



# Energia Eólica no Mundo: Perspectivas

**Audiência Pública:  
“Fontes Alternativas de Energia”**

Comissões de

Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e  
Fiscalização e Controle

Serviços de Infra-Estrutura

Relações Exteriores e Defesa Nacional

Adão Linhares Muniz, Presidente  
Everaldo Alencar Feitosa, Vice-Presidente  
Ivonce Campos, Diretora Executiva

Brasília, 17 de abril de 2007

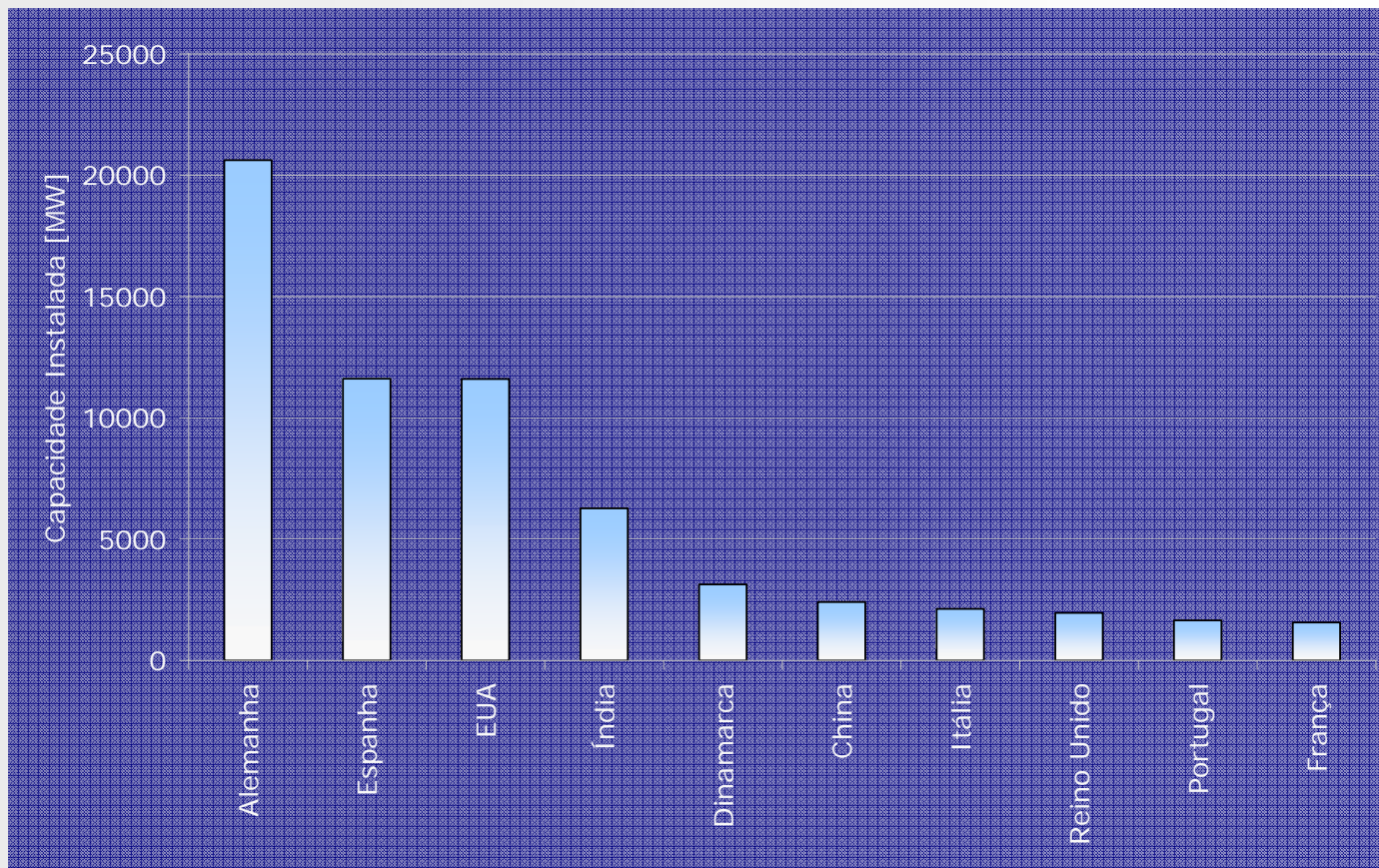


## 10 MAIORES EM CAPACIDADE INSTALADA NO MUNDO NO FINAL DE 2006

País	Capacidade adicional em 2006 [MW]	Capacidade instalada total [MW]
Alemanha	2194	20622
Espanha	1587	11615
EUA	2454	11603
Índia	1840	6270
Dinamarca	8	3136
China	1145	2405
Itália	405	2123
Reino Unido	610	1963
Portugal	628	1650
França	810	1567



