

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



CEPEL 
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
Grupo Eletrobrás

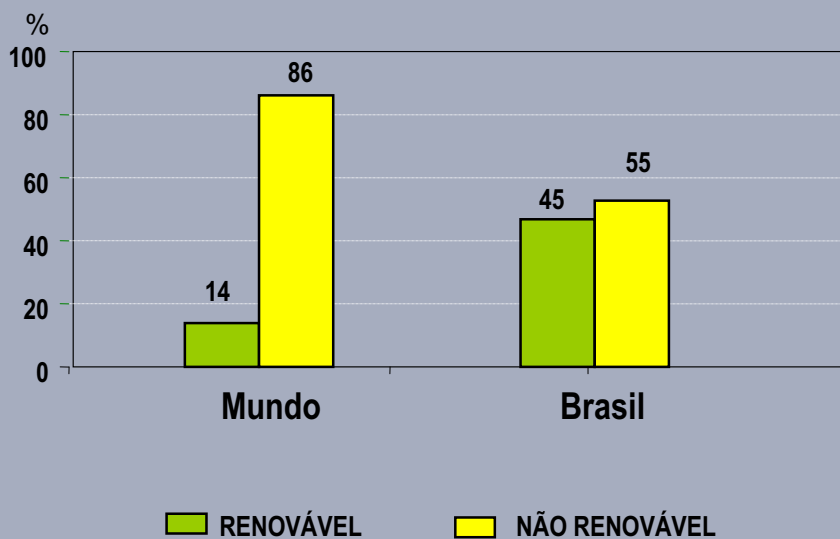


ENERGIAS RENOVÁVEIS: CONTRIBUIÇÃO PARA CENÁRIO DE BAIXAS EMISSIONES

**Oficina Exploratória – Banco
Mundial – Seção Energia Elétrica**

Brasília - 13 de Setembro 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**

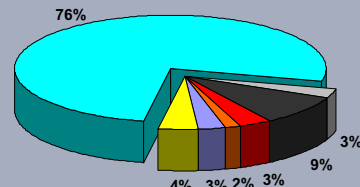
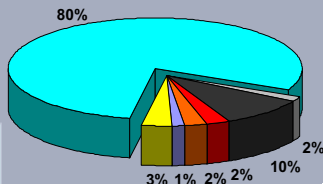
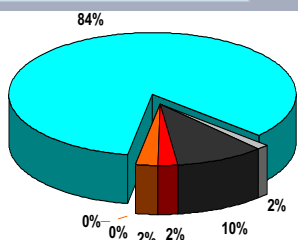


Matriz Elétrica

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

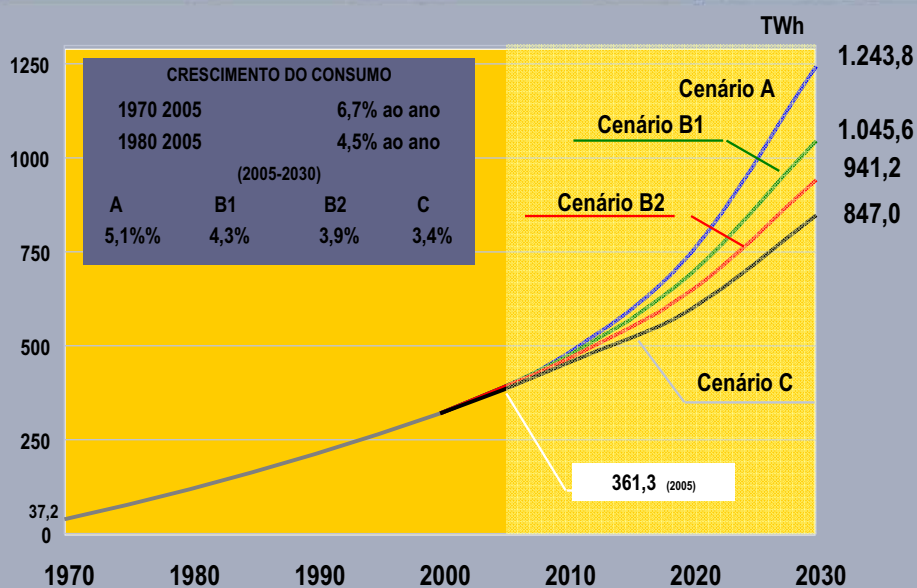
**2015 (Plano Decenal de EE)
(Renováveis: 83,7%)**

