

CEPEL 
Grupo Eletrobrás

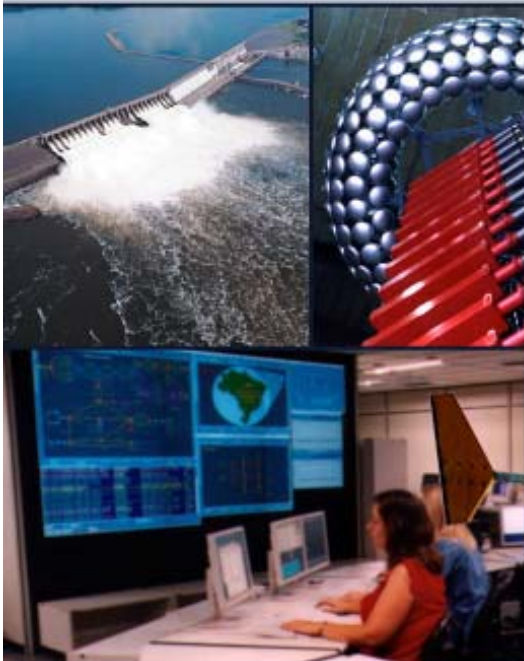


CEPEL 
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
Grupo Eletrobrás

ENERGIAS SOLAR E EÓLICA: ESTADO ATUAL E PERPECTIVAS NO BRASIL

Energias Alternativas – BNDES

Rio de Janeiro - 15 de Abril de 2008



> Energia: Brasil e Mundo

- Evolução da matriz elétrica brasileira até 2030

> Energia no novo século: impactos ambientais

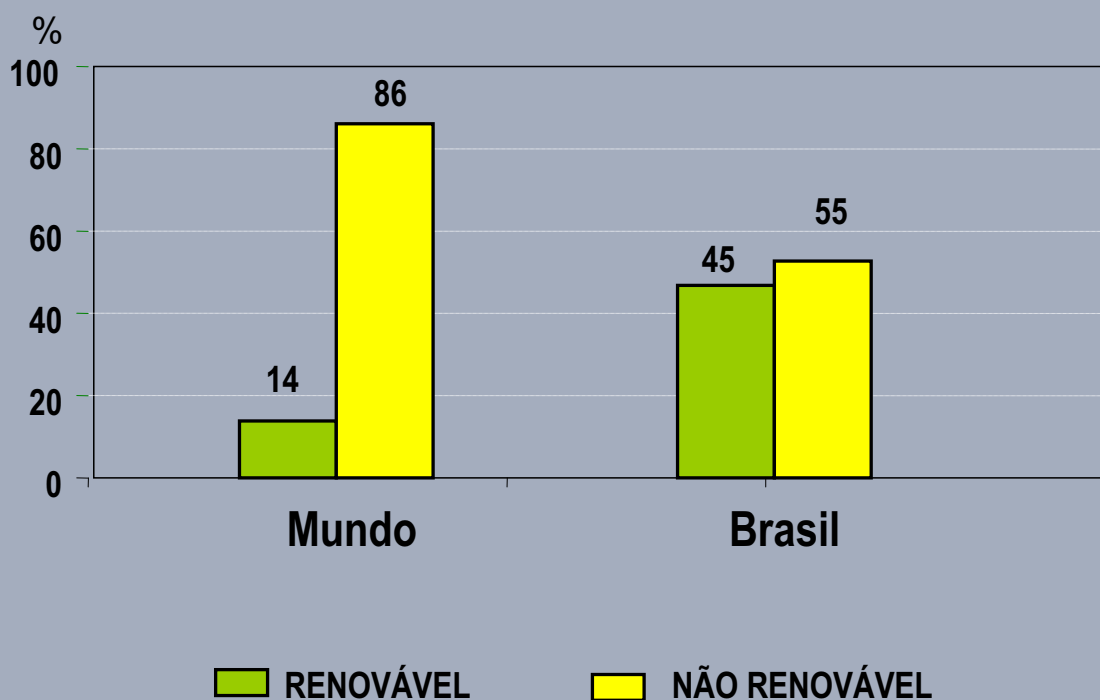
> Novas fontes renováveis: Solar e Eólica

> Conclusões

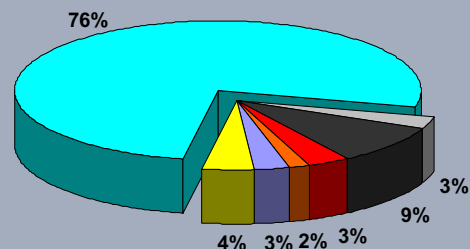


Ministério de Minas e Energia

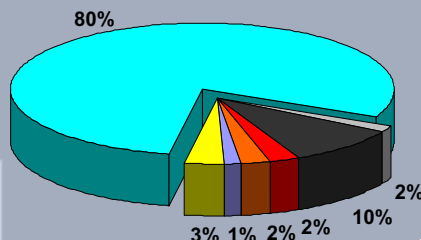
BRASIL- MATRIZ ENERGÉTICA



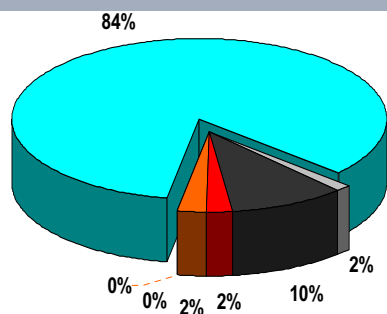
2030 (Cenário B1)
(Renováveis: 83,1%)



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

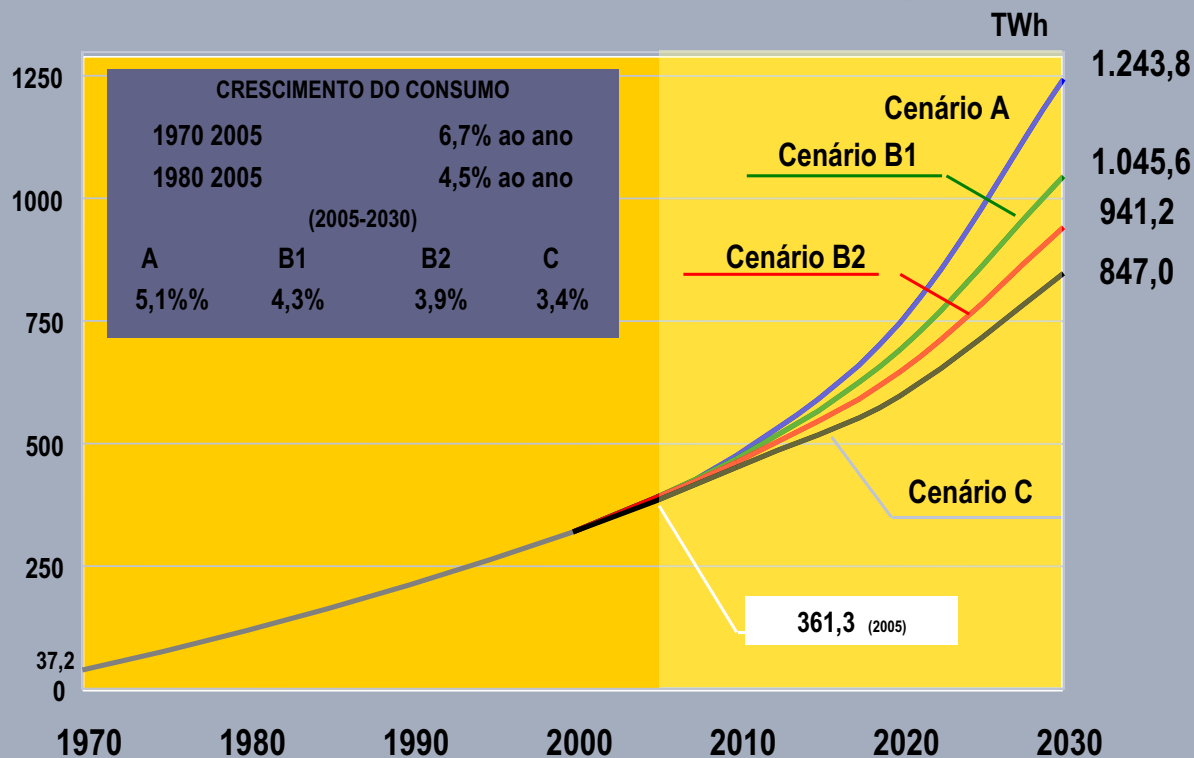


2005
(Renováveis: 84%)



