

CEPEL 
Grupo Eletrobrás



CEPEL 

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

Sistema Eletrobrás 



**PRINCIPAIS PARQUES EÓLICOS
IMPLEMENTADOS E PROJEÇÕES**

WORKSHOP EM ENERGIA EÓLICA

CT GÁS

Natal – 30 de Outubro de 2008

Hamilton Moss de Souza
Ricardo Marques Dutra
Sérgio Melo
DTE – Depto. Tecnologias Especiais

www.cresesb.cepel.br

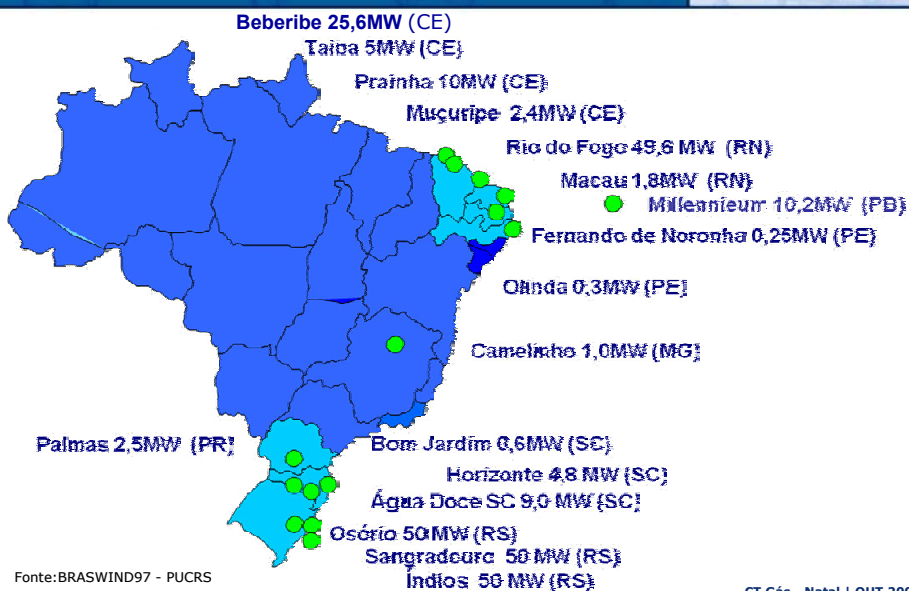
Sumário

- **Principais Parques Eólicos:**
 - > **Considerações Gerais**
 - > **Potência Instalada e Localização**
- **Projeções**
 - > **PNE 2030**
 - > **Impacto Ambiental**
 - > **Evolução Tecnológica**
 - > **Potencial Eólico (50 x 100)**
 - > **Produção de Aerogeradores no Brasil**
 - > **Expectativas (Crise: ameaça ou oportunidade?)**
- **Conclusões**

Principais Parques Eólicos

- **Considerações Gerais**
 - > **O Brasil gera atualmente cerca de 700 GWh/ano por meio de energia eólica**
 - > **Os parques instalados têm cumprido ou superado as expectativas**
 - > **Os parques em operação consolidam a fonte eólica como uma alternativa viável de suprimento elétrico**

Usinas Eólicas em Operação no Brasil



Usinas Eólicas em Operação no Brasil



Usina	USINAS do tipo EOL em Operação				Proprietário	Município
	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Destino da Energia			
Eólica de Prainha	10.000	10.000	PIE	100% para Wobben Wind Power Indústria e Comércio Ltda	Aquiraz - CE	
Eólica de Taíba	6.200	5.000	PIE	100% para Wobben Wind Power Indústria e Comércio Ltda	São Gonçalo do Amarante - CE	
Eólica-Elétrica Experimental do Morro do Camelinho	1.000	1.000	SP	100% para CEMIG Geração e Transmissão S/A	Gouveia - MG	
Eólio - Elétrica de Palmas	2.500	2.500	PIE	100% para Centrais Eólicas do Paraná Ltda.	Palmas - PR	
Eólica de Fernando de Noronha	225	225	PIE	100% para Centro Brasileiro de Energia Eólica - FADE/UFPE	Fernando de Noronha - PE	
Parque Eólico de Beberibe	25.600	25.600	PIE	100% para Usina Eólica Econergy Beberibe S.A.	Beberibe - CE	
Mucuripe	2.400	2.400	PIE	100% para Wobben Wind Power Indústria e Comércio Ltda	Fortaleza - CE	
RN 15 - Rio do Fogo	49.300	49.300	PIE	100% para Energias Renováveis do Brasil S.A.	Rio do Fogo - RN	
Eólica de Bom Jardim	600	600	PIE	100% para Parque Eólico de Santa Catarina Ltda	Bom Jardim da Serra - SC	
Eólica Olinda	225	225	PIE	100% para Centro Brasileiro de Energia Eólica - FADE/UFPE	Olinda - PE	
Parque Eólico do Horizonte	4.800	4.800	APE-COM	100% para Central Nacional de Energia Eólica Ltda	Água Doce - SC	
Macau	1.800	1.800	APE	100% para Petróleo Brasileiro S/A.	Macau - RN	
Eólica Água Doce	9.000	9.000	PIE	100% para Central Nacional de Energia Eólica Ltda	Água Doce - SC	
Parque Eólico de Osório	50.000	50.000	PIE	100% para Ventos do Sul Energia S/A	Osório - RS	
Parque Eólico Sangradouro	50.000	50.000	PIE	100% para Ventos do Sul Energia S/A	Osório - RS	
Parque Eólico dos Índios	50.000	50.000	PIE	100% para Ventos do Sul Energia S/A	Osório - RS	
Millennium	10.200	10.200	PIE	100% para SPE Millennium Central Geradora Eólica S/A	Mataraca - PB	
Total: 17 Usina(s)			Potência Total: 272.650 kW			