## 10 MAIORES EM CAPACIDADE INSTALADA NO MUNDO NO FINAL DE 2006



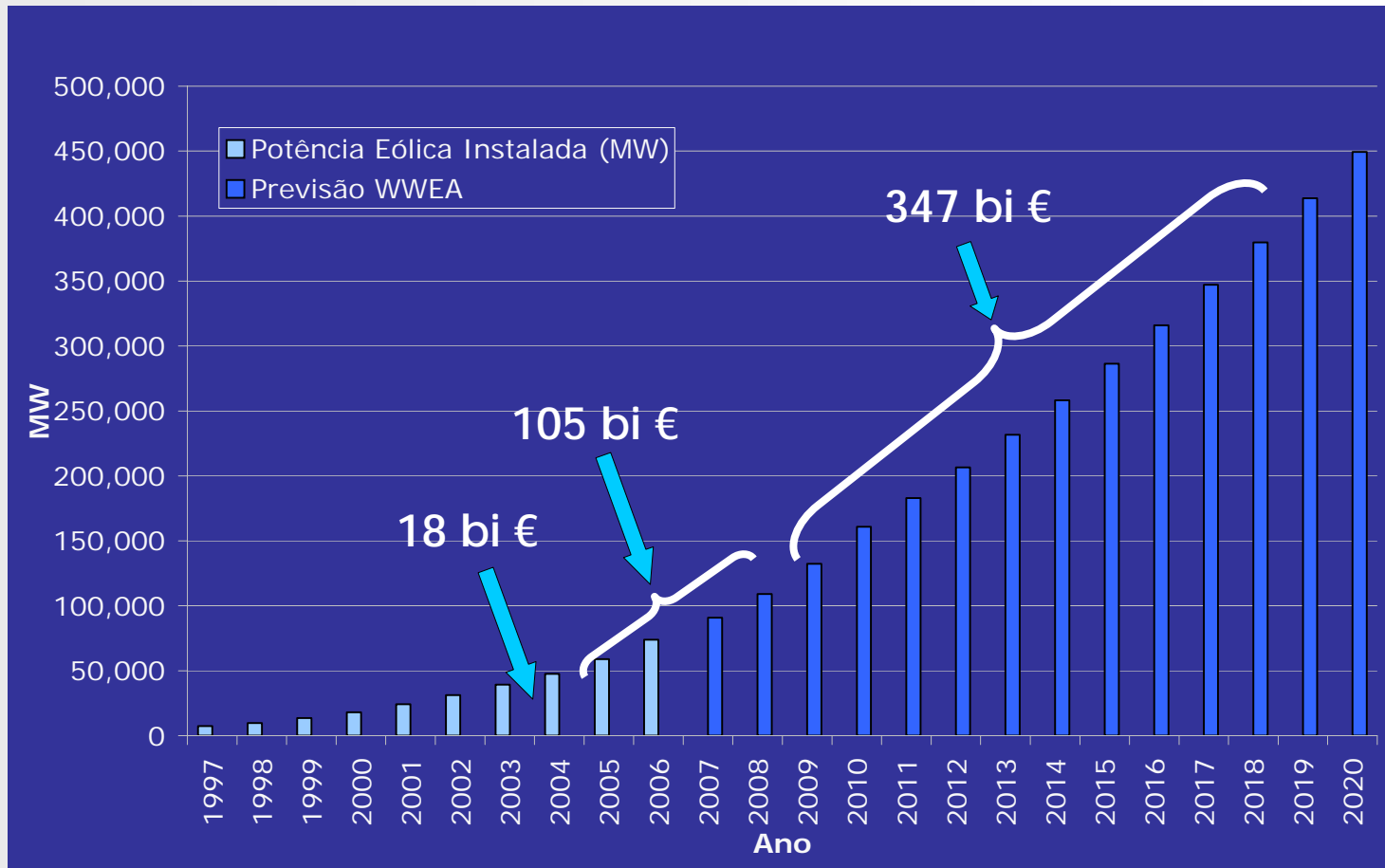


## 10 MAIORES EM CAPACIDADE INSTALADA NO MUNDO EM 2020





## POTÊNCIA EÓLICA INSTALADA NO MUNDO ATÉ 2020





## PERSPECTIVAS DO MERCADO - ENERGIA EÓLICA

	BRASIL	CHINA	ÍNDIA
Dez 2006	237 MW	2405 MW 1145 MW (em 2006)	6270 MW 1840 MW (em 2006)
Dez 2008	1452 MW	7000 MW	10000 MW
2020	???	30000 MW	30000 MW

20 novas empresas  
fabricantes de turbinas e  
componentes

Fator de capacidade médio  
22%  
50 000 empregos  
2000 MW/ano



## POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO

O Brasil é o quinto país do mundo e o maior da América Latina em área territorial, com 7.367 km de extensão litorânea – Oceano Atlântico. Os centros de consumo estão relativamente afastados do litoral, em distâncias entre 500 km e 1.000 km, concentrado na região Sudeste. Daí a importância do complexo indutor de mecanismos de mesoescala litorâneo, onde ocorrem brisas marinhas de variadas amplitudes diurnas e sazonais.