- 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



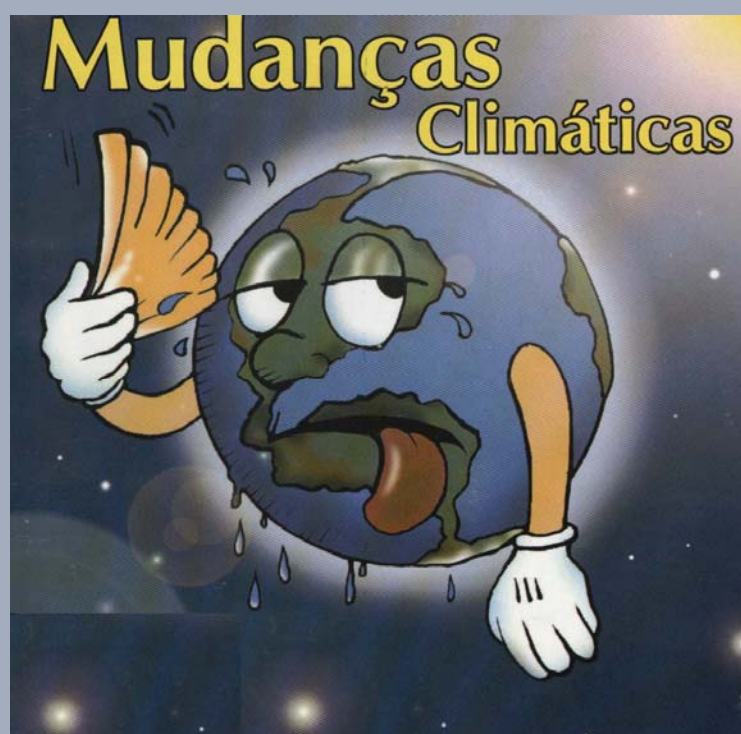
Obs.: inclusive autoprodução clássica/transportada e inclui conservação (progresso autônomo), excluindo contudo consumo setor energético

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

Uso da Energia: Meio Ambiente



FONTE: Instituto de Pesquisa ambiental da Amazônia

Carvão:	1,94 a 14,60
Turbina a gás:	0,97 a 3,89
Nuclear:	0,19 a 0,58
Fazenda Eólica:	0,05 a 0,24

*Estimativa de custos para a sociedade e para o ambiente decorrentes de uso de combustíveis fósseis e nucleares, não incluindo lixo nuclear e custos de desativação.

Estudo da UE, ExtermE - WSJ - 2002

Tecnologias em Foco
(energia renovável complementar)

 **Solar Fotovoltaica**

 **Solar Térmica**

 **Eólica**

Biomassa

**Pequenas
Centrais
Hidroelétricas**

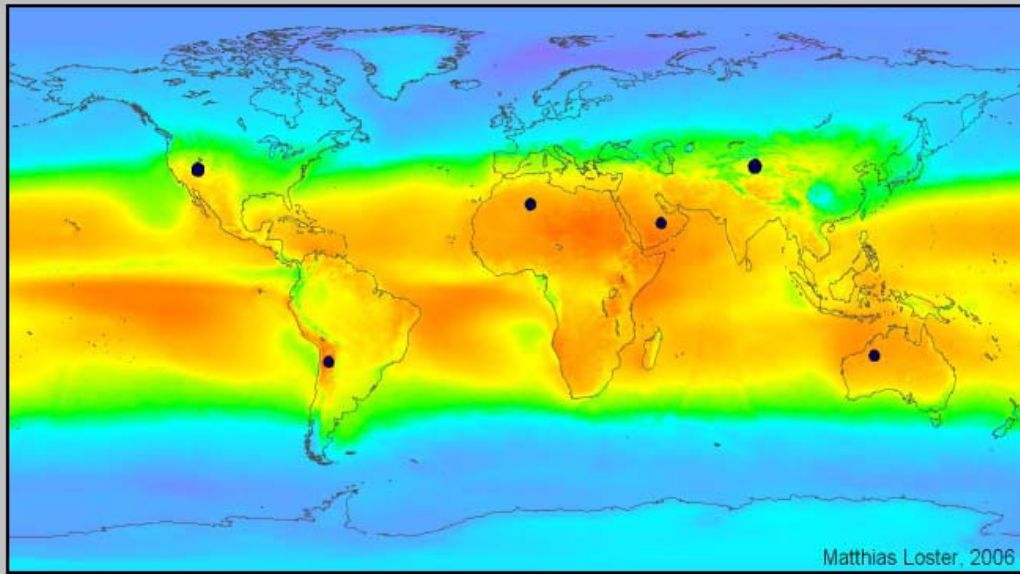
Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

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	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
		DISCOS	20 a 50	- BASE - GRID E - OFF-GRID	DEMONSTRADA	MÉDIA	800 a 5.100	15 a 23	0.	100 a 250
EÓLICA	30	300 a 2000	-INTERMITENTE - GRID E - OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	1000 a 2000	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