(ANEEL, 2008)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Usina Eólica de Taíba - CE



5 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Usina Eólica de Prainha - CE



10 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Usina Eólica de Mucuripe - CE



2,4 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Parque Eólico-Elétrica de Palmas - PR



2,5 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Usina Eólica de Bom Jardim - SC



0,6 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Usina Eólica de Macau - RN



1,8 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Usina Eólica de Água Doce - SC



4,8 MW

(www.ecodebate.com.br)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Parque Eólico do Horizonte - SC



9 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Usina Eólica de Rio do Fogo - RN



49,3 MW

(CRESESB, 2006)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Central Geradora Eólica Millennium - PB



10,2 MW

(WOBENWINDPOWER, 2008)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Usina Eólica de Beberibe - CE

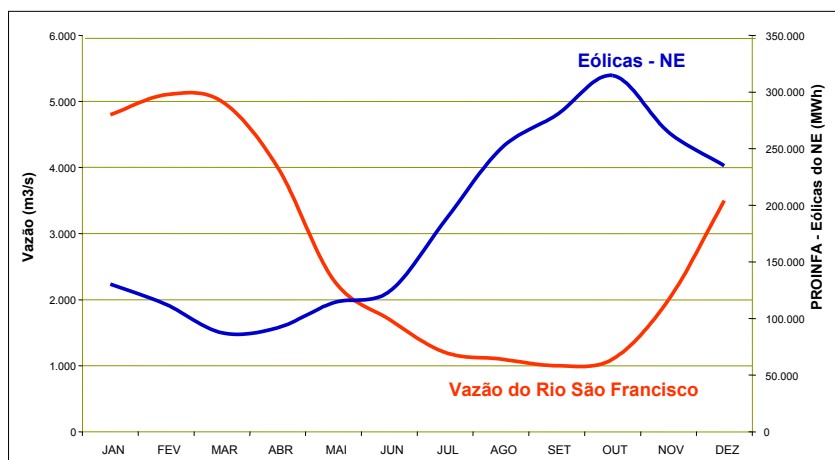


25,6 MW

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

CT Gás - Natal | OUT 2008

SAZONALIDADE DAS USINAS EÓLICAS DO PROINFA



(Fonte: Eletrobrás, 2005)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Parque Eólico de Osório, Sangradouro e Índios - RS



50 MW
50 MW
50 MW

(CRESESB, 2006)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Parque Eólico de Osório, Sangradouro e Índios - RS



Fonte: Marco Antonio Morales Garrido - ENERFIN - Bras - Wind 2007

CT Gás - Natal | OUT 2008

Parque Eólico de Osório, Sangradouro e Índios - RS

75 FUNDAÇÕES DE 16m DE DIÂMETRO

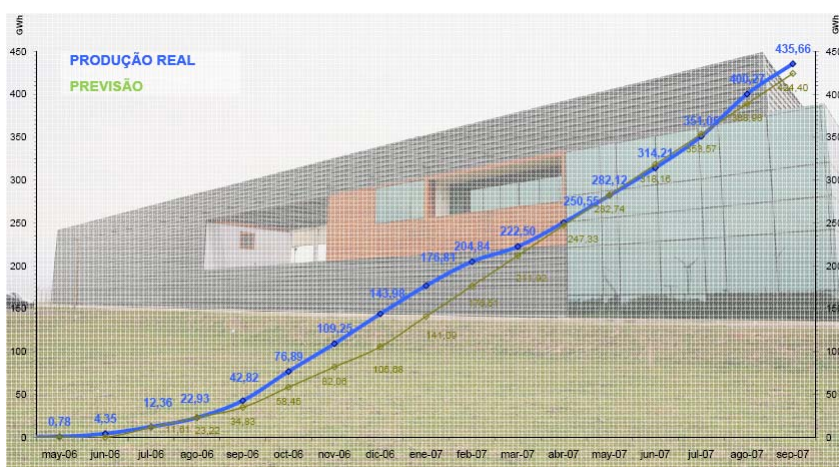
- 450 m³ de Concreto cada base
- 60.000 Kg de Aço cada base
- 32 Estacas Hélice Contínua de 20 a 36m de profundidade



