

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



CEPEL 
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
Grupo Eletrobrás

Principais Parques Eólicos Implementados e Projeções

IIR – São Paulo

28 de Fevereiro de 2007



Hamilton Moss, Ricardo Dutra
www.cresesb.cepel.br

Energias Renováveis: contexto

Proinfa: Estado atual da energia eólica

Cenário Brasileiro x Cenário Mundial

Perspectivas da Energia Eólica no Planejamento de Longo Prazo

Energias Eólica : contexto

Proinfa: Estado atual da energia eólica

Cenário Brasileiro x Cenário Mundial

Perspectivas da Energia Eólica no Planejamento de Longo Prazo

Solar Fotovoltaica

Solar Térmica

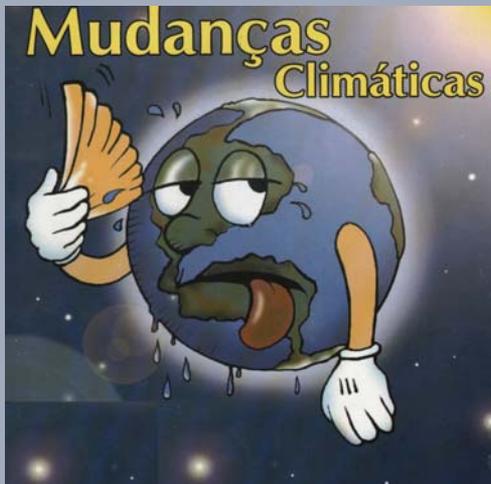
→ Eólica

Biomassa

Pequenas
Centrais
Hidroelétricas

Outras: Geotérmicas, Marés, Células Combustíveis etc.





FONTE: 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

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

Introdução

Energias Renováveis: contexto

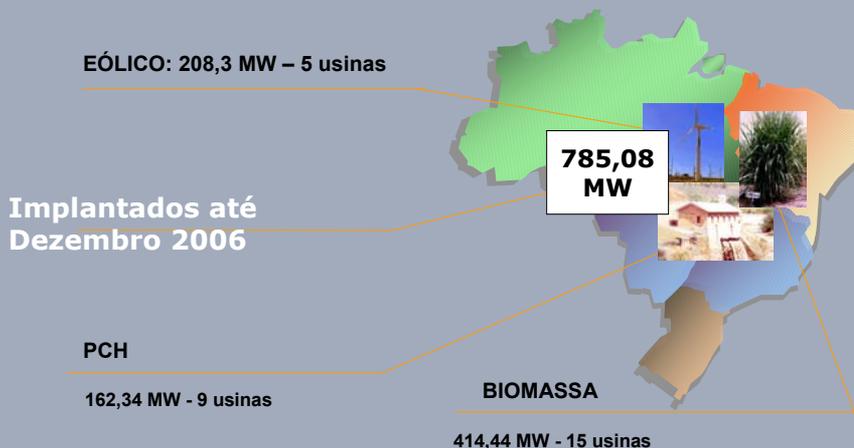
Proinfa: Estado atual da energia eólica

Cenário Brasileiro x Cenário Mundial

Perspectivas da Energia Eólica no Planejamento de Longo Prazo

PROINFA

Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica



(Fonte: EMME,2004)

PROINFA

Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica



➤ **Resultados, em números, alcançados pelo PROINFA até 2006**

Fonte	Operação comercial e obra concluída		Em construção		EPC contratado, não iniciada construção		Obra paralisada/ sub judice/ em rescisão contratual / não iniciadas sem EPC		TOTAL
	Qde	%	Qde	%	Qde	%	Qde	%	
PCH	9	14,3%	40	63,5%	9	14,3%	5	7,9%	63
	MW	162,34	13,6%	800,60	67,2%	177,20	14,9%	51,10	4,3%
EÓLICA	5	9,3%	0	0,0%	16	29,6%	33,00	61,1%	54
	MW	208,30	14,6%	0,00	0,0%	438,46	30,8%	776,16	54,5%
BIOMASSA	15	55,6%	5	18,5%	2	7,4%	5,00	18,5%	27
	MW	414,44	60,5%	99,90	14,6%	66,50	9,7%	104,40	15,2%
TOTAL	29	20,1%	45	31,3%	27	18,8%	43	29,9%	144
	MW	785,08	23,8%	900,50	27,3%	682,16	20,7%	931,662	28,2%

