Potencial Estimado - PCH

Distribuição Geográfica do Potencial de PCH

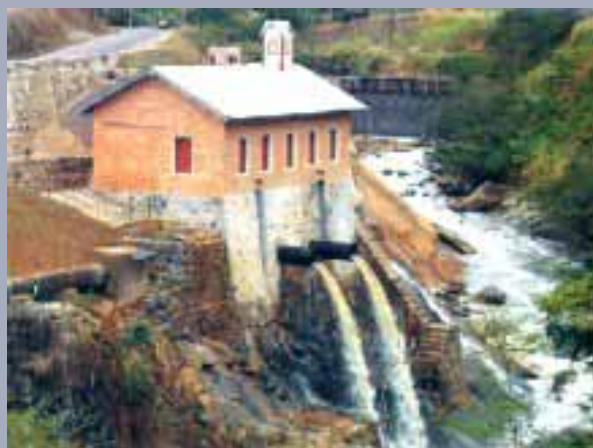


- ✓ Para todo o Brasil tem-se identificado um potencial da ordem de 15.000 MW, em aproximadamente 3.000 aproveitamentos de 1 a 30 MW. Até 2030, prevê-se uma capacidade instalada de 7800 MW.
- ✓ No PROINFA serão acrescentados 1.191 MW, perfazendo 63 empreendimentos. Os leilões acrescentaram mais 200,88 MW em 2005/2006.
- ✓ O custo de geração é da ordem de R\$ 135,00/MWh, a depender das condições financeiras do projeto.
- ✓ Dificuldades com licenciamento ambiental

FONTE: MME



**Usina Hidroelétrica
Marmelos Zero – MG - 1889**



EÓLICO

Potencial Indicativo : 143.000 MW
Projetos autorizados : 6.601 MW*

SOLAR

Potencial de Aplicação: 100 MWp

PCH

Inventariado : 15.000 MW
Projetos autorizados : 3.936 MW *

BIOMASSA

Potencial Técnico sucro-alcooleiro : 8.000 MW
Arroz e papel celulose : 1300 MW
Projetos autorizados : 1.772 MW

(Fonte: EMME,2004)



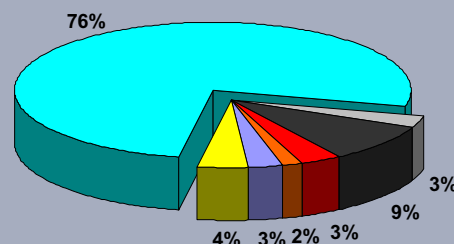
Emissão de CO₂ de Diversas Tecnologias

Tecnologias	Emissões de CO ₂ nos estágios de produção de energia (ton/GWh)			
	Extração	Construção	Operação	Total
Planta convencional de queima de carvão	1	1	962	964
Planta de queima de gás	0	0	484	484
Pequenas hidrelétricas	-	10	-	10
Energia eólica	-	7	-	7
Solar fotovoltaico	-	5	-	5
Grandes hidrelétricas	-	4	-	4
Solar térmico	-	3	-	3
Lenha (Extração programável)	-1.509	3	1.346	-160

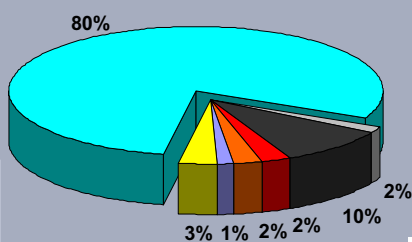
Fonte: "Renewable Energy Resources: Opportunities and Constraints 1990-2020" - World Energy Council - 1993

Matriz Elétrica

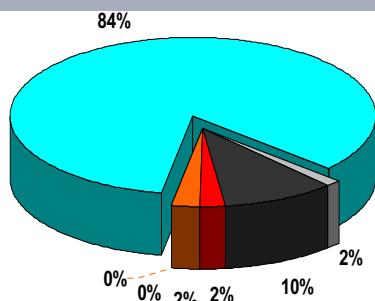
2030 (Cenário B1)
(Renováveis: 83,1%)



2015 (Plano Decenal de EE)
(Renováveis: 83,7%)

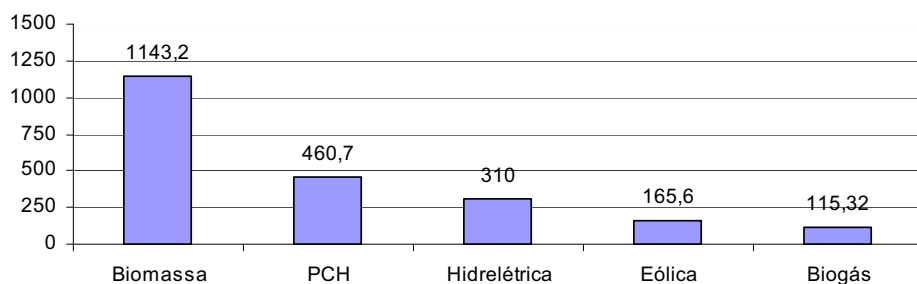


2005
(Renováveis: 84 %)