Fonte: Marco Antonio Morales Garrido - ENERFIN - Bras - Wind 2007

CT Gás - Natal | OUT 2008

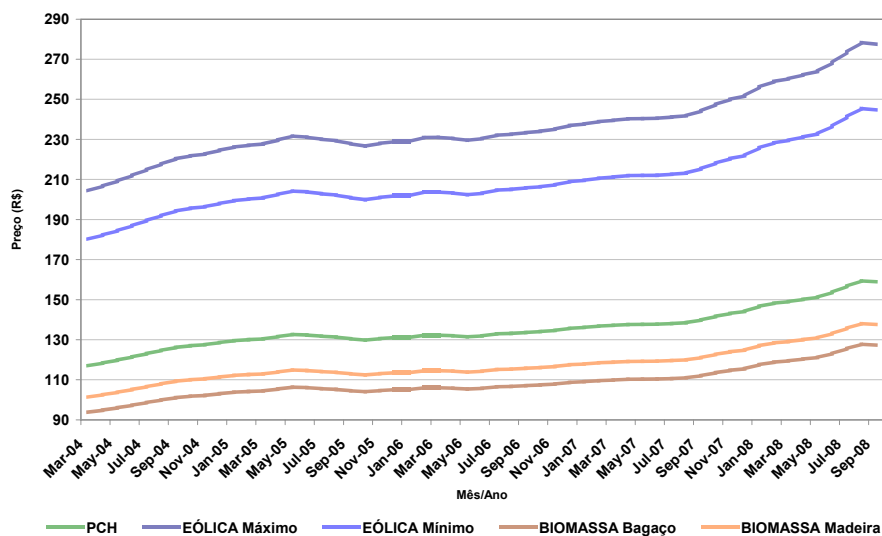
Parque Eólico de Osório, Sangradouro e Índios - RS



Fonte: Marco Antonio Morales Garrido - ENERFIN - Bras - Wind 2007

CT Gás - Natal | OUT 2008

Evolução das Tarifas PROINFA



CT Gás - Natal | OUT 2008

Sumário

- Principais Parques Eólicos:

- > Considerações Gerais
- > Potência Instalada e Localização

- Projeções

- > PNE 2030
- > Impacto Ambiental
- > Evolução Tecnológica
- > Potencial Eólico (50 x 100)
- > Produção de Aero geradores no Brasil
- > Expectativas (Crise: ameaça ou oportunidade?)

- Conclusões

CT Gás - Natal | OUT 2008

Aplicações da Energia Eólica



Catavento – Bombeamento d'água

- Residências
- Fazendas
- Aplicações Remotas

Aplicações da Energia Eólica



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

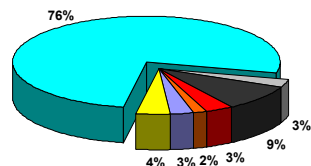
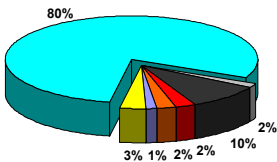
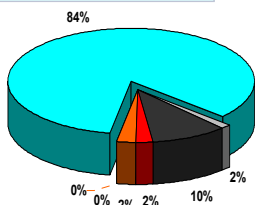









Matriz Elétrica: PNE 2030

2030 (Cenário B1)
(Renováveis: 83,1%)

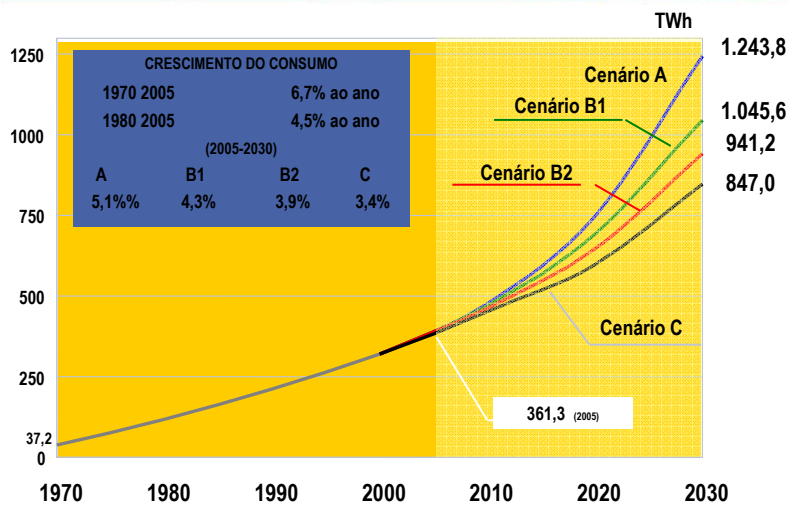
2015 (Plano Decenal de EE)
(Renováveis: 83,7%)

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



Sumário

- **Principais Parques Eólicos:**

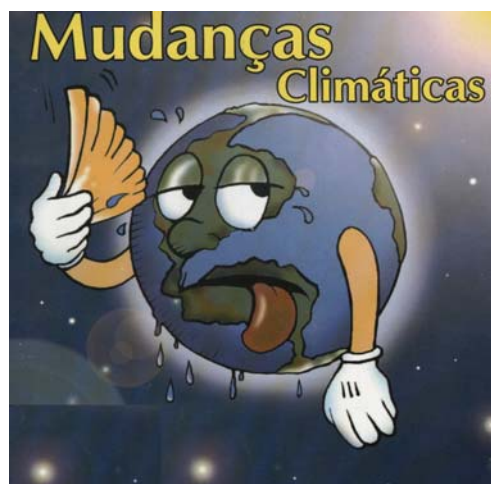
- > **Considerações Gerais**
- > **Potência Instalada e Localização**

- **Projeções**

- > **PNE 2030**
- > **Impacto Ambiental**
- > **Evolução Tecnológica**
- > **Potencial Eólico (50 x 100)**
- > **Produção de Aeroogeradores no Brasil**
- > **Expectativas (Crise: ameaça ou oportunidade?)**