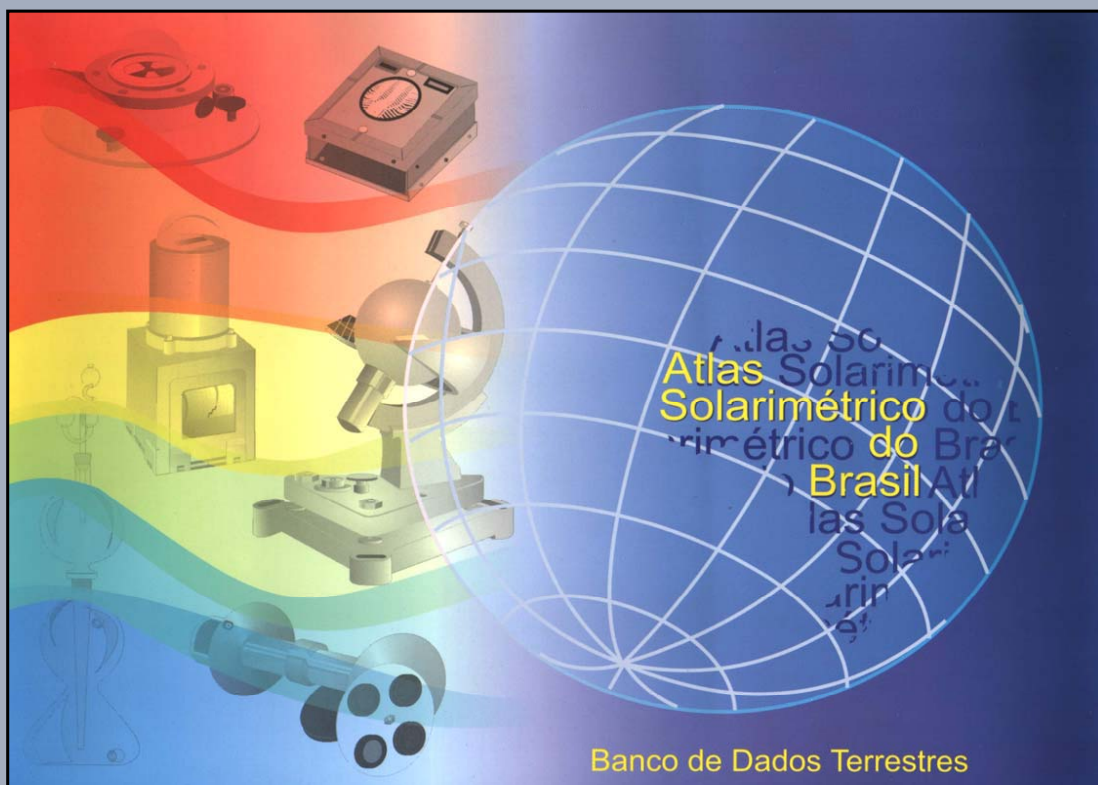


Radiação Solar Global

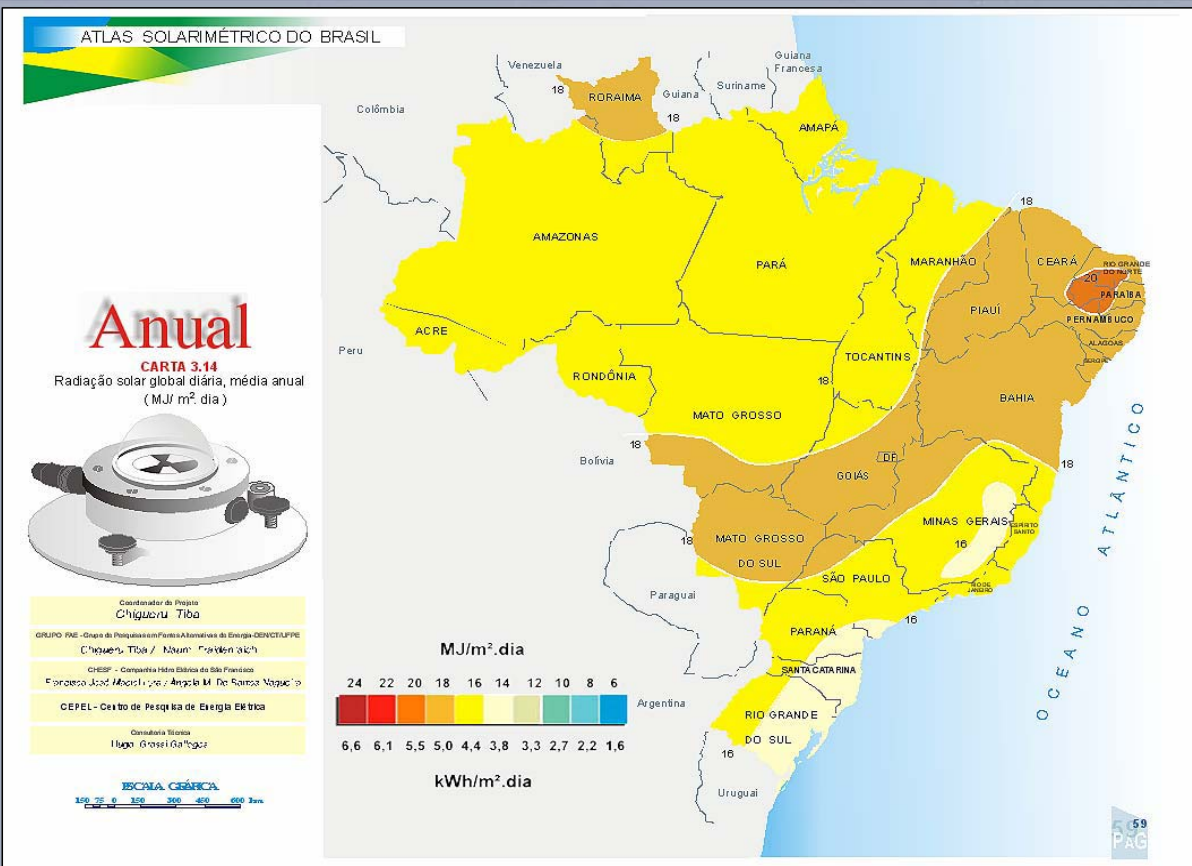


Fonte: Wikipedia

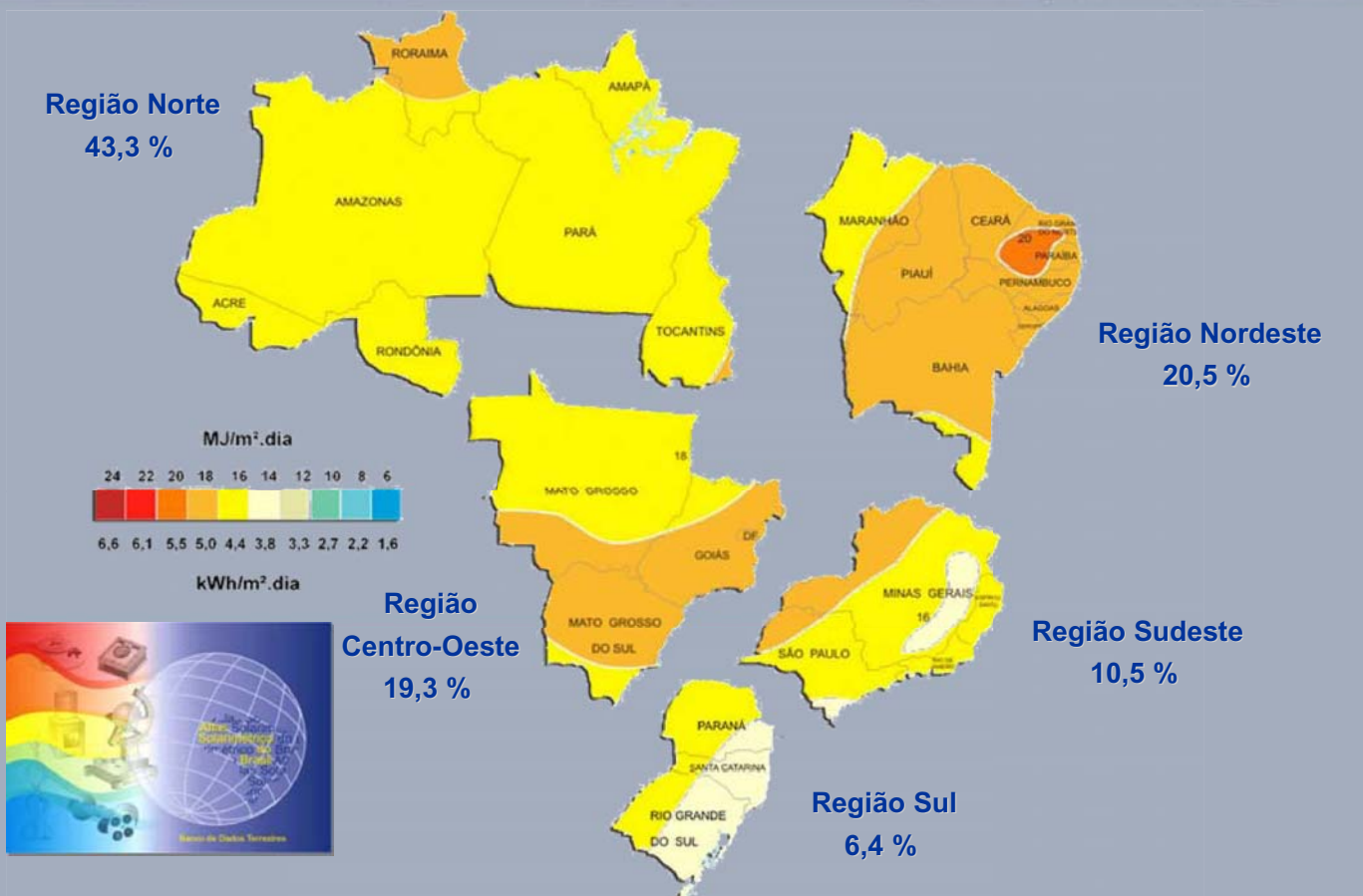
Atlas Solarimétrico do Brasil UFPE



Radiação Solar Global Média Anual



Potencial Solar por Região



A busca de soluções para a problemática energética passa atualmente por três caminhos:

- *Busca de fontes renováveis de energia menos agressivas ao meio ambiente.*
- *Melhoria da eficiência energética dos diversos equipamentos transformadores de energia.*
- *Combate ao desperdício energético.*