Potencial eólico do Brasil - Áreas estratégicas: litoral do Nordeste e do Sul: extremidades do Sistema Interligado Nacional (SIN)

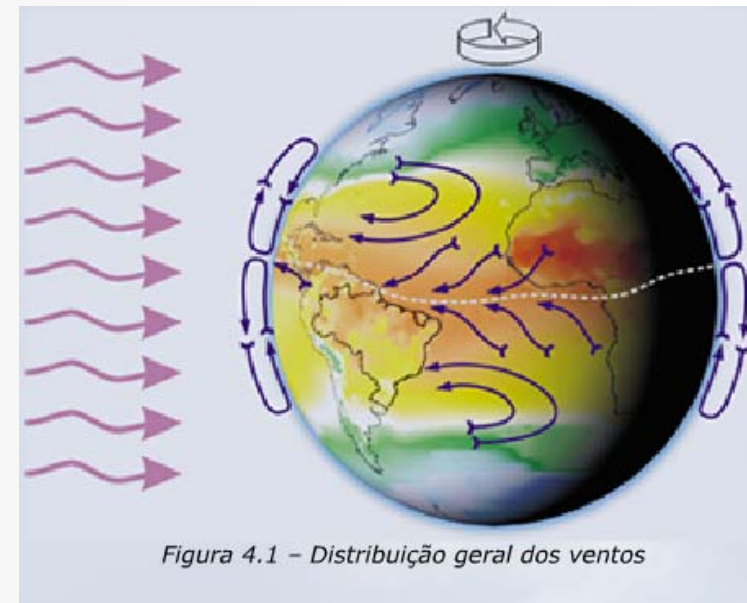
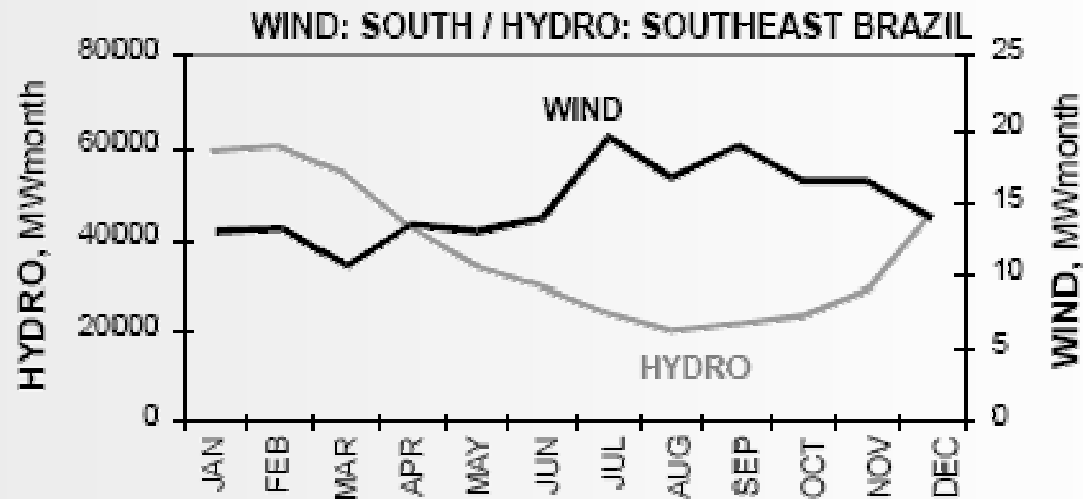


Figura 4.1 - Distribuição geral dos ventos



## CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS BRASILEIRAS

Brasil apresenta diferentes características climáticas se comparadas com a Europa. Chuvas com sazonalidade bem definida: estação seca de 4-5 meses (abril-setembro) e chuvosa (novembro-março). Complementaridade energética decorrente da sazonalidade dos ventos e da hidrolicidade.