- **Conclusões**

Aquecimento Global



Source: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia

CT Gás - Natal | OUT 2008

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

CT Gás - Natal | OUT 2008

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	4		250	10
					COMERCIAL (OFF-GRID)	ALTA (OFF-GRID)	9.000	20	0.	500	18
HELIOtéRMICA	TORRE CENTRAL	-	30.000	- BASE - GRID	PRÉ COMERCIAL	ALTA	5000	4		220	15
			200.000			8500	23	0.	310	30	
	CILINDROS	-	50.000	- BASE - GRID	COMERCIAL	ALTA	1.700	4		80	15
	DISCOS	-	20	- BASE - GRID E OFF-GRID	DEMONSTRADA	MÉDIA	10000	15		200	15
			50			22000	23	0.	500	30	
EÓLICA		30	300 a 2000	-INTERMITENTE -GRID E OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	1500	4		110	25
BIOMASSA		27,7	10	-BASE -GRID E OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	500	6	20	38	25
			50.000					2.500	12	100	78
PCH's			50	-VARIÁVEL -GRID E OFF-GRID	COMERCIAL	ALTA	1.000	6		35	60
			A					3.000	15	0.	a

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

Sumário

- Principais Parques Eólicos:

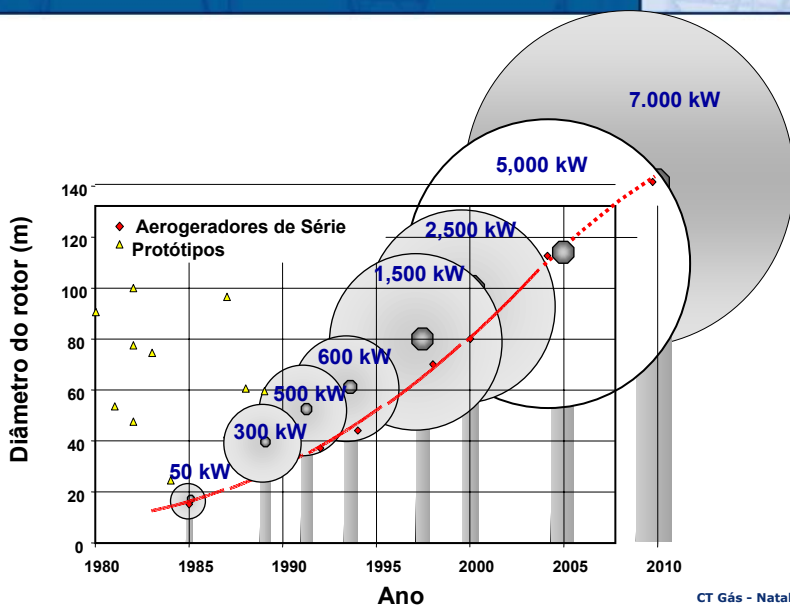
- > Considerações Gerais
- > Potência Instalada e Localização

- Projeções

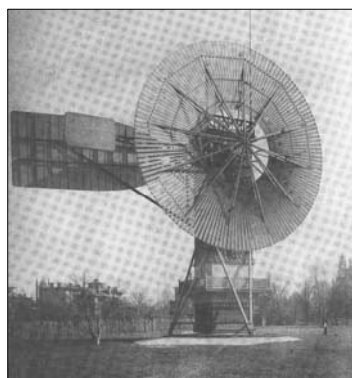
- > PNE 2030
- > Impacto Ambiental
- > Evolução Tecnológica
- > Potencial Eólico (50 x 100)
- > Produção de Aero geradores
- > Expectativas (Crise: ameaça ou oportunidade?)

- Conclusões

Desenvolvimento da Tecnologia



Aerogeradores de grande porte



**Turbina Eólica de Brush
(1888) - 12 kW**

**Turbina Eólica Balaclava
(1931) – 100 kW**





Sumário

- **Principais Parques Eólicos:**

- > **Considerações Gerais**
- > **Potência Instalada e Localização**

- **Projeções**

- > **PNE 2030**
- > **Impacto Ambiental**
- > **Evolução Tecnológica**
- > **Potencial Eólico (50 x 100)**
- > **Produção de Aero geradores no Brasil**
- > **Expectativas (Crise: ameaça ou oportunidade?)**