PROINFA

Eólica



- **Com 208,3 MW de capacidade instalada em Eólica há uma necessidade de 1215 MW de capacidade instalada em 2007/2008**
- **Capacidade de atendimento da Indústria Nacional: 200 MW/ano**
- **Vem sendo discutida com cuidado a importação de equipamentos (flexibilização temporária do índice de nacionalização e isenção de impostos de importação)**
- **Dificuldades de alavancagem financeira de alguns investidores com projetos aprovados**

PROINFA

Eólica



- **Para o desenvolvimento pleno da energia eólica é importante uma sinalização da continuidade da inserção na matriz**
- **NÃO DEVEMOS ESQUECER, ENTRETANTO, QUE PASSAMOS EM POUCO TEMPO DE DEZENAS PARA CENTENAS DE MW**

PROINFA

Eólica



Fator de Capacidade (%)	TIR (%)	Pay Back (anos)
30	4,0	15,0
34	7,5	12,8
40	13	10,8

Custo de Instalação de R\$ 4.000,00/kW
R\$/MWh de 200 a 230 para FC de 30 a 40 %

Introdução



Energias Renováveis: contexto

Proinfa: Estado atual da energia eólica

Cenário Brasileiro x Cenário Mundial

Perspectivas da Energia Eólica no Planejamento de Longo Prazo



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

Os 10 Mais no Mundo

Capacidade Total	MW	Percentual do Mercado
Alemanha	20.000	27,8
Espanha	11.615	15,6
EUA	11.603	15,6
India	6.270	8,4
Dinamarca	3.136	4,2
China	2.604	3,5
Itália	2.123	2,9
Reino Unido	1.963	2,6
Portugal	1.716	2,3
França	1.567	2,1
TOTAL 10 Mais	63.217	85,2
Resto do Mundo	11.004	14,8
TOTAL MUNDO	74.221	-

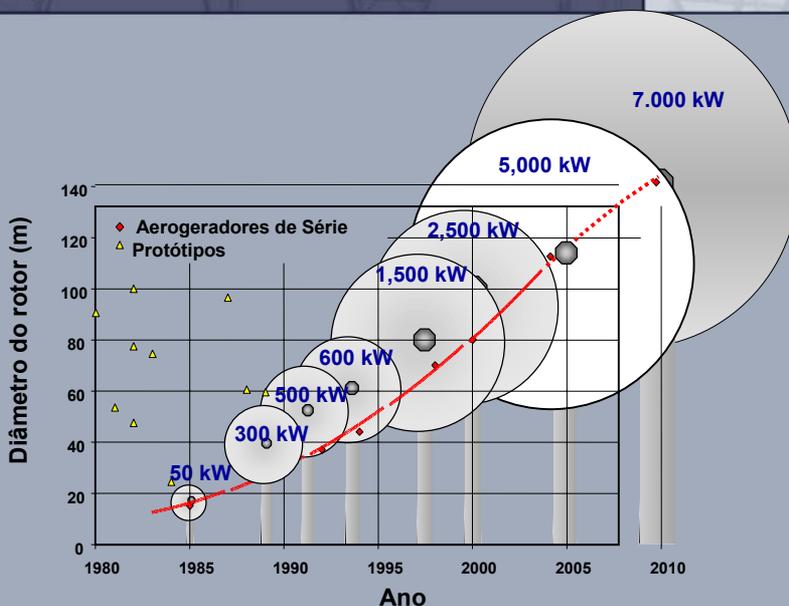
Os 10 Maiores em Novas Instalações (2005 - 2006)