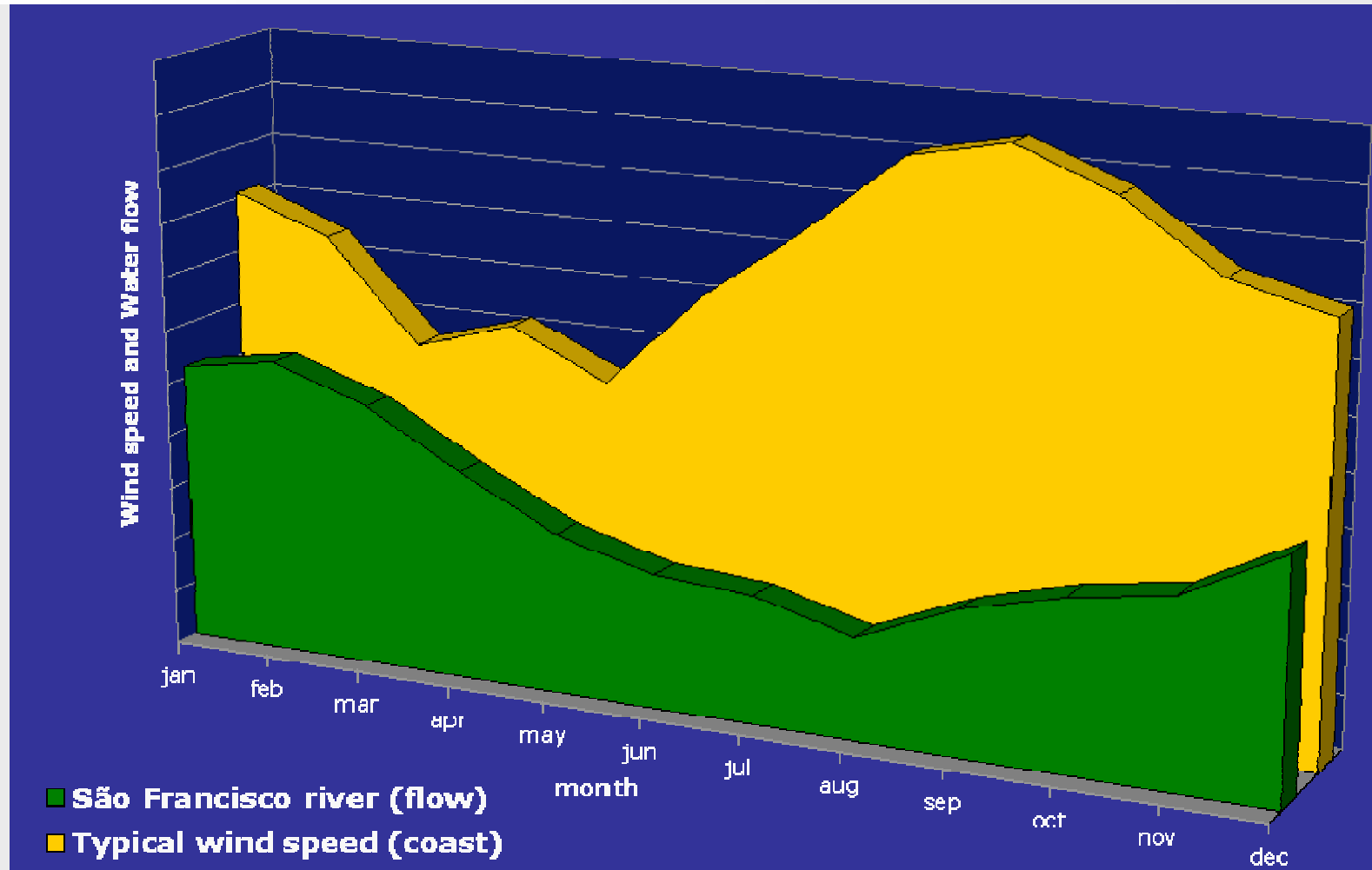


- Ventos disponíveis com ausência de chuvas.  
Reserva energética pela economia de água nos reservatórios.