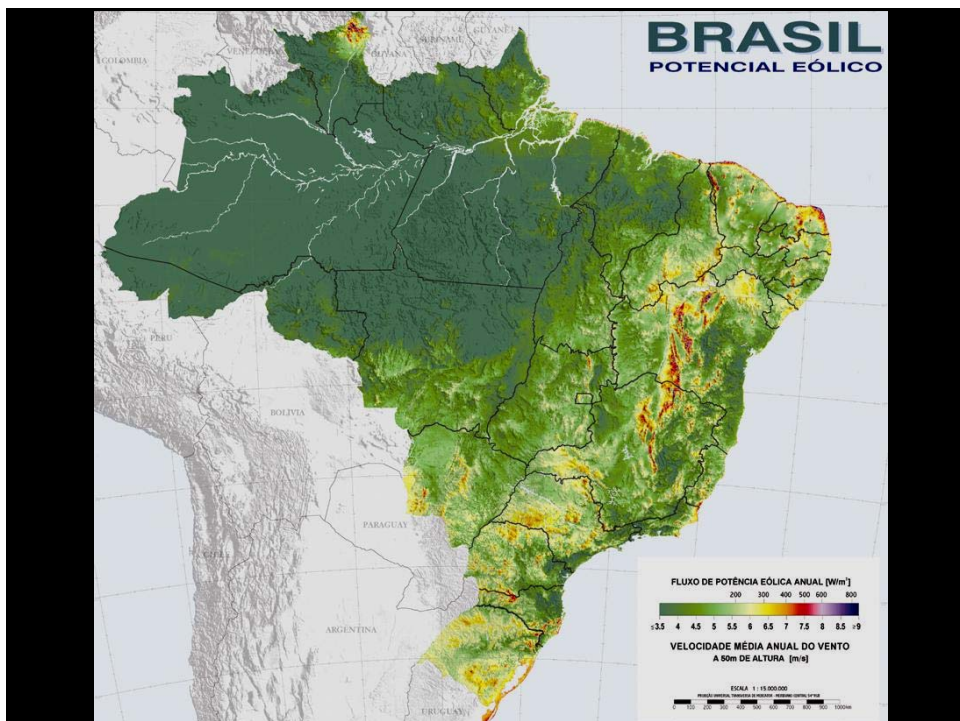
- **Conclusões**

Potencial Eólico

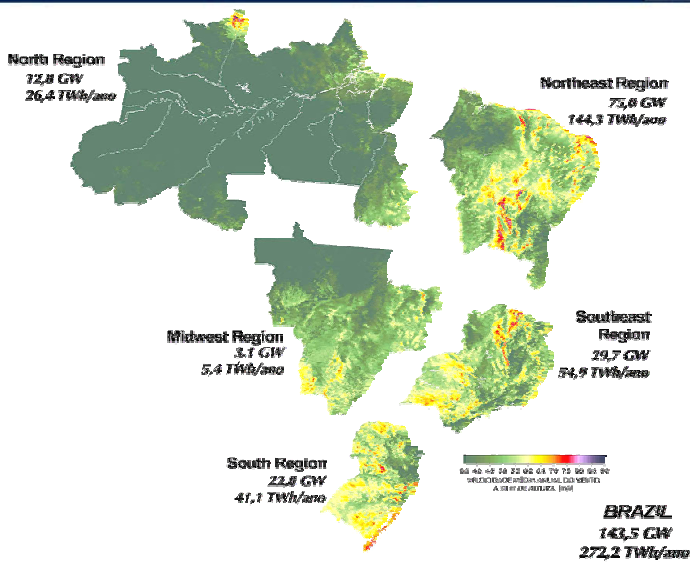
Atlas do Potencial Eólico Brasileiro



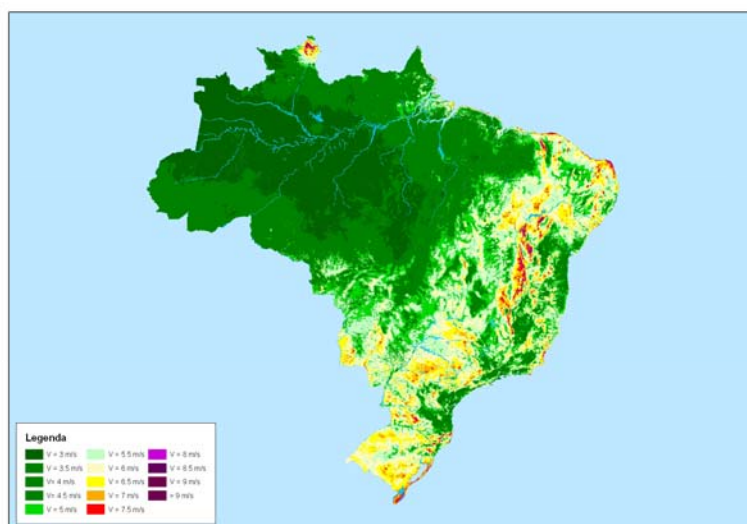
CT Gás - Natal | OUT 2008



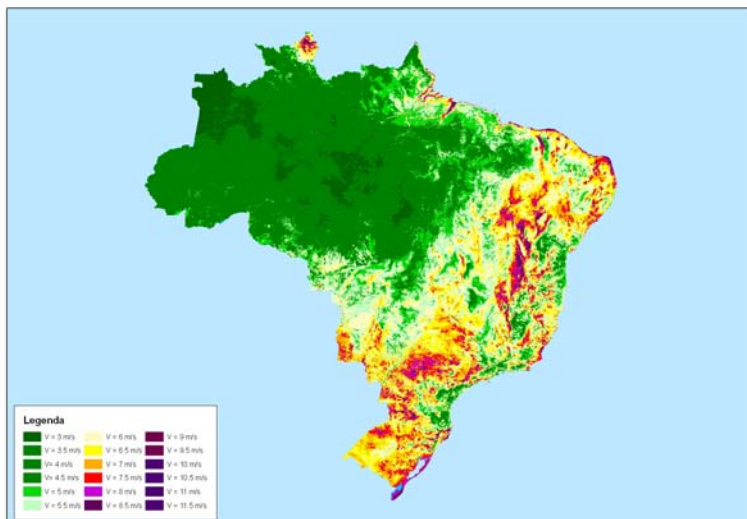