**2005
(Renováveis: 84%)**



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

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

Tecnologias em Foco (energia renovável complementar)

→ Solar Fotovoltaica

→ Solar Térmica

→ Eólica

→ Biomassa

→ Pequenas Centrais Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

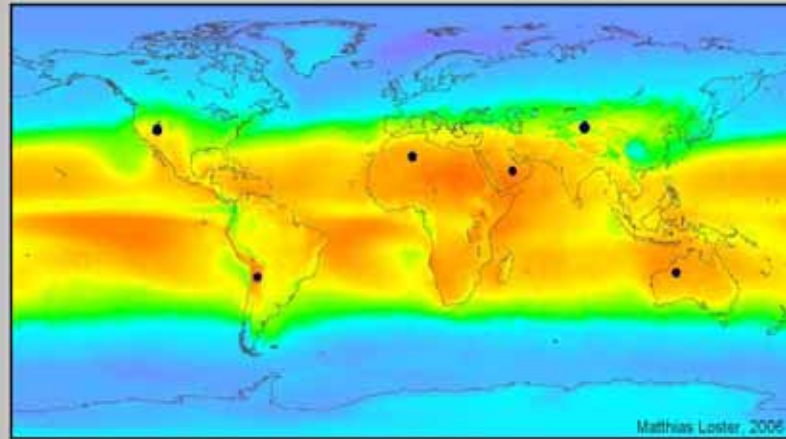
Maturidade e Custos das Tecnologias

TECNOLOGIA	POTENCIAL (GW)	TAMANHO TÍPICO (KW)	APLICAÇÃO	MATURIDADE DA TECNOLOGIA	VIABILIDADE TÉCNICA	CUSTO INVESTIMENTO (US\$/KW)	CUSTO O&M (US\$/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
				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
				COMERCIAL	ALTA	1.000 a 3.000	6 a 15	0.	35 a 102	60 a 85
PCH's		50 A 1.000	-VARIÁVEL -GRID E OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA					