Novas Instalações	MW	Percentual do Mercado
EUA	2.454	16,1
Alemanha	2.233	14,7
India	1.840	12,1
Espanha	1.587	10,4
China	1.347	8,9
França	810	5,3
Canadá	776	5,1
Portugal	694	4,6
Reino Unido	634	4,2
Italia	417	2,7
TOTAL 10 Mais	12.792	84,2
Resto do Mundo	2.405	15,8
TOTAL MUNDO	15.197	-

Capacidade Instalada – Acumulada (1995 – 2006)

ANO	MW TOTAL
1995	4.800
1996	6.100
1997	7.600
1998	10.200
1999	13.600
2000	17.400
2001	23.900
2002	31.100
2003	39.431
2004	47.620
2005	59.091
2006	74.221

Desenvolvimento da Tecnologia



• Redução significativa dos custos da energia eólica:

- Redução dos custos das turbinas eólicas;
- Turbinas cada vez maiores, com torres cada vez mais altas;
- Melhoria da tecnologia e nos métodos de produção;
- Melhoria na eficiência e na disponibilidade;
- Queda nos custos de operação e manutenção.

1979 → 2003
US\$ 400,00/MWh → US\$ 35 - 120,00/MWh

Introdução

Energias Renováveis: contexto

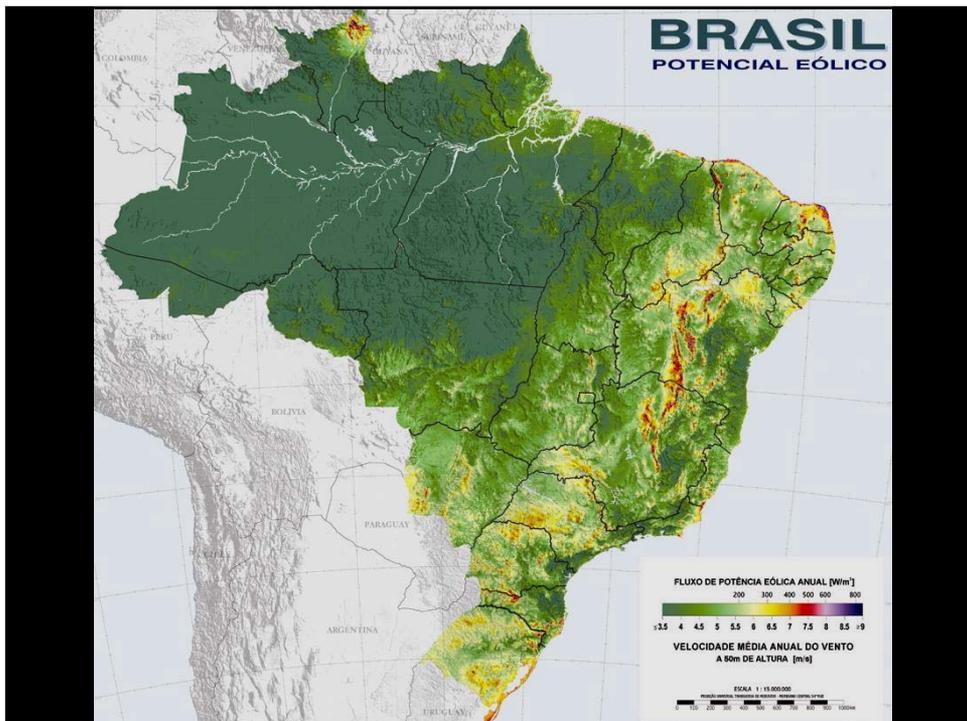
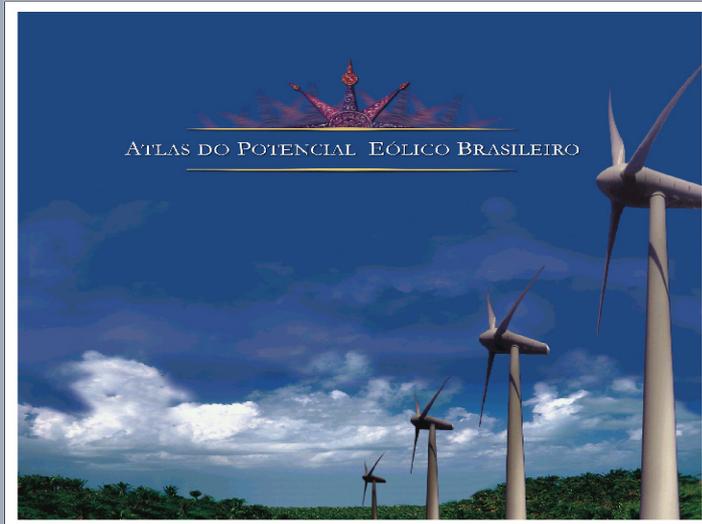
Proinfa: Estado atual da energia eólica