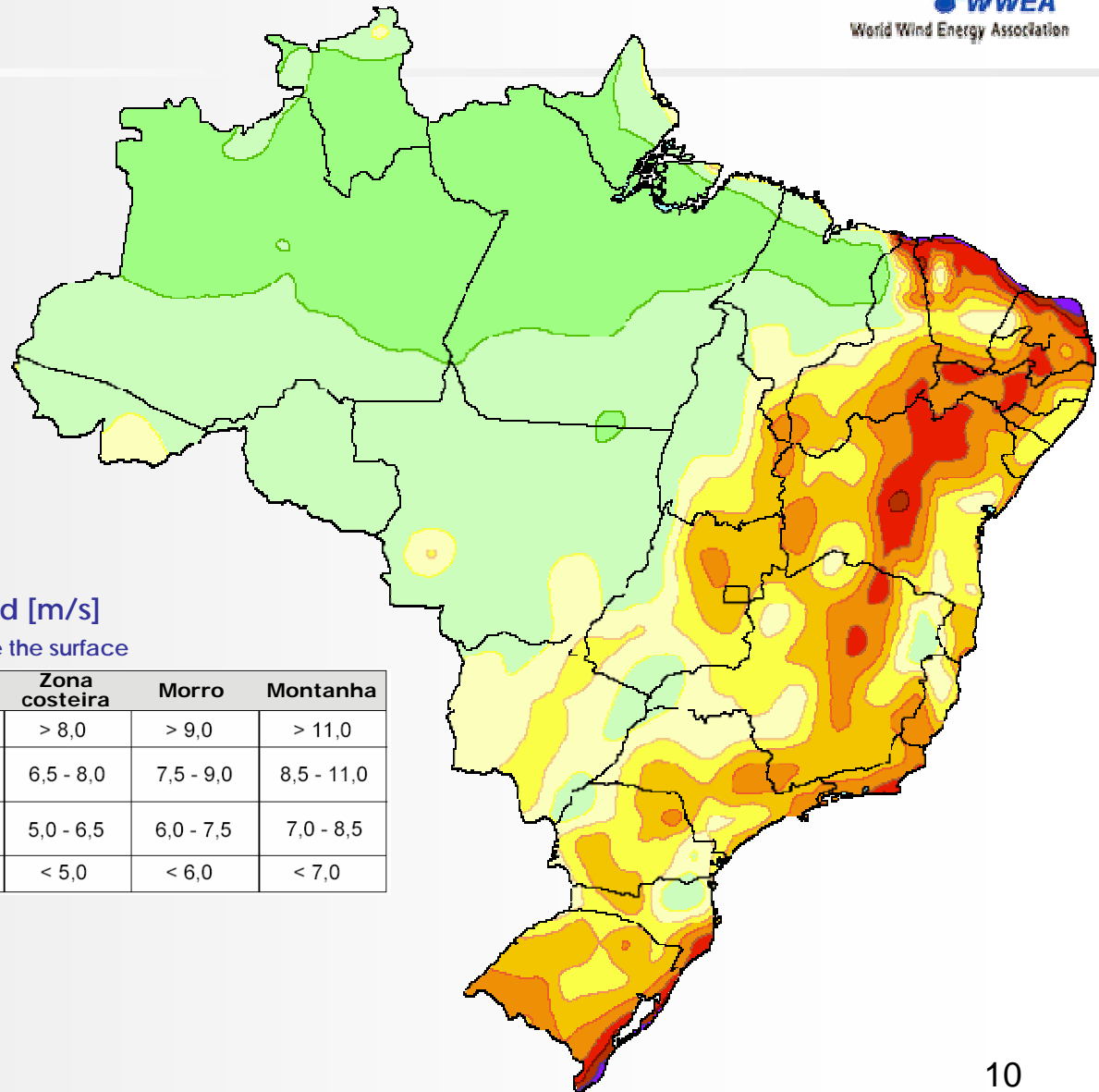


WIND ENERGY AND  
HYDROELECTRIC GENERATION





BRAZILIAN WIND ATLAS



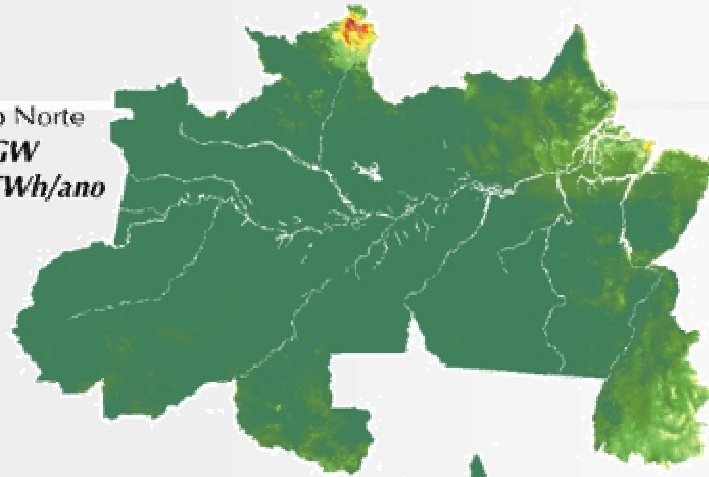
Wind speed [m/s]  
50 meters above the surface

		Mata	Campo aberto	Zona costeira	Morro	Montanha
CLASSE DE ENERGIA	<b>4</b>	> 6,0	> 7,0	> 8,0	> 9,0	> 11,0
	<b>3</b>	4,5 - 6,0	6,0 - 7,0	6,5 - 8,0	7,5 - 9,0	8,5 - 11,0
	<b>2</b>	3,0 - 4,5	4,5 - 6,0	5,0 - 6,5	6,0 - 7,5	7,0 - 8,5
	<b>1</b>	< 3,0	< 4,5	< 5,0	< 6,0	< 7,0