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



Radiação Solar Global

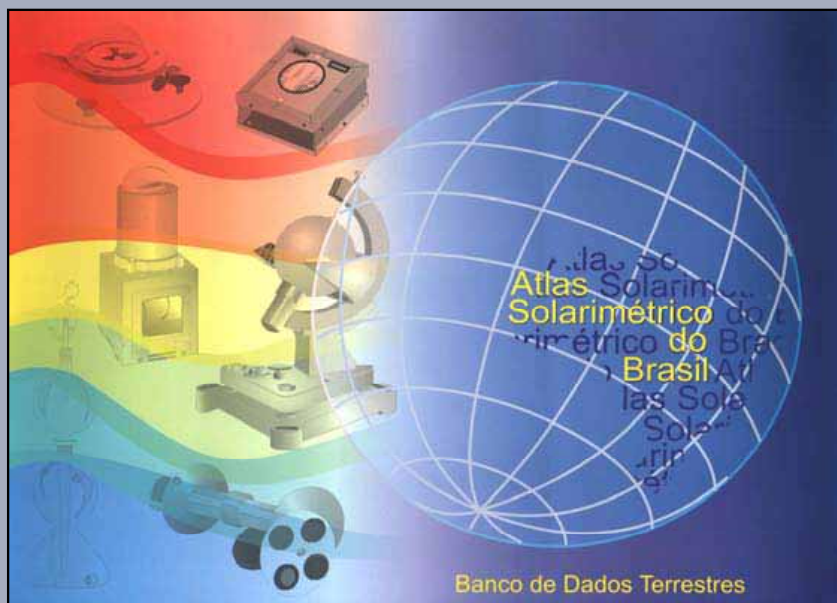


0 50 100 150 200 250 300 350 W/m²

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

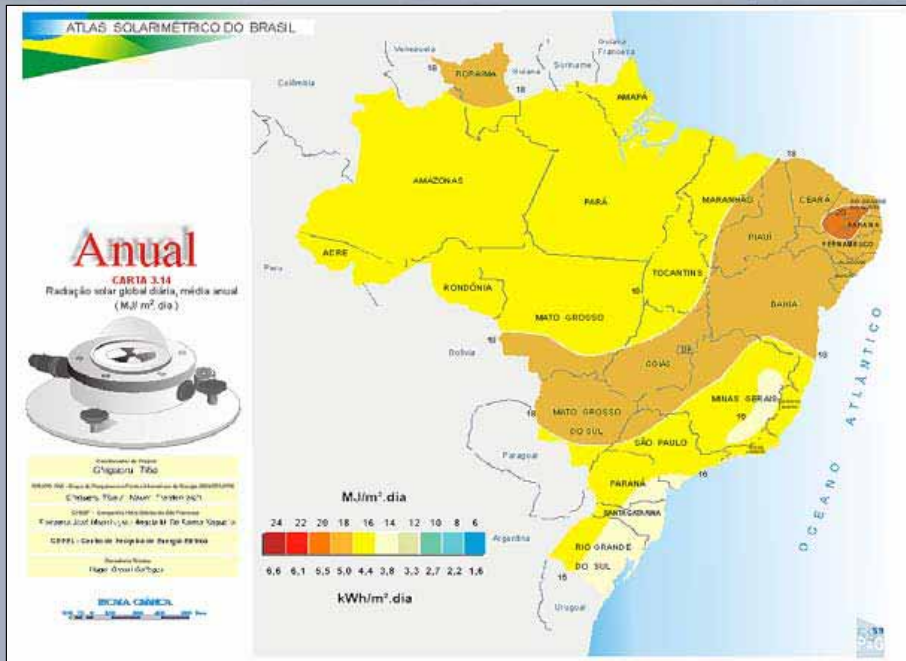
Fonte: Wikipedia

Atlas Solarimétrico do Brasil UFPE

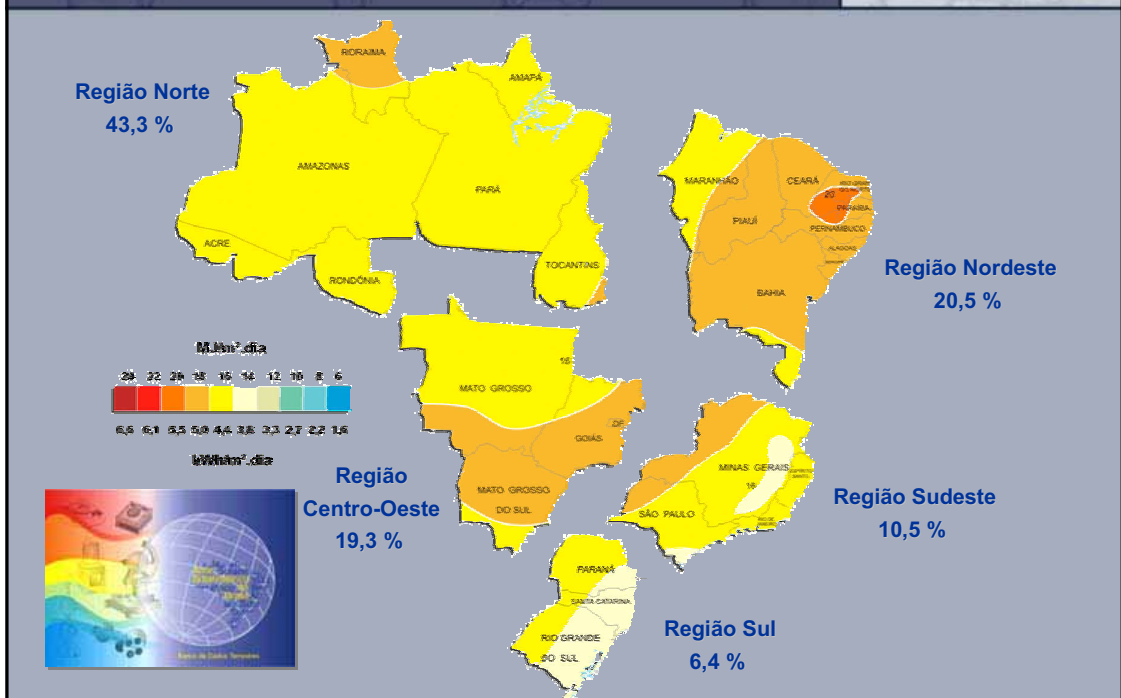


Banco de Dados Terrestres

Radiação Solar Global Média Anual



Potencial Solar por Região



 Solar Fotovoltaica

Solar Térmica

Eólica

Biomassa

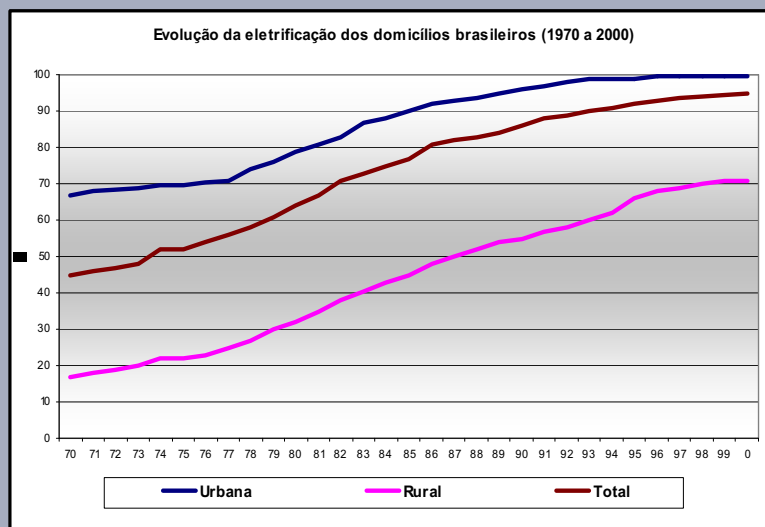
Pequenas
Centrais
Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

Universalização: metas e desafios

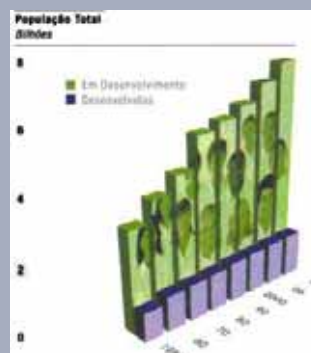
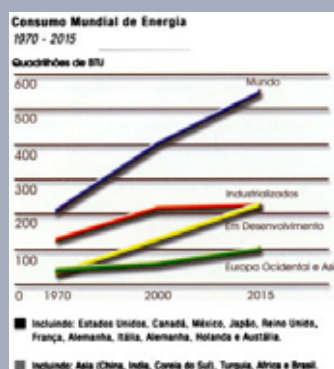


Universalização: metas e desafios



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

Uso da Energia: Tendência



FONTE: Informativo da Eletronuclear - agosto 2001



Energia e Inclusão Social

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



Escola da comunidade de Baixão do Archanjo Município de Barra



Sistema Fotovoltaico
N.S.P. Socorro - Manacapuru

Instalações Fotovoltaicas Tocantins

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



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

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



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)

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



Transporte dos equipamentos
fotovoltaicos



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

Telhado Solar Fotovoltaico

CEPEL 
Grupo Eletrobrás

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



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**

Tecnologias em Foco (energia renovável complementar)