Cenário Brasileiro x Cenário Mundial

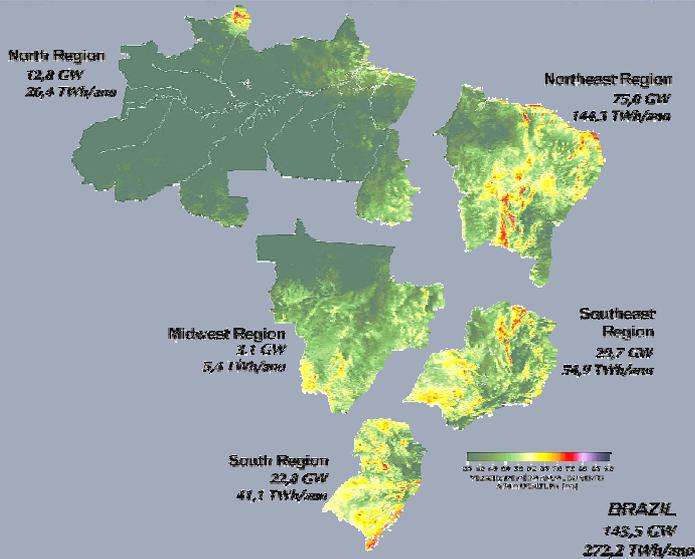
Perspectivas da Energia Eólica no Planejamento de Longo Prazo