Potencial Eólico por Região



50 m



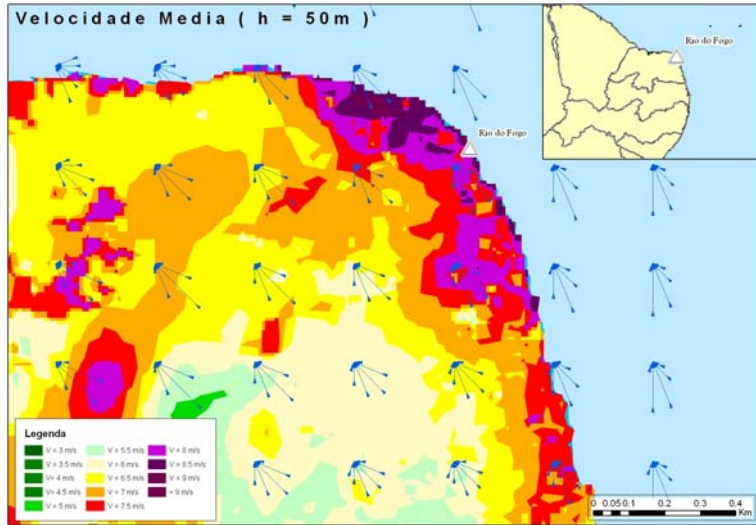
100 m



50 X 100

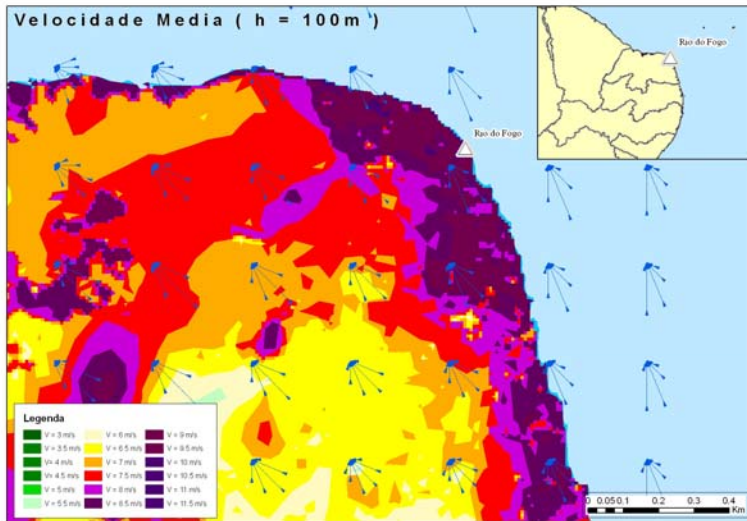


50 m



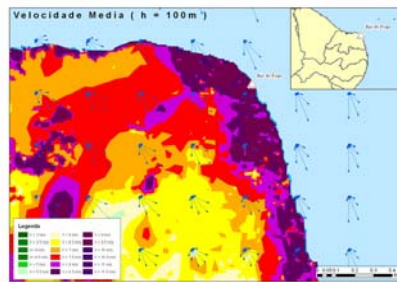
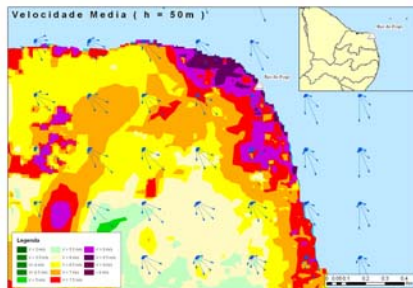
CT Gás - Natal | OUT 2008