Solar Fotovoltaica

 Solar Térmica

Eólica

Biomassa

Pequenas
Centrais
Hidroelétricas

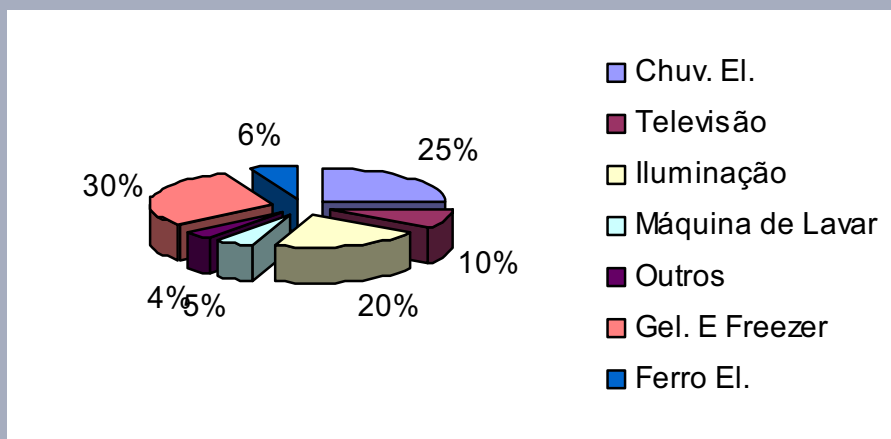
Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.

Aquecimento Solar



Uso Energia Elétrica Brasil (Residencial)

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

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)**

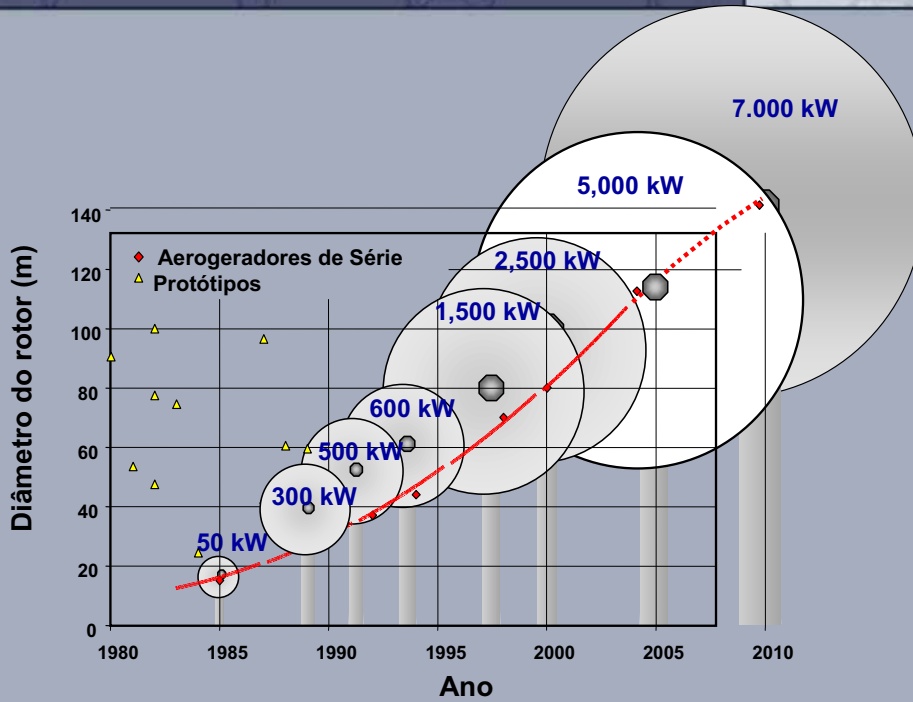
- Sistemas Híbridos
- Geração Distribuída