**Tecnologias em Foco
(energia renovável complementar)**

 **Solar Fotovoltaica**

Solar Térmica

Eólica

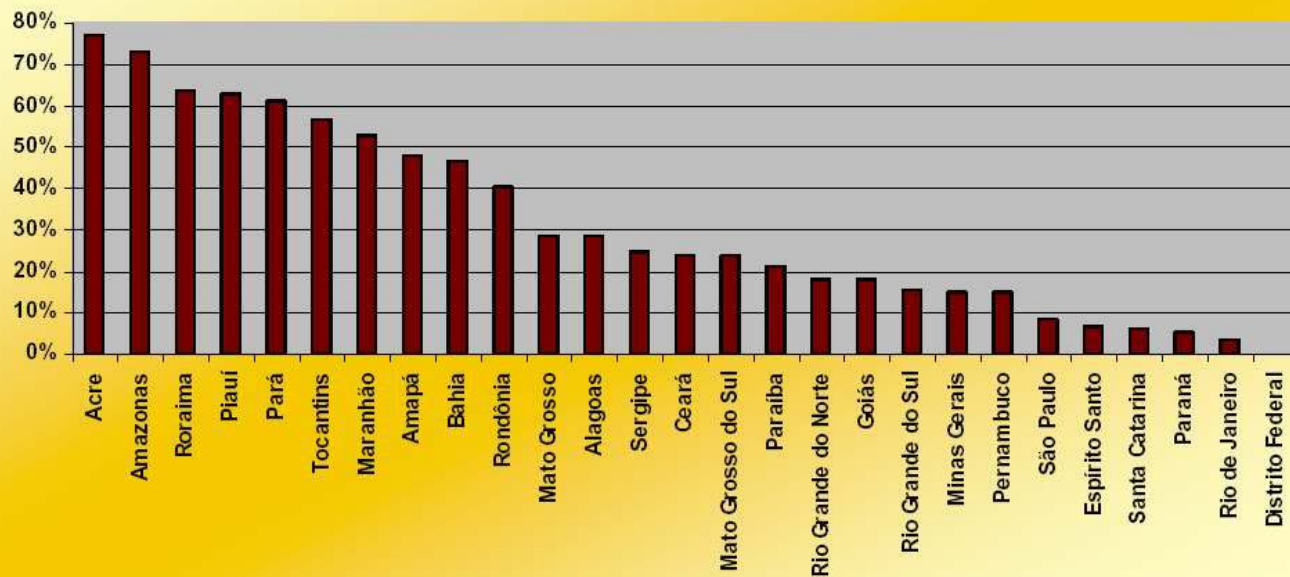
Biomassa

**Pequenas
Centrais
Hidroelétricas**

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

Universalização: metas e desafios

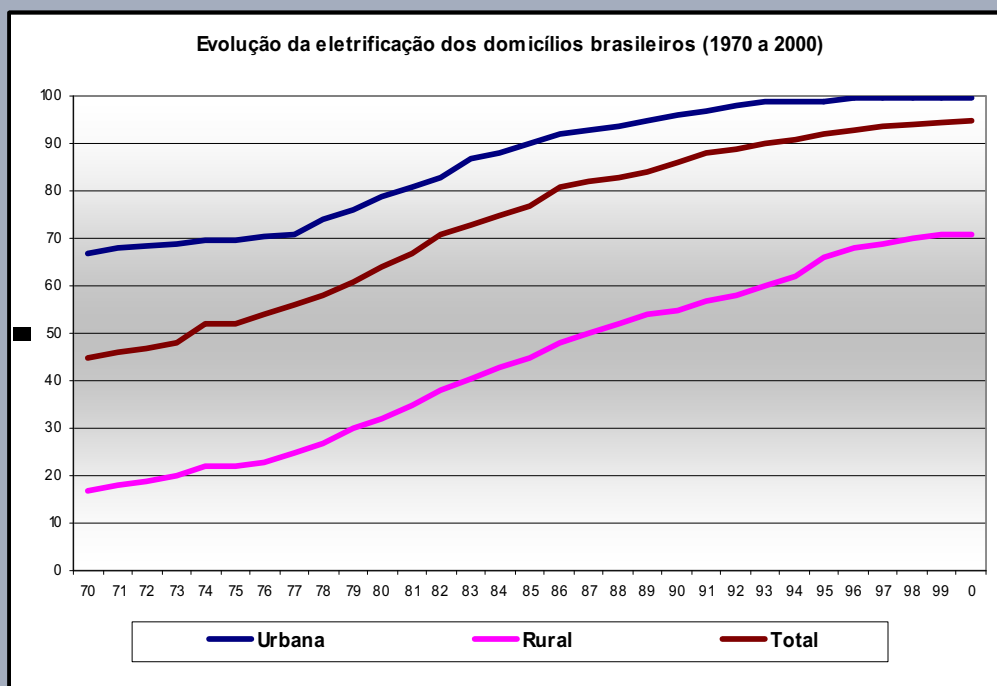
Índice de exclusão elétrica rural



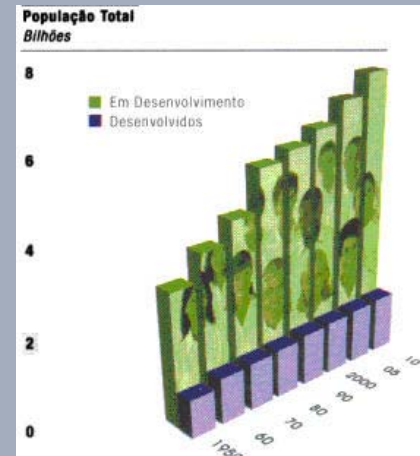
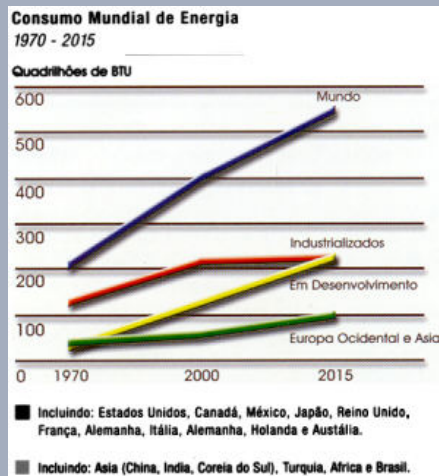
MME - 2004

Universalização: metas e desafios

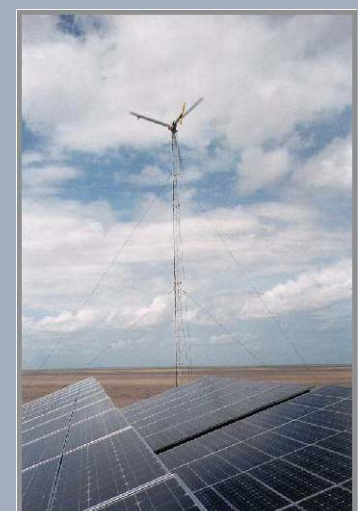
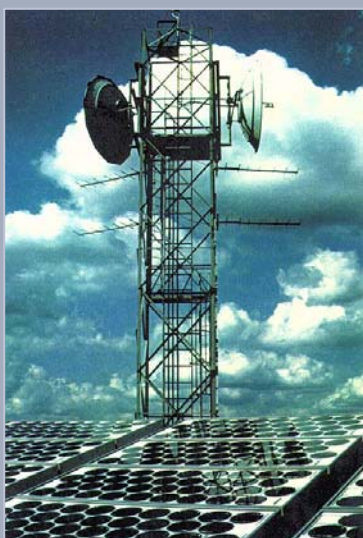
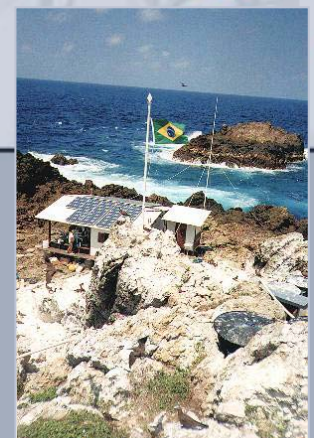
Evolução da eletrificação dos domicílios brasileiros (1970 a 2000)