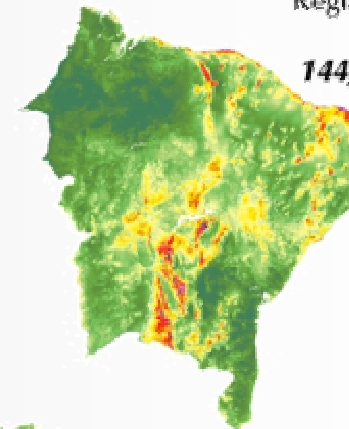


POTENCIAIS REGIONAIS

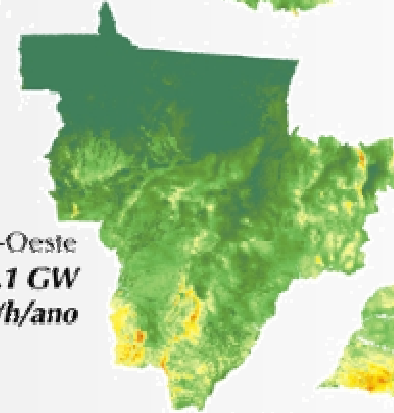
Região Norte  
**12,8 GW**  
**26,4 TWh/ano**



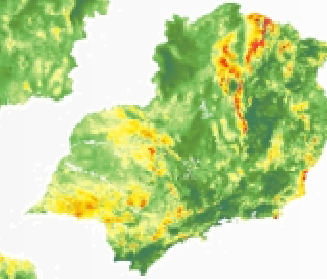
Região Nordeste  
**75,0 GW**  
**144,3 TWh/ano**



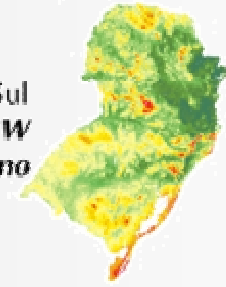
Região Centro-Oeste  
**3,1 GW**  
**5,4 TWh/ano**



Região Sudeste  
**29,7 GW**  
**54,9 TWh/ano**



Região Sul  
**22,8 GW**  
**41,1 TWh/ano**



VEL. OCIDADE MÉDIA ANUAL DO VENTO  
A 50 m DE ALTURA (m/s)

**BRASIL**  
**143,5 GW**  
**272,2 TWh/ano**



## LICENÇAS DE INSTALAÇÃO

### • Potencial Eólico Brasileiro

203,73 GW = 419,30 TWh/a

Considerando o potencial total dos ventos de 7 - 8,5 m/s

### Contratos PROINFA

1.400 MW aproximadamente 800 aerogeradores.

Prazo de instalação final 2.008.

Demanda de 3 a 4 fabricantes de aerogeradores, excluídas as possibilidades de exportação e aplicações fora do PROINFA.



## SUAS VANTAGENS



### Implementação global

Montagem simplificada, baixo custo de manutenção e estocagem de peças de reposição, operação em ilha e com sistema mais simples de conversão de frequência, permitem uma operação confiável em todas as regiões do mundo.

---

### Global implementation

Simple construction, low maintenance, low spare part storage costs, solitary positioning ability plus a simple grid frequency conversion enable profitable application throughout the world.



## TIPOS DE MERCADO

- Necessidade (Ex.: Dinamarca, 1975)
- Consciência (Ex.: Alemanha, 1990)

**2006 → Necessidade + Consciência**



## CONSCIENTE – ESQUEMA DE INCENTIVO

- Tax breaks – EUA
- Premium price – Alemanha, Espanha, Itália
- Competitive markets – Inglaterra, EUA



## ÍNDIA

- Falta de eletricidade
- Decisão política
- Medidas
  - Wheeling
  - Banking
  - Tax credits
- Cooperativas
- Relativamente baixos ventos
- Alto nível de produção doméstica



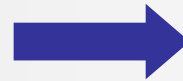


## NOVOS MERCADOS

- China
- Brasil
- Egito
- Norte da África
- África do Sul
- EUA
- Canadá
- Turquia

## PREÇO FIXO VERSUS LICITAÇÃO Pano de Fundo Político

SISTEMA DE  
PREÇO FIXO



PRIORIDADE PARA  
DESENVOLVIMENTO RURAL

- Dinamarca → Mais de 250.000 investidores (cooperativa de turbinas eólicas)
- Alemanha → Mais de 3.000 fazendeiros gerando eletricidade
- Espanha → Prioridade para uma legislação industrial – Empregos para fabricação e montagem de componentes local, desenvolvimento da indústria tecnológica de áreas específicas do país

Não há investimento melhor em áreas rurais, para desenvolvimento local, que projetos eólicos!!!!