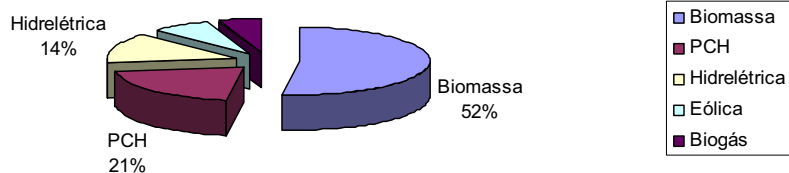
- Hidroeletricidade (inclui PCH e Itaipu import.)
- Termoeletricidade (Carvão)
- Termoeletricidade (Gás Natural)
- Termoeletricidade (Nuclear)
- Termoeletricidade (Derivados Petróleo)
- Biomassa
- Eólica e Outros

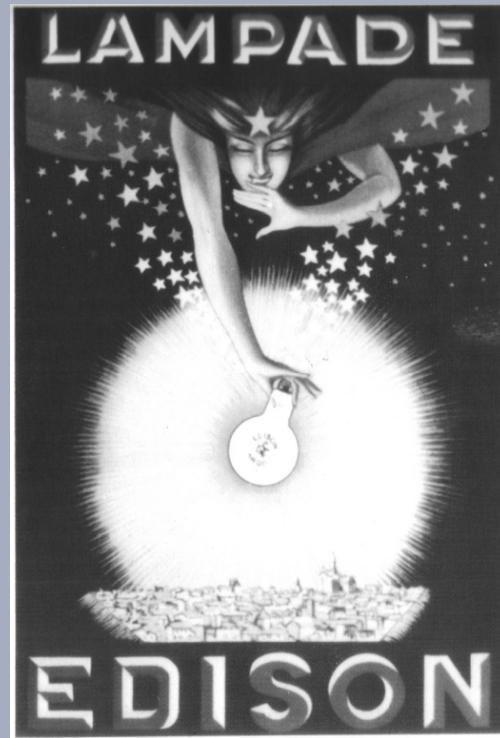
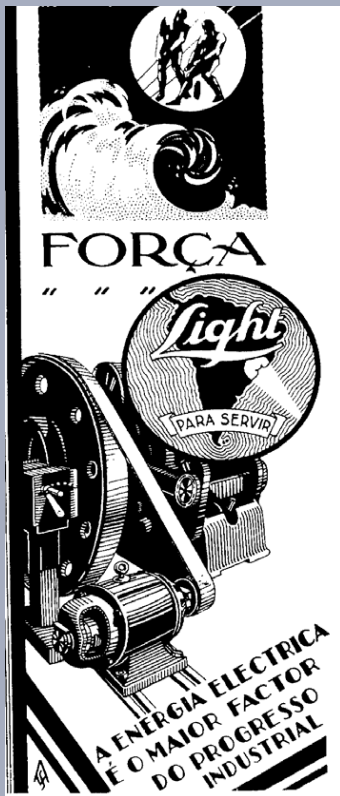
Capacidade instalada (MW) das atividades de projeto aprovadas na CIMGC