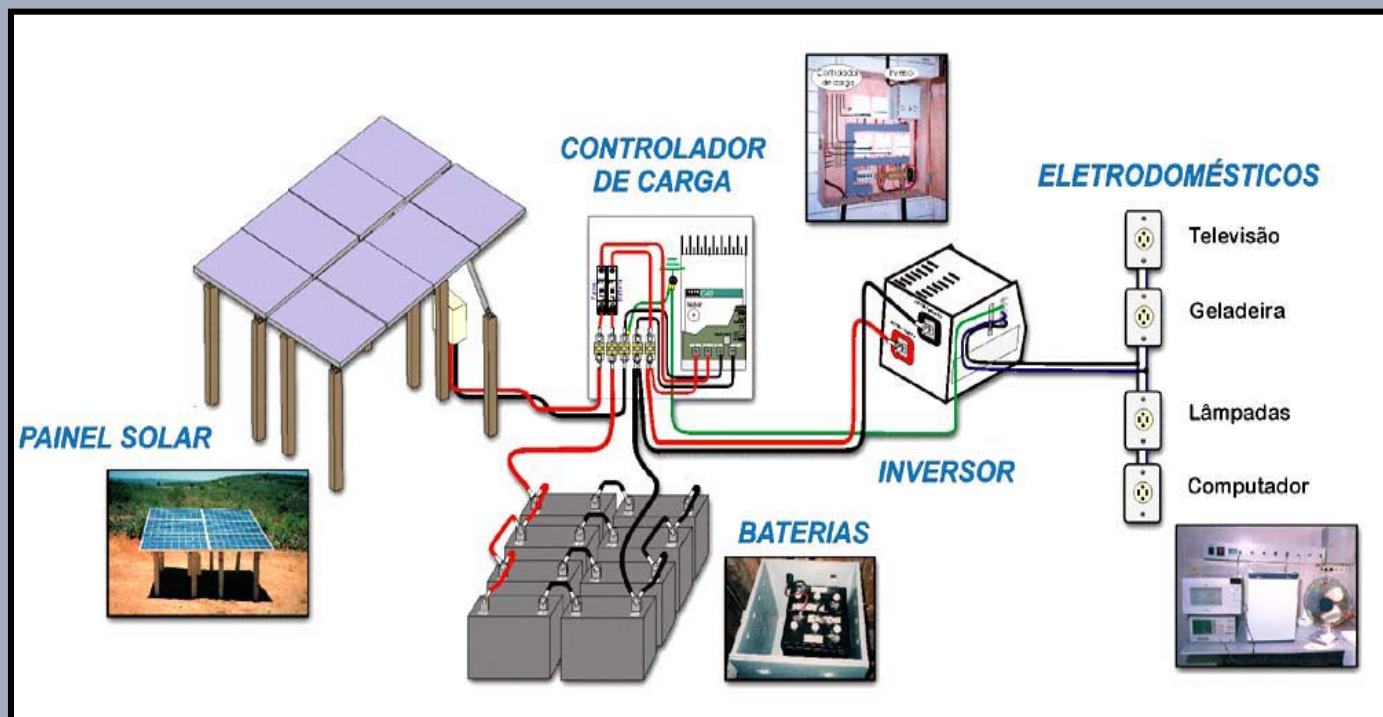
Uso da Energia: Tendência



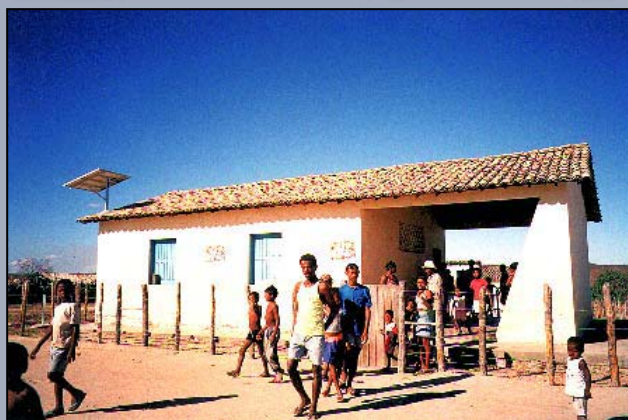
FONTE: Informativo da Eletronuclear - agosto 2001



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 –
Manacapurú

Telhado Solar Fotovoltaico

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





- 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

Tecnologias em Foco (energia renovável complementar)

Solar Fotovoltaica

 Solar Térmica

Eólica

Biomassa

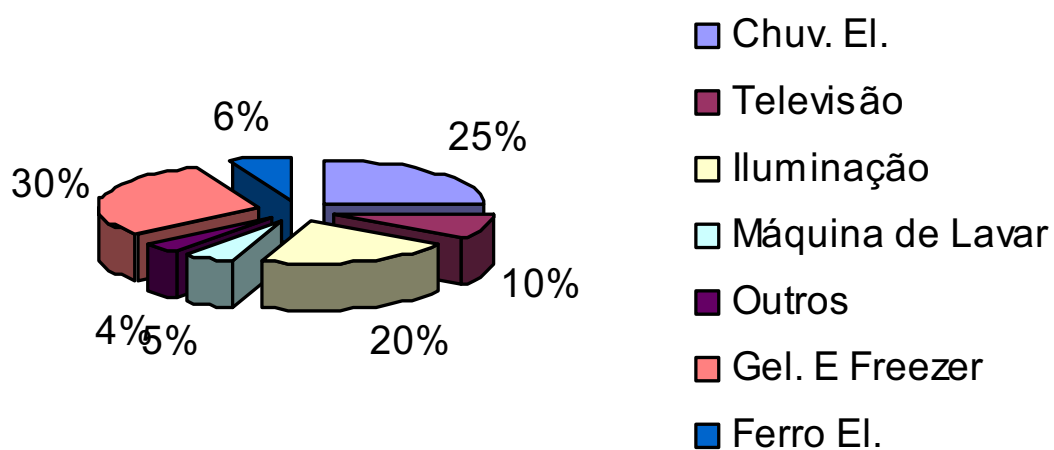
Pequenas
Centrais
Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.



Uso Energia Elétrica Brasil (Residencial)

Como as pessoas usam a energia de um modo geral:



- 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

Torre Central



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

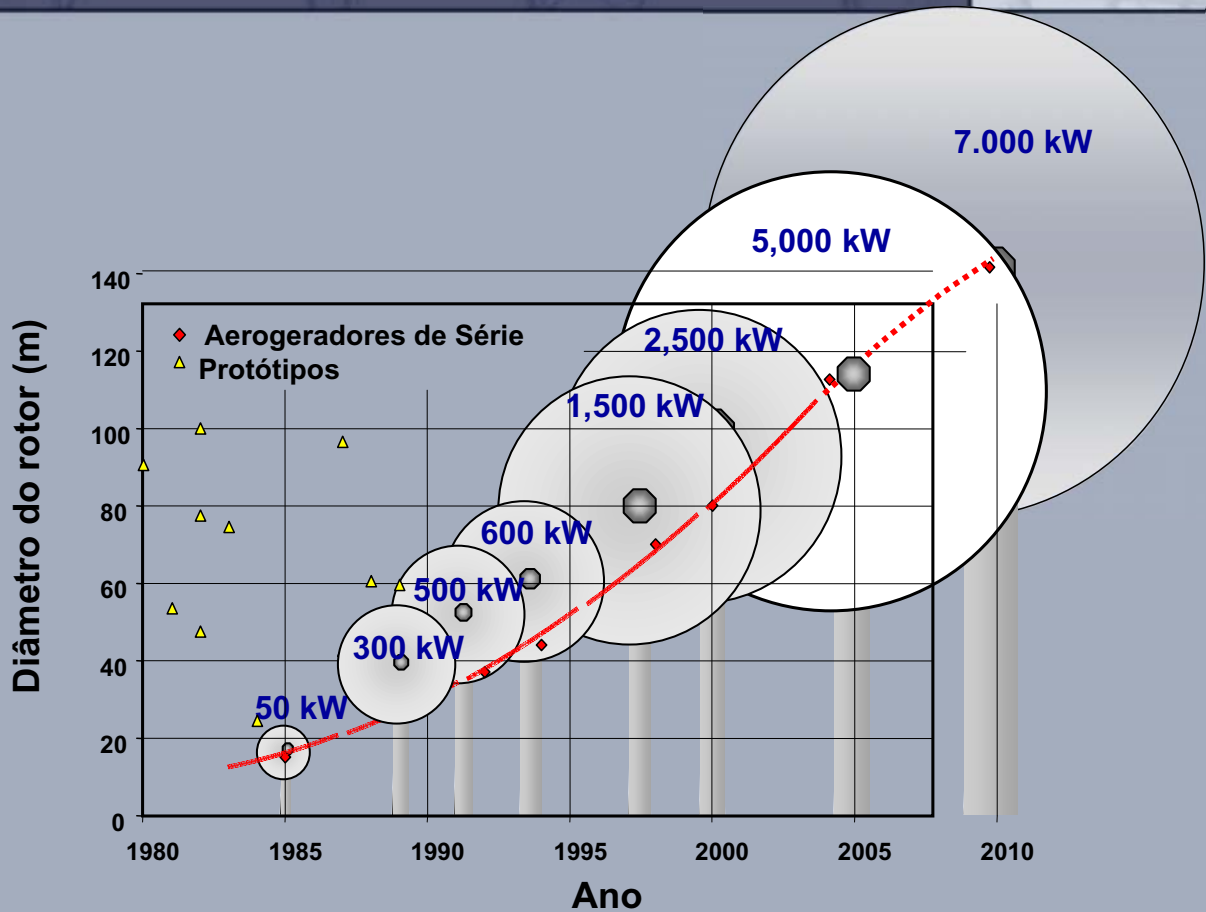


Grande Porte (250 kW - 2+MW)

- Fazendas Eólicas
- Geração Distribuída

Sistemas de Grande Porte





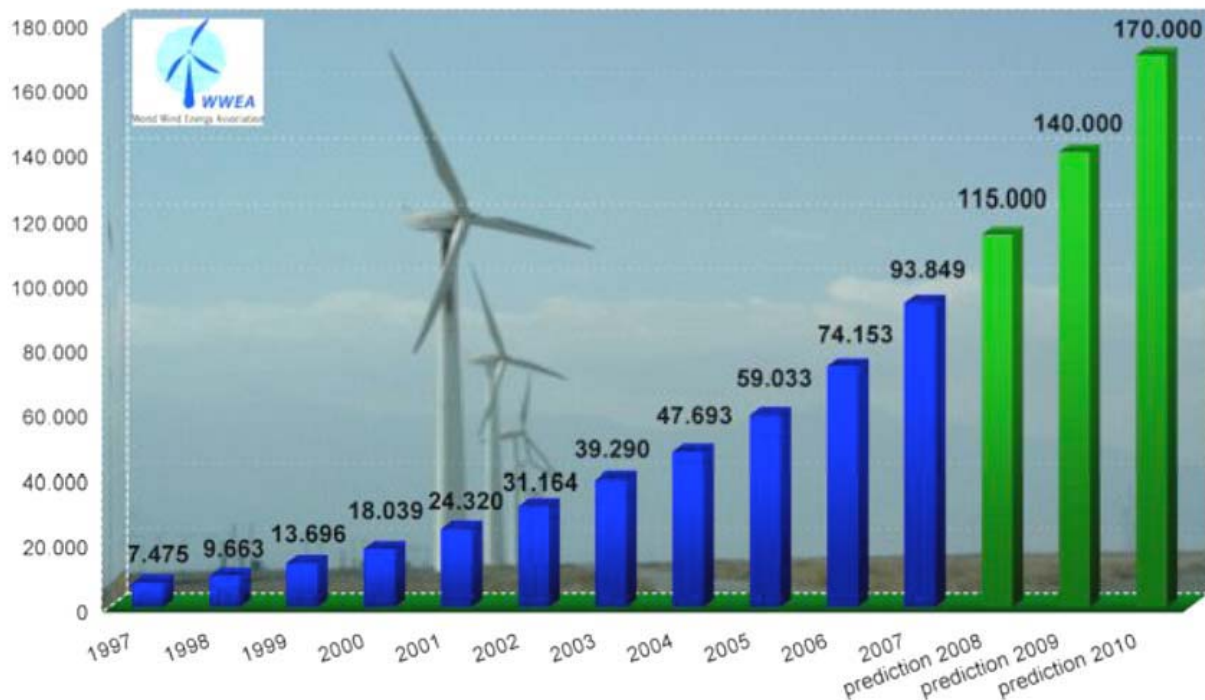
Potência Eólica Instalada no Mundo (MW)

	Fim de 2002	Fim de 2003	Fim de 2004	Fim de 2005	Fim de 2006
Europa	23.357	28.835	34.630	40.898	48.545
América do Norte	4.881	6.678	7.196	9.832	13.062
Ásia	2.184	2.705	3.774	6.990	10.667
América Latina	139	166	212	232	530
Região do Pacífico	524	880	1.501	2.104	2.431
África	149	170	246	271	441
Total	32.037	39.434	47.574	59.091	74.223

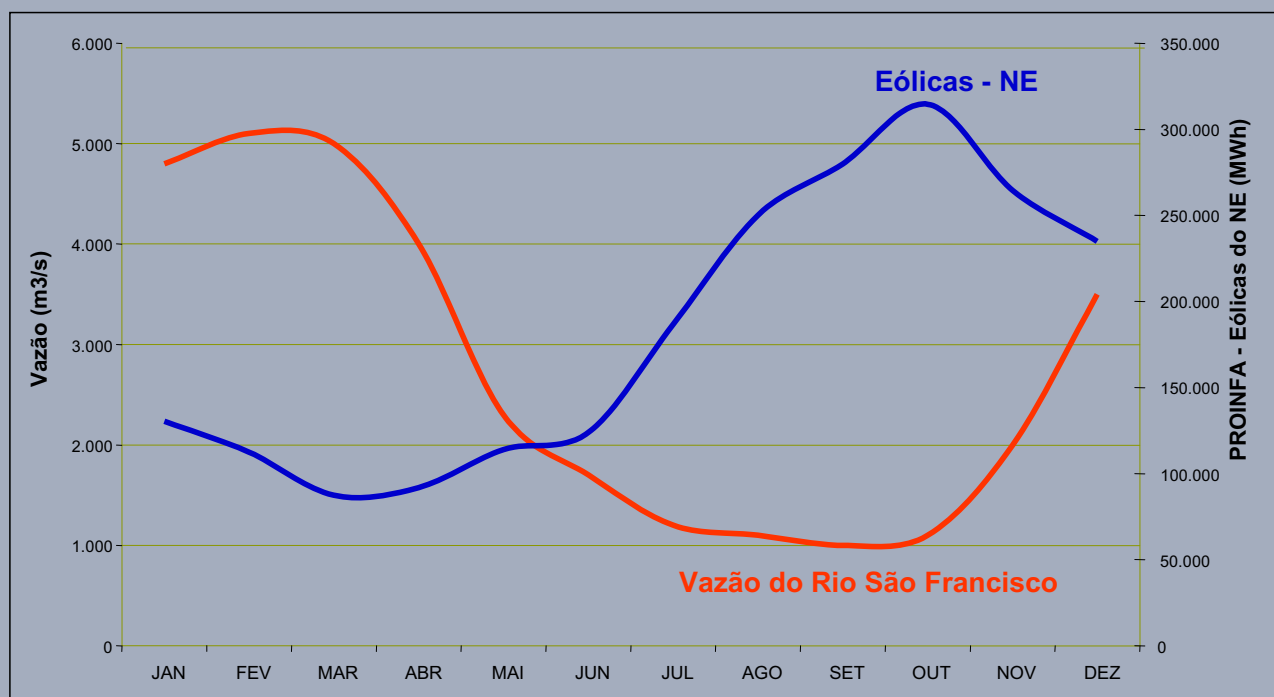
Potência Eólica Instalada no Mundo atualmente: 94,1 MW