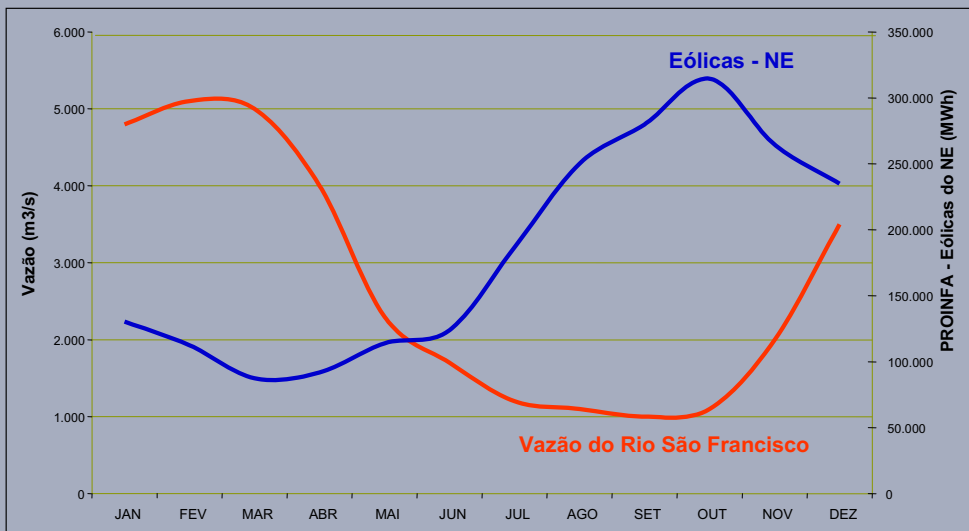
Grande Porte (250 kW - 2+MW)