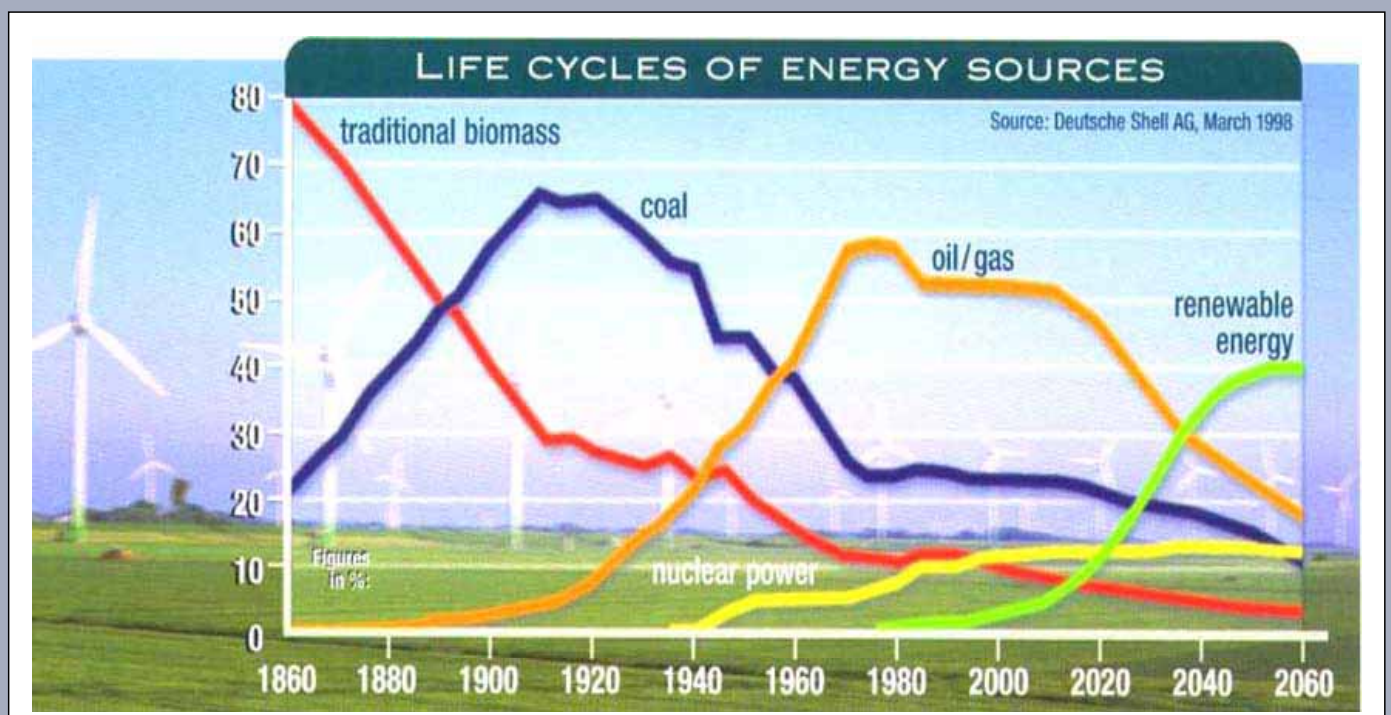
Ministério da
Ciência e Tecnologia

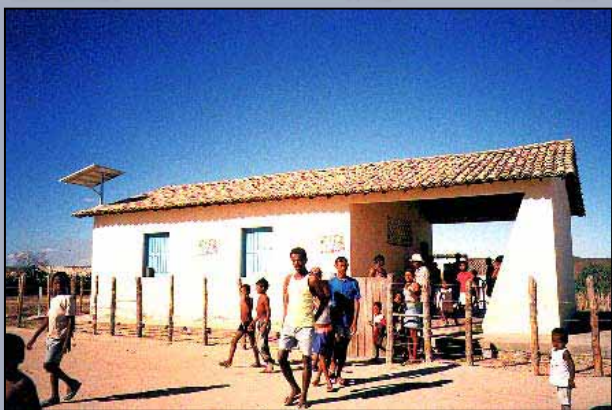
Capacidade instalada (MW) das atividades de projeto aprovadas na CIMGC
Total: 2194,82





O Futuro das Fontes Renováveis de Energia





Conclusões: últimas notícias

“O carvão, e o petróleo não serão os reis da energia mundial para sempre. Não é mais uma tolice olhar o sol, o vento e para as ondas do mar”

The Economist

“A idade da pedra não acabou porque acabaram as pedras; não é necessário que o petróleo acabe para entrarmos em uma nova era de energia”

SHELL

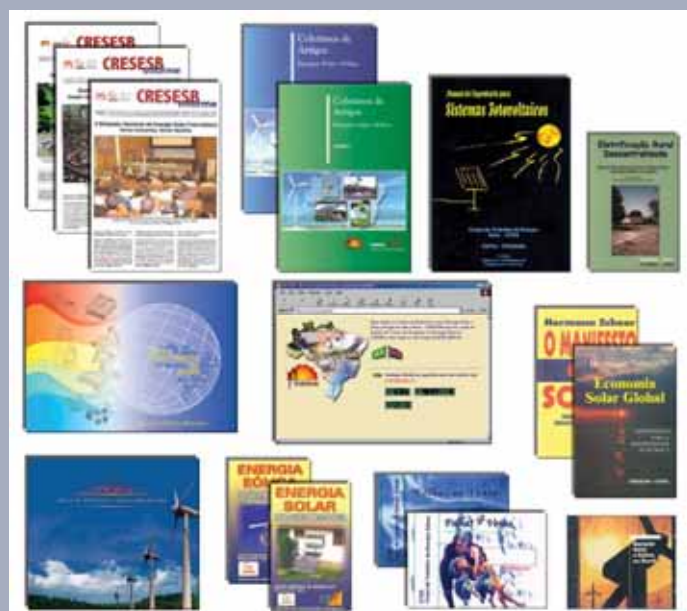
Conclusões: últimas notícias

“Às vezes ser moderno é olhar para trás”

Gilberto Gil

**Centro de Referência para Energia
Solar e Eólica Sérgio Brito – CRESESB**
www.cresesb.cepel.br

Promover o desenvolvimento das energias solar e eólica através da difusão de conhecimentos, da ampliação do diálogo entre as entidades envolvidas e do estímulo à implementação de estudos e projetos.



“Às vezes ser moderno é olhar para trás”

Gilberto Gil