## PREÇO FIXO VERSUS LICITAÇÃO Pano de Fundo Político

SISTEMA DE  
LICITAÇÃO



PRIORIDADE PARA TERRAS COM  
BONS VENTOS – GERALMENTE EM  
ÁREAS DE RESERVA

GB  
(Inglaterra,  
País de Gales, →  
Escócia)  
Holanda

Problemas com licença ambiental  
Problemas com bancos  
Problemas com comunidades locais!! (atitude de  
“não no meu quintal”)  
“Aperto no preço” não permite bons projetos!

Notas:

1. Uma quantidade substancial de dinheiro sem algumas garantias de sucesso
  - \$ > Quantificação de combustível (vento) - não aplicável para outros combustíveis
  - \$ > Projeto total de engenharia
  - \$ > Ambiental
  - \$ > Pacote financeiro
  - \$ > Baixo pagamento para garantias das máquinas
  - \$ > Riscos (variação anual do vento? Taxa de troca? PPA?)
2. Sem desenvolvimento industrial/tecnológico “ride a horse market”
3. Apenas trabalho em operação e manutenção



## PREÇO FIXO VERSUS LICITAÇÃO Pano de Fundo Político

Sistema Preço Fixo	de	Dinamarca	3631 MW
		Alemanha	20622 MW
		Espanha	11615 MW
		Índia	6270 MW
		Califórnia – USA	2361 MW*
		Texas – USA	2768 MW*
		Austrália (novo)	817 MW
		Canadá (novo)	1451 MW
		França (novo)	1488 MW

\* Renewable portfolio standard

Sistema Licitação	de	GB/Inglaterra	1963 MW
		França (antes de 2002)	79 MW
		Holanda	1219 MW
		Itália	2123 MW



## VALOR DA ENERGIA

Como Energia Eólica (capacidade < 5 MW) é inserida na rede local de eletricidade, ela tem um valor maior que a geração centralizada.

Este argumento implica na existência de um mercado local para energia eólica proporcionando economia nos custos fixos e variáveis da transmissão.

CEGB - Inglaterra



Geração local tem uma  
valorização da ordem de 20%



## FABRICANTES DE TURBINAS EÓLICAS

Década 70  
Década 80



Boeing, McDonnell Douglas  
(USA), British Aerospace, MBB

Desastre!!

Muita flexibilidade estrutural  
Alto custo  
Sofisticação excessiva

Década 80



Fabricantes de implementos agrícolas,  
arados, tanques (Dinamarca)

Sucesso!!