- Fazendas Eólicas
- Geração Distribuída





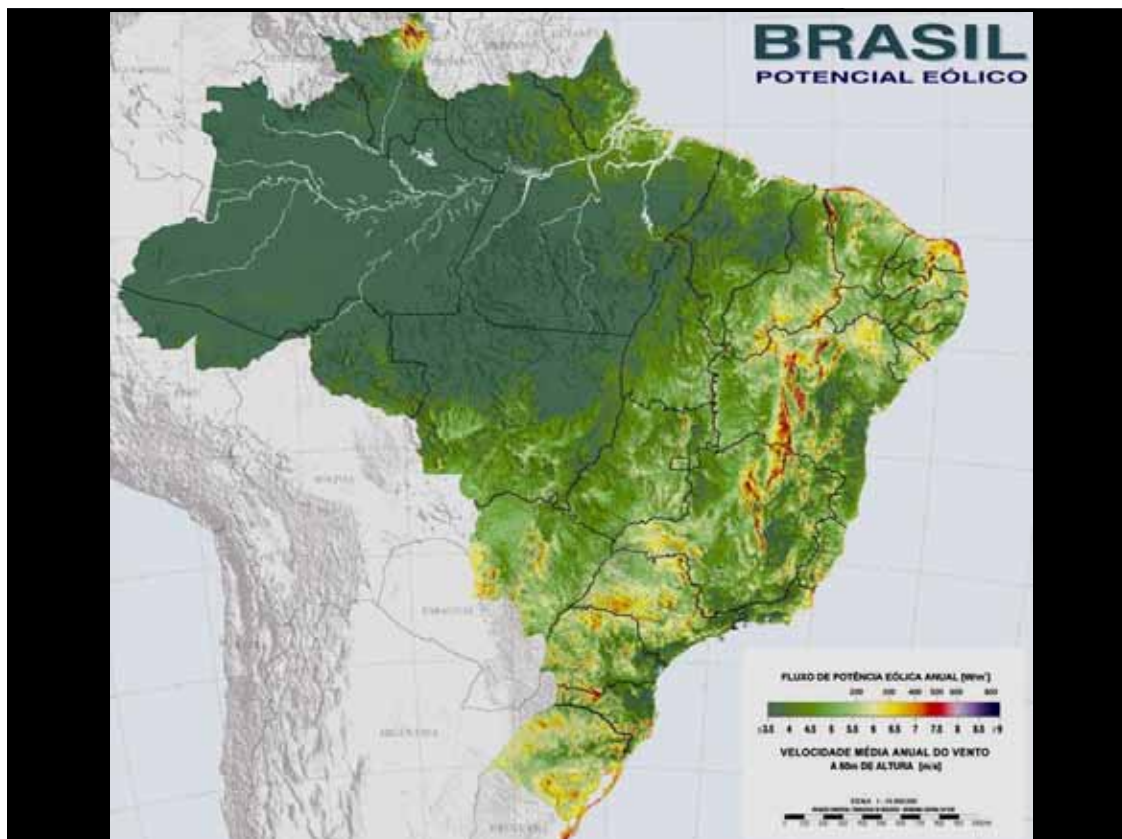
SAZONALIDADE DAS USINAS EÓLICAS DO PROINFA



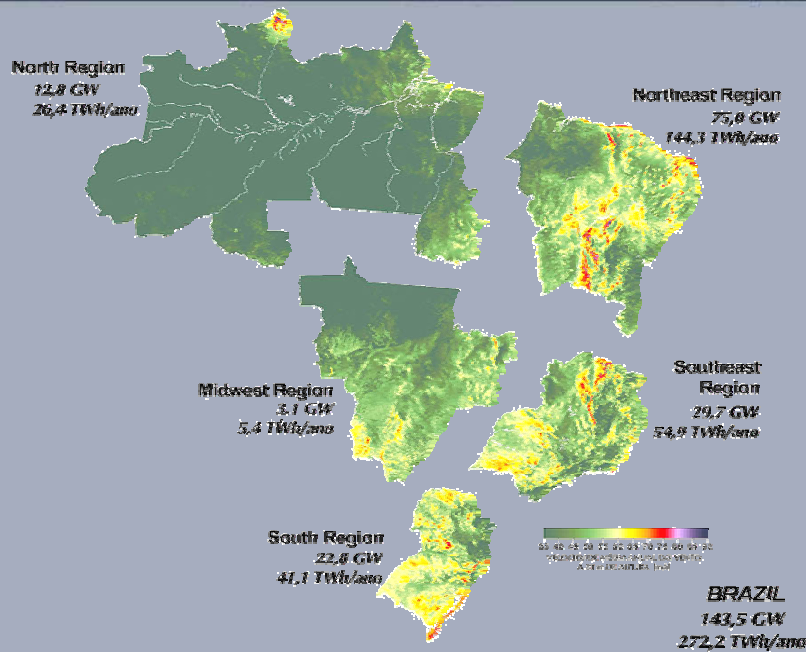
Potencial Eólico

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



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.**



Solar Fotovoltaica

Solar Térmica

Eólica

→ Biomassa

→ Pequenas
Centrais
Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.