100 m

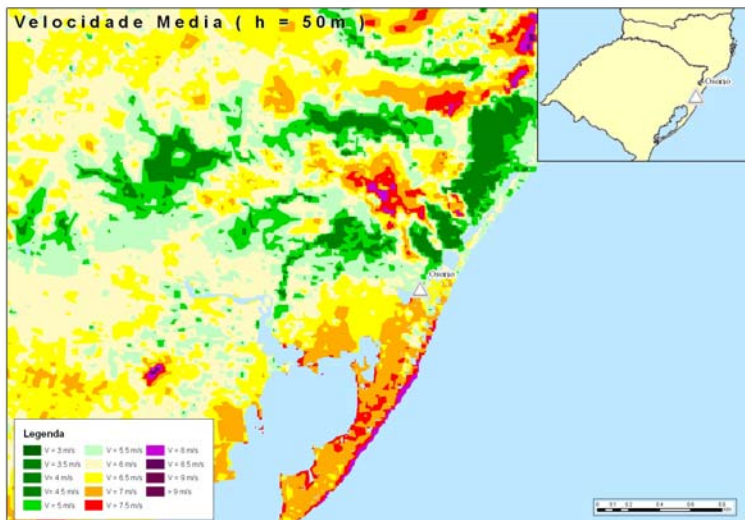


CT Gás - Natal | OUT 2008

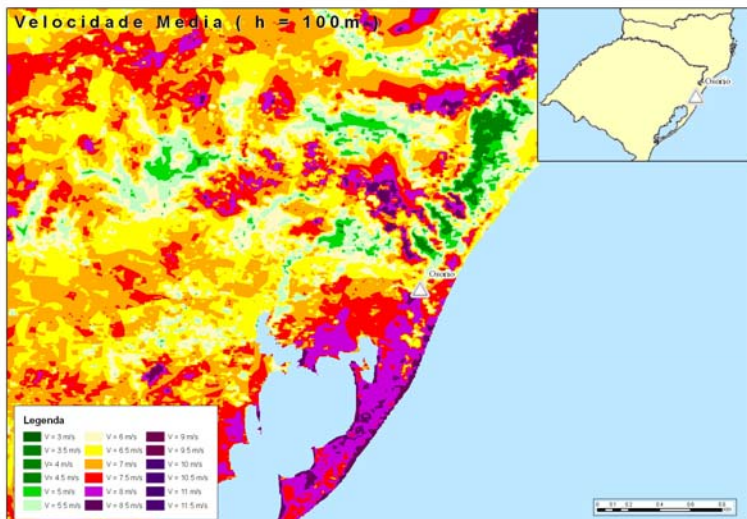
50 X 100



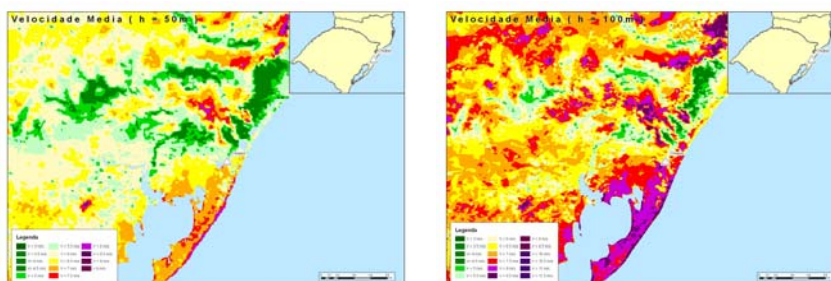
50 m



100 m



50 X 100



Sumário

- **Principais Parques Eólicos:**

- > **Considerações Gerais**
- > **Potência Instalada e Localização**

- **Projeções**

- > **PNE 2030**
- > **Impacto Ambiental**
- > **Evolução Tecnológica**
- > **Potencial Eólico (50 x 100)**
- > **Produção de Aerogeradores no Brasil**
- > **Expectativas (Crise: ameaça ou oportunidade?)**

- **Conclusões**

Produção Nacional



Wobben Enercon

Capacidade Total de Produção:

350 a 400 MW/ano



Produção Nacional



IMPSA

Capacidade Total de Produção:

300 MW/ano

Sumário

- **Principais Parques Eólicos:**

- > **Considerações Gerais**
- > **Potência Instalada e Localização**

- **Projeções**

- > **PNE 2030**
- > **Impacto Ambiental**
- > **Evolução Tecnológica**
- > **Potencial Eólico (50 x 100)**
- > **Produção de Aerogeradores no Brasil**
- > **Expectativas (Crise: ameaça ou oportunidade?)**

- **Conclusões**

Um Exercício não Conservador e não oficial de Estimativa de Mercado



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)

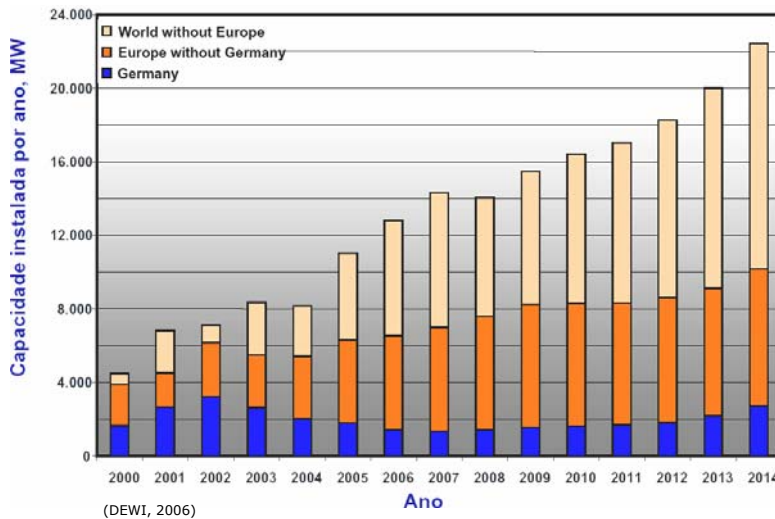
5% ao ano de crescimento até 2022 ⇒ **15GW**