Potência instalada no Brasil: 247 MW

World Wind Energy - Total Installed Capacity and Prediction 1997-2010 [MW]

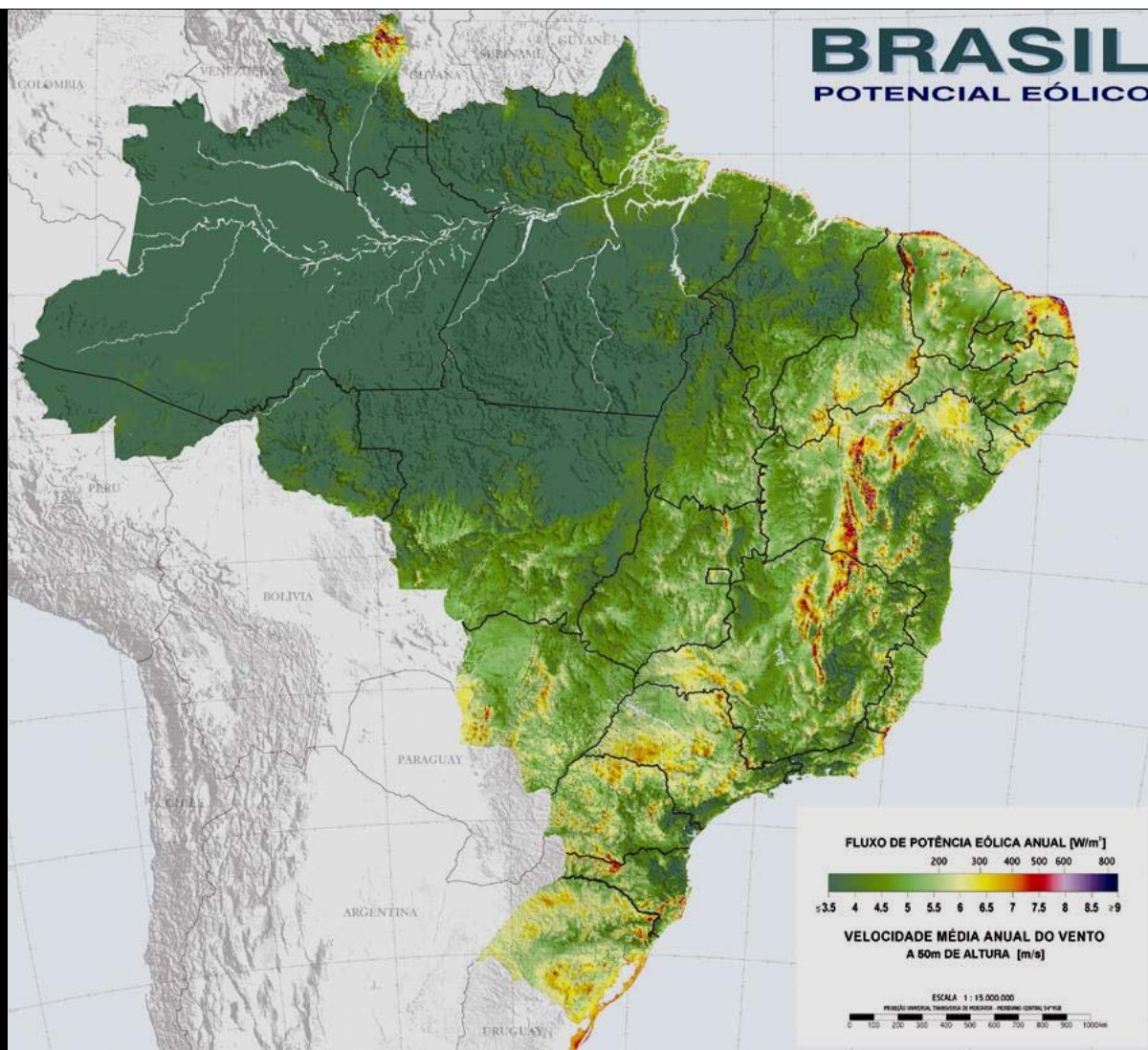


SAZONALIDADE DAS USINAS EÓLICAS DO PROINFA

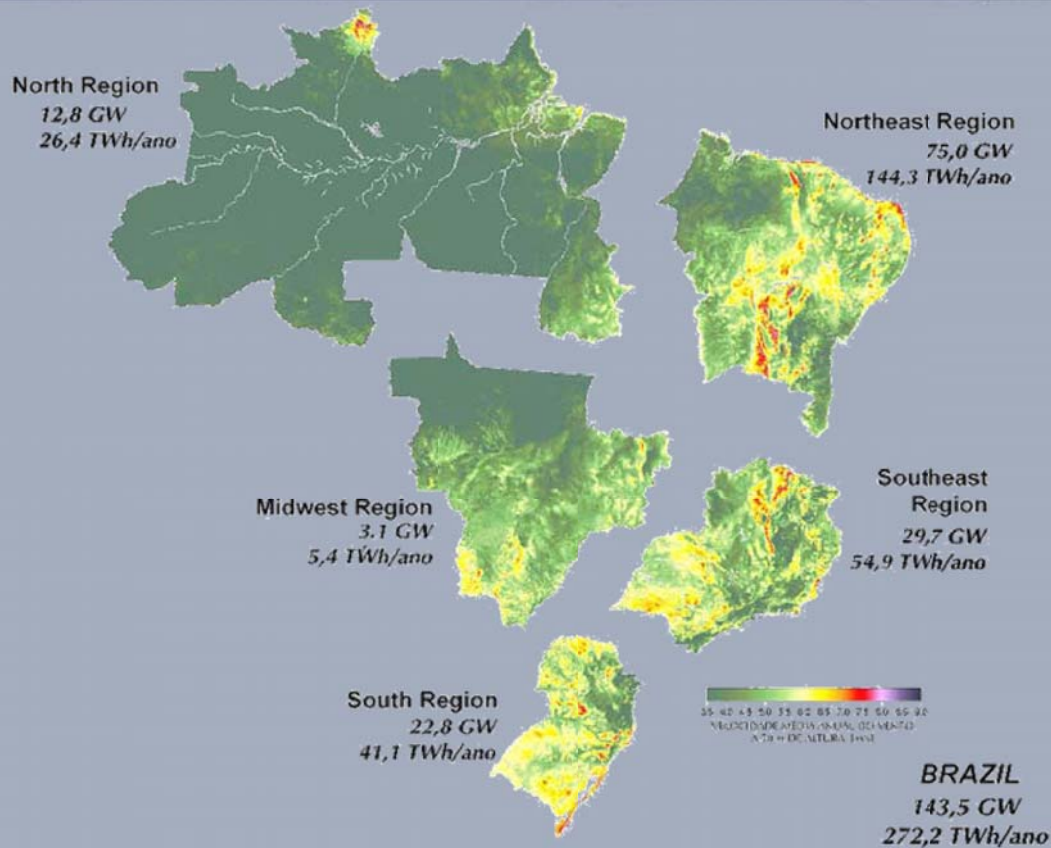


Potencial Eólico

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro



Potencial Eólico por Região



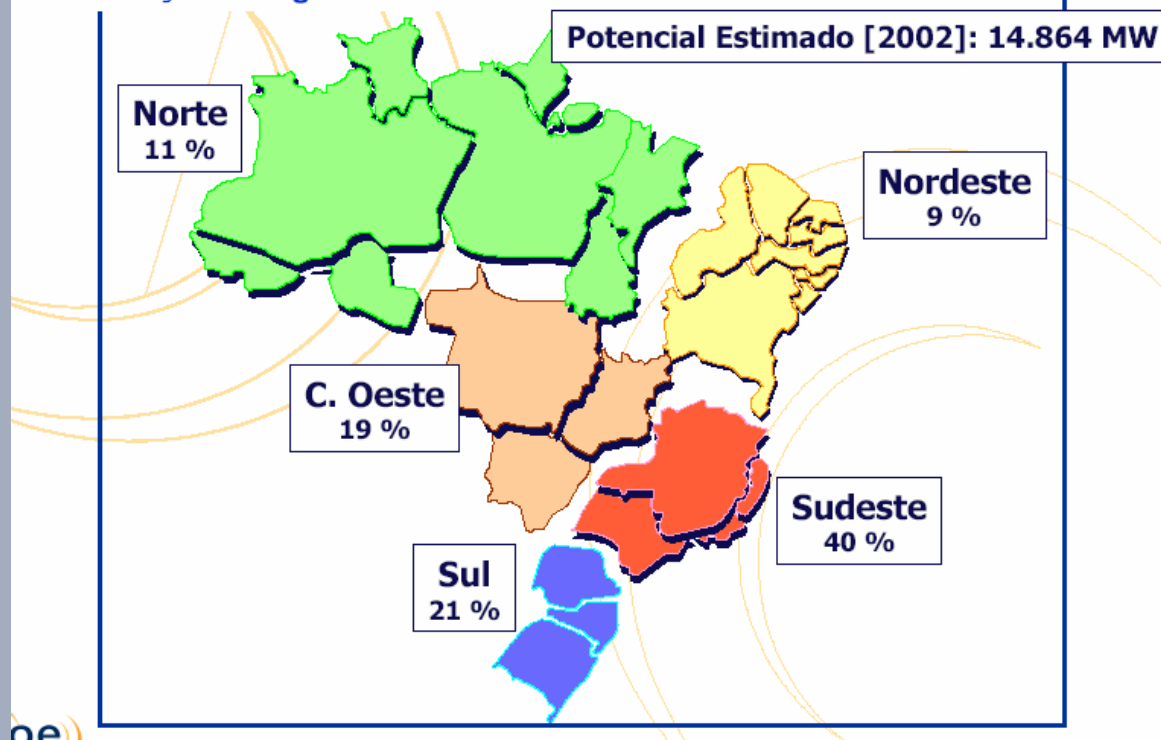
ENERGIA EÓLICA

- **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.**



Potencial Estimado - PCH

Distribuição Geográfica do Potencial de PCH



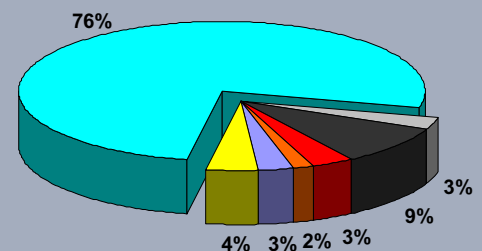
Emissão de CO₂ de Diversas Tecnologias

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

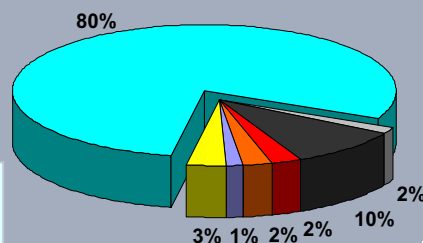
Fonte: "Renewable Energy Resources: Opportunities and Constraints 1990-2020" - World Energy Council - 1993

Matriz Elétrica

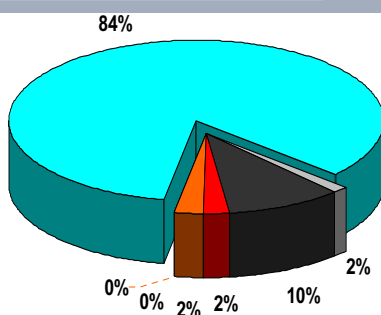