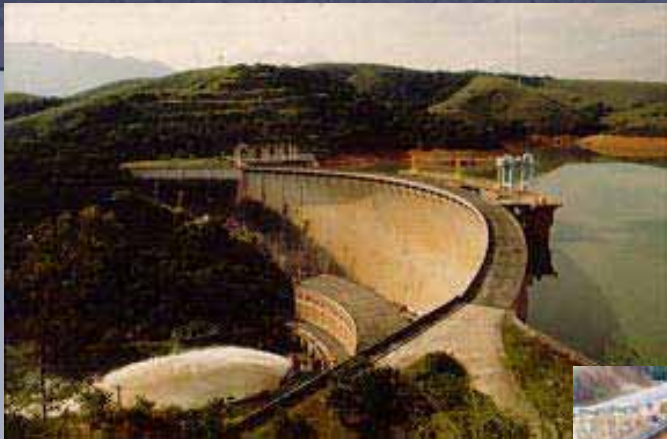
Biomassa

Biomassa: Energia e Materiais



Biomassa

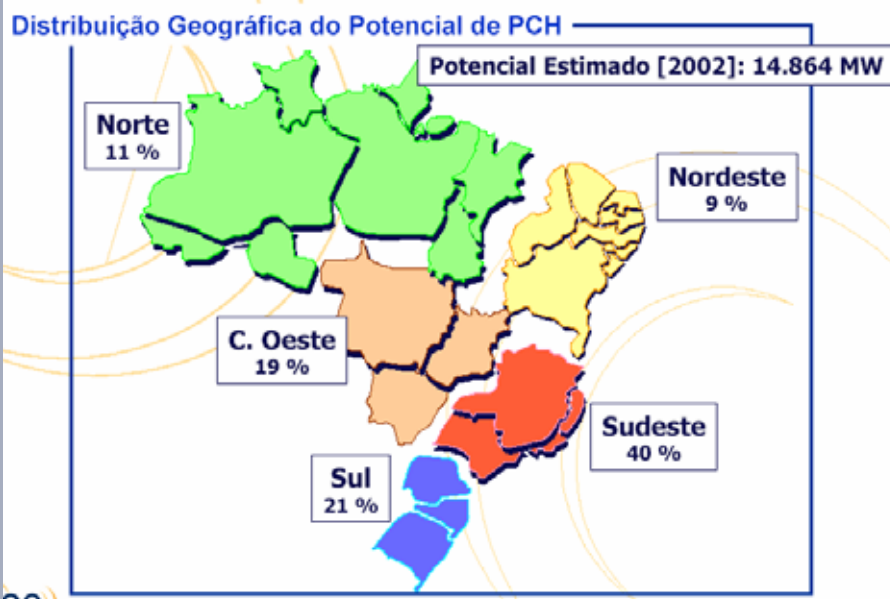
- ✓ O aproveitamento do bagaço como combustível é competitivo com as demais opções térmicas do sistema.
- ✓ Estima-se que valores adicionais de geração elétrica por bagaço de cana da ordem de 6.400 MW sejam inseridos na matriz elétrica brasileira até 2030.
- ✓ No caso dos segmentos madeireiro e arrozeiro, 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



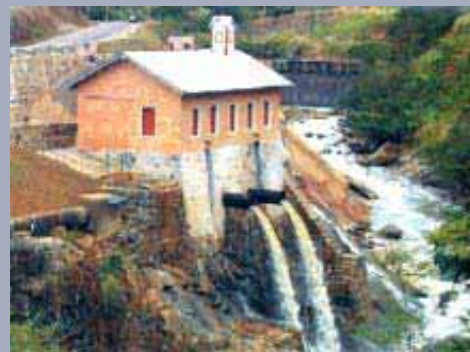
PCHs

- ✓ 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)



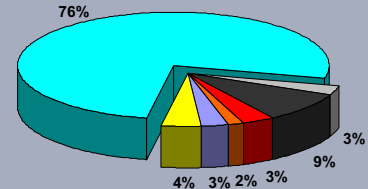
Emissão de CO₂ de Diversas Tecnologias

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

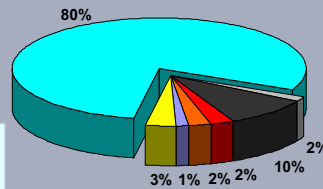
Fonte: "Renewable Energy Resources: Opportunities and Constraints 1990-2020" - World Energy Council - 1993

Matriz Elétrica

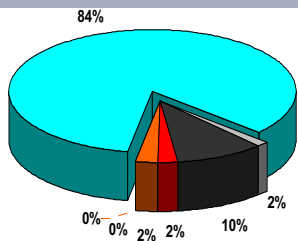
**2030 (Cenário B1)
(Renováveis: 83,1%)**



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

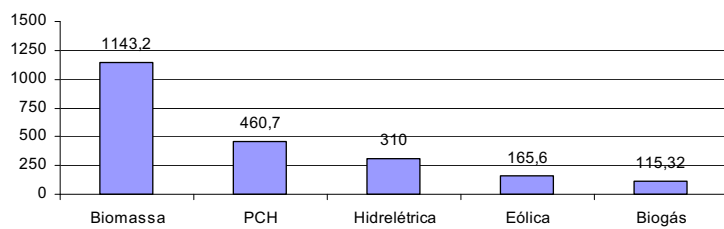


**2005
(Renováveis: 84%)**



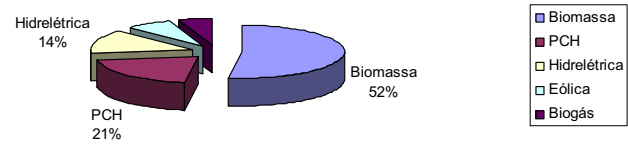
- Hidroeletricidade (inclui PCH e Itaipu import.)
- Termoeletricidade (Carvão)
- Termoeletricidade (Gás Natural)
- Termoeletricidade (Nuclear)
- Termoeletricidade (Derivados Petróleo)
- Biomassa
- Eólica e Outros

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



Conclusões: últimas notícias



“Às vezes ser moderno é olhar para trás”

Gilberto Gil