Baixa flexibilidade estrutural  
Baixo custo  
Simplicidade



## TURBINAS EÓLICAS MODERNAS SÃO MAIORES QUE UM BOEING 747

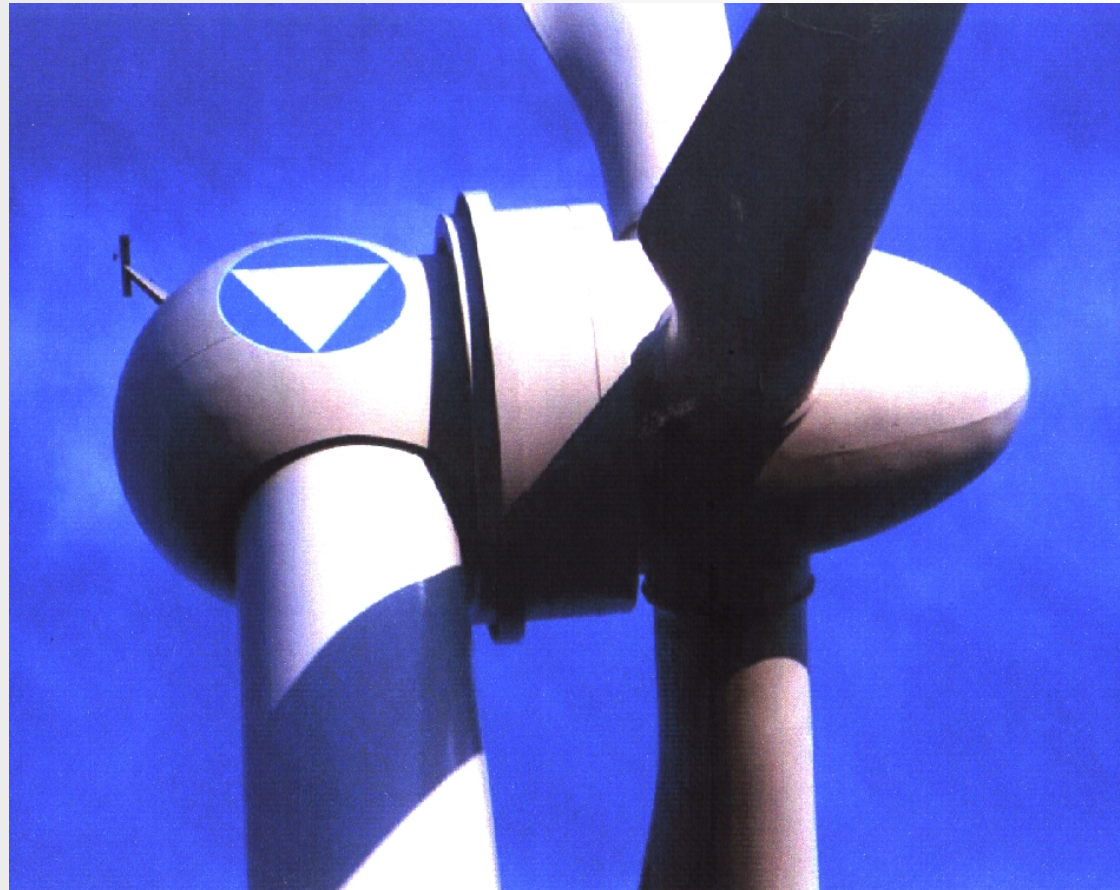






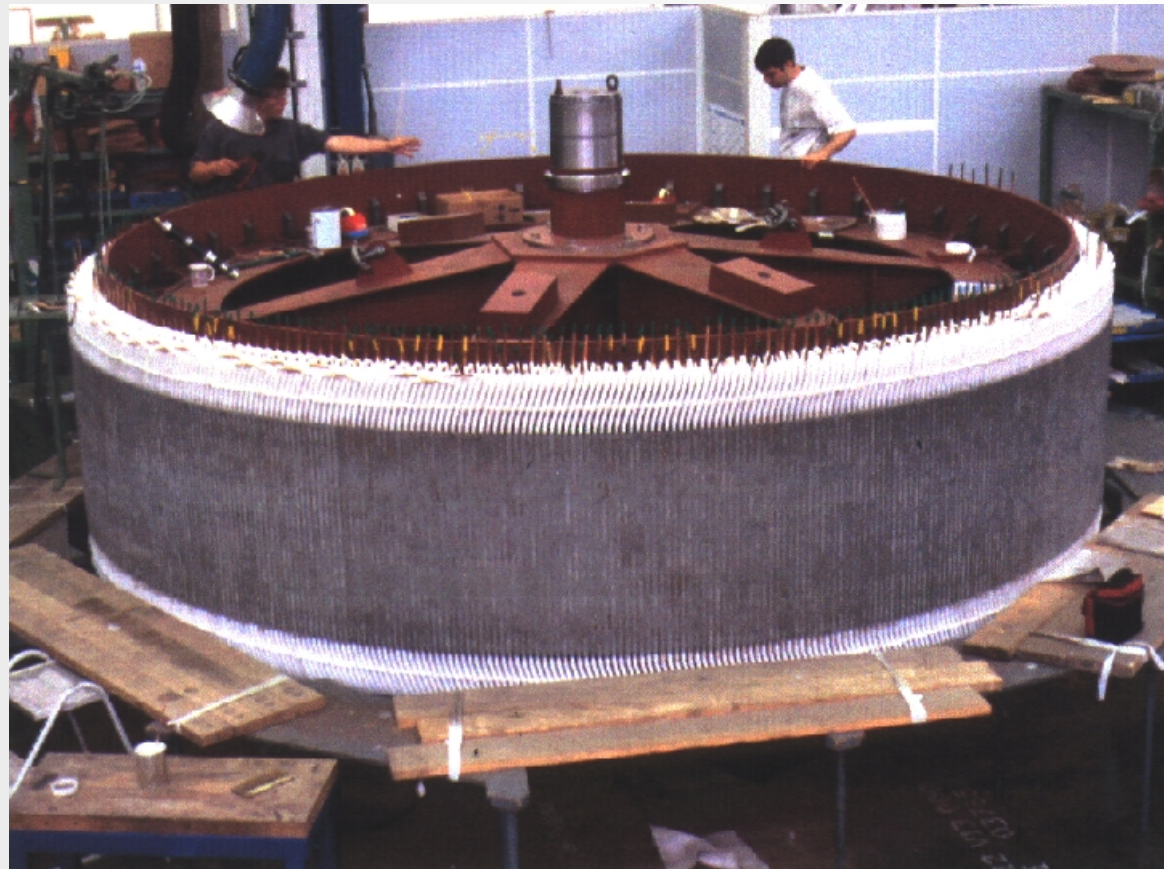


## MONTAGEM: AEROGERADOR





## GERADOR: MONTAGEM DO ESTATOR