Potencial Eólico

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro

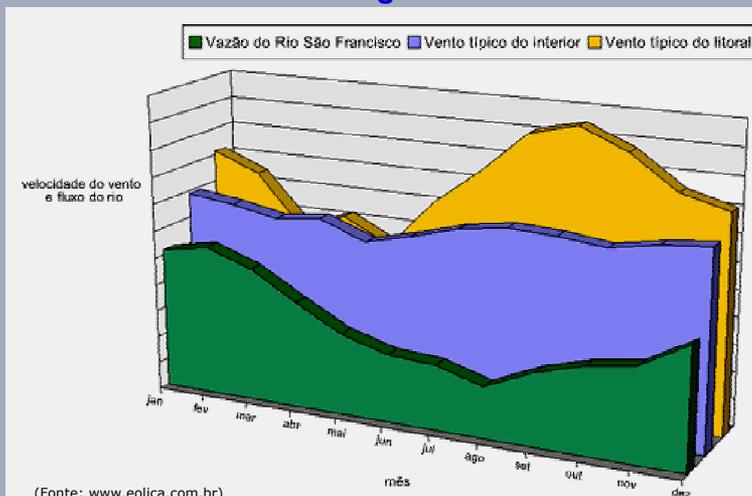


Potencial Eólico por Região

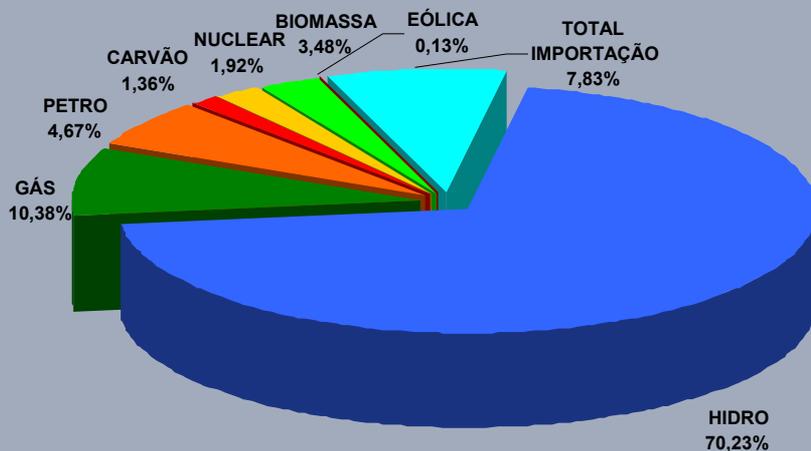


Complementaridade dos Regimes Hidráulico e Eólico

Comparação entre o fluxo de água do Rio São Francisco e o regime de vento no nordeste do Brasil.



Geração



(Fonte: ANEEL, 2006)

Um Exercício não Conservador e não oficial de Estimativa de Mercado (visão do palestrante)

Otimista (com muitos fatores indutores)

20% ao ano de crescimento até 2022 ⇒ **65 GW**

Realista (+) (com poucos fatores indutores)

10% ao ano de crescimento até 2022 ⇒ **24GW**

Realista (-) (com muito poucos fatores indutores)

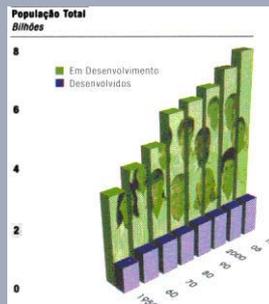
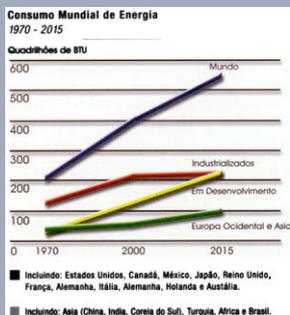
5% ao ano de crescimento até 2022 ⇒ **15GW**

Substituindo Usina Nuclear por Energia Solar Fotovoltaica e Energia Eólica

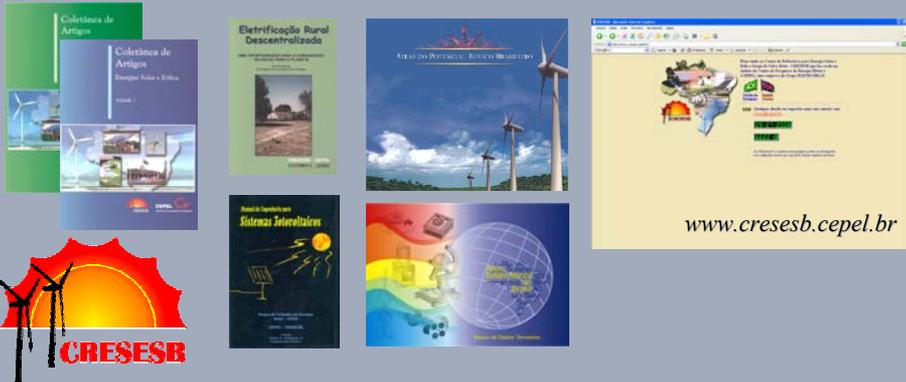
Áreas Equivalentes Necessárias – 10 TWh/ano



Uso da Energia: Tendência



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.



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

“Às vezes ser moderno é olhar para trás”

Gilberto Gil