2030 (Cenário B1)
(Renováveis: 83,1%)



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

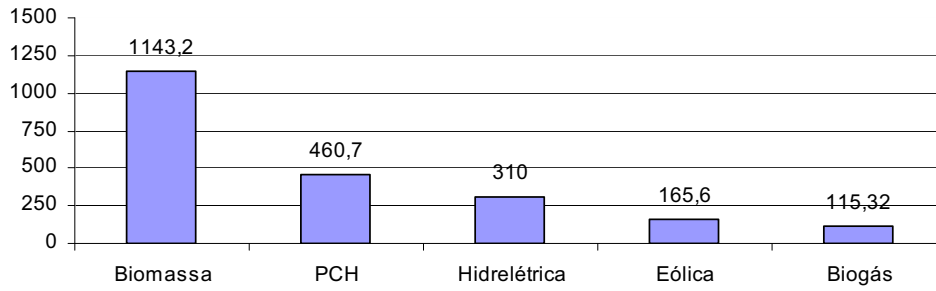


2005
(Renováveis: 84%)



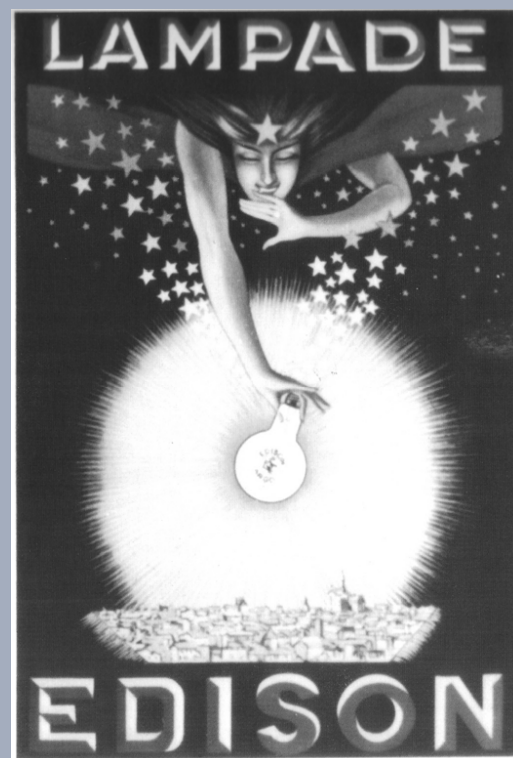
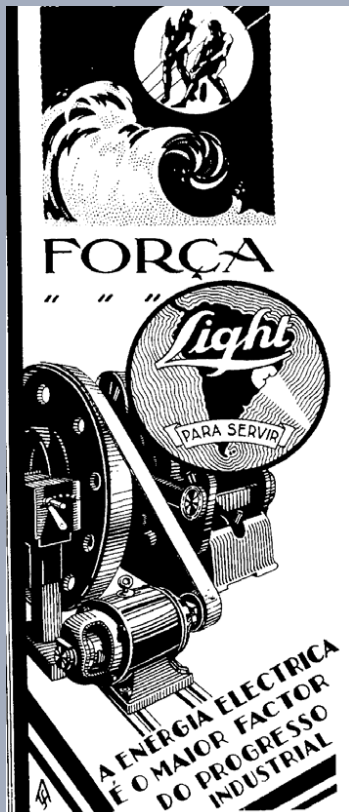
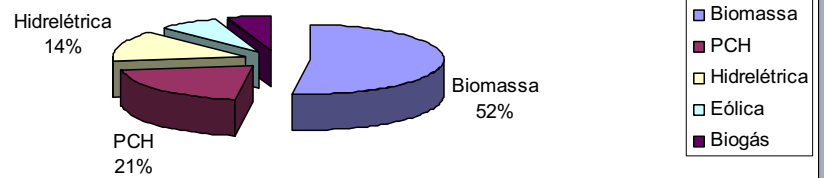
- Hidroeletricidade (inclui PCH e Itaipu import.)
- Termoeletricidade (Carvão)
- Termoeletricidade (Gás Natural)
- Termoeletricidade (Nuclear)
- Termoeletricidade (Derivados Petróleo)
- Biomassa
- Eólica e Outros

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



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

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.



“Eu sei que vocês acreditam que entenderam o que vocês pensam que eu disse; mas eu não estou seguro de que vocês percebem que aquilo que ouviram não é o que eu queria dizer.”

Alan Greenspan