CT Gás - Natal | OUT 2008

Perspectivas da Energia Eólica no Mundo – DEWI



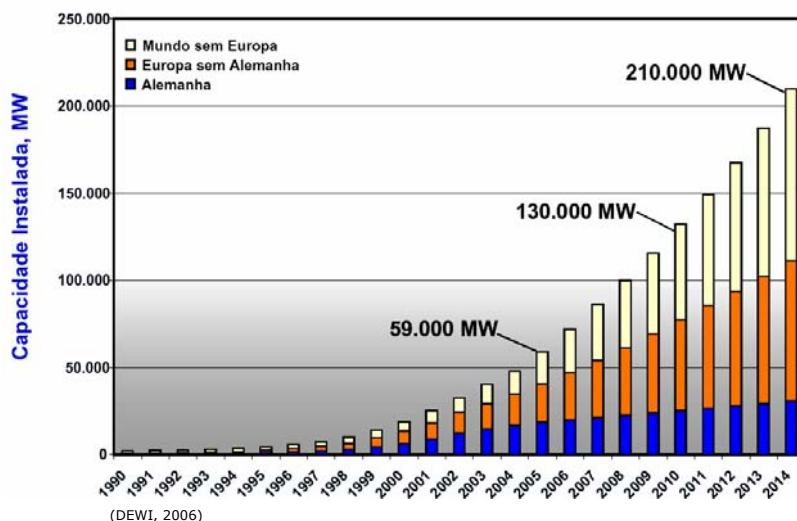
Evolução da Potência Instalada por Ano



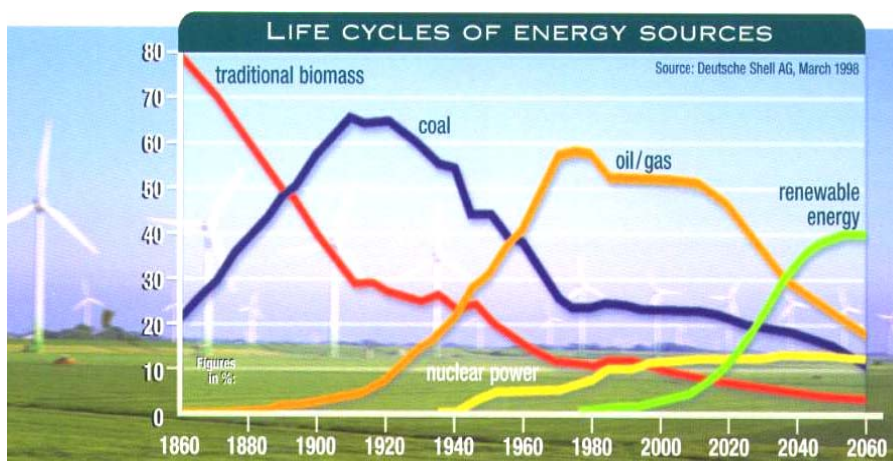
CT Gás - Natal | OUT 2008

Perspectivas da Energia Eólica no Mundo – DEWI

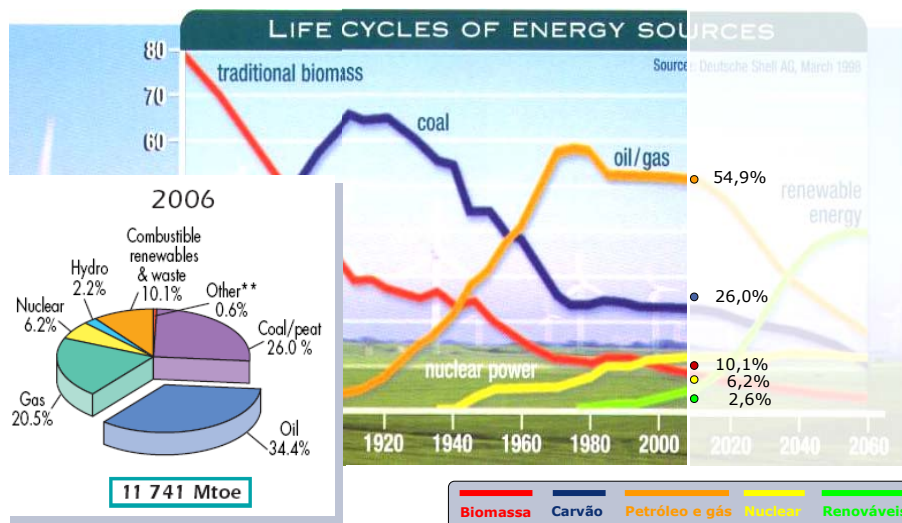
Evolução da Potência Instalada Acumulada



Perspectivas das Fontes Renováveis de Energia no Mundo



Perspectivas das Fontes Renováveis de Energia no Mundo



(Fonte: IEA, 2008)

CT Gás - Natal | OUT 2008

Sumário

- **Principais Parques Eólicos:**

- > Considerações Gerais
- > Potência Instalada e Localização

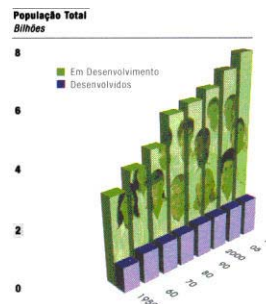
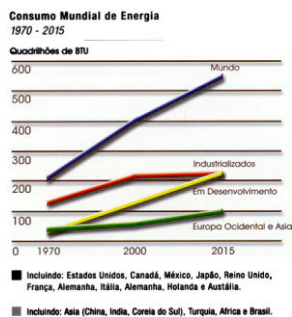
- **Projeções**

- > PNE 2030
- > Impacto Ambiental
- > Evolução Tecnológica
- > Potencial Eólico (50 x 100)
- > Produção de Aeroogeradores no Brasil
- > Expectativas (Crise: ameaça ou oportunidade?)

- **Conclusões**

CT Gás - Natal | OUT 2008

Uso da Energia: Tendência



FONTE: Informativo da Eletronuclear - agosto 2001

CT Gás - Natal | OUT 2008

Energia Eólica no Brasil

- **Perspectivas de crescimento e de ser alternativa viável 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 em face das novas tendências que se firmam no Brasil**

CT Gás - Natal | OUT 2008

Energia Eólica

- Os Valores Econômicos da geração eólica variaram no PROINFA de 245 a 277 R\$/MWh em setembro de 2008, 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.
- Espera-se que no leilão específico para fonte eólica os preços situem-se entre 185,00 a 200,00 R\$/MWh
- Se considerarmos o menor impacto ambiental, "estabilidade de preços do combustível", sua disponibilidade e complementariedade com fonte hidráulica, além de rapidez de instalação, mesmo nos níveis de preço atuais a energia eólica já é competitiva

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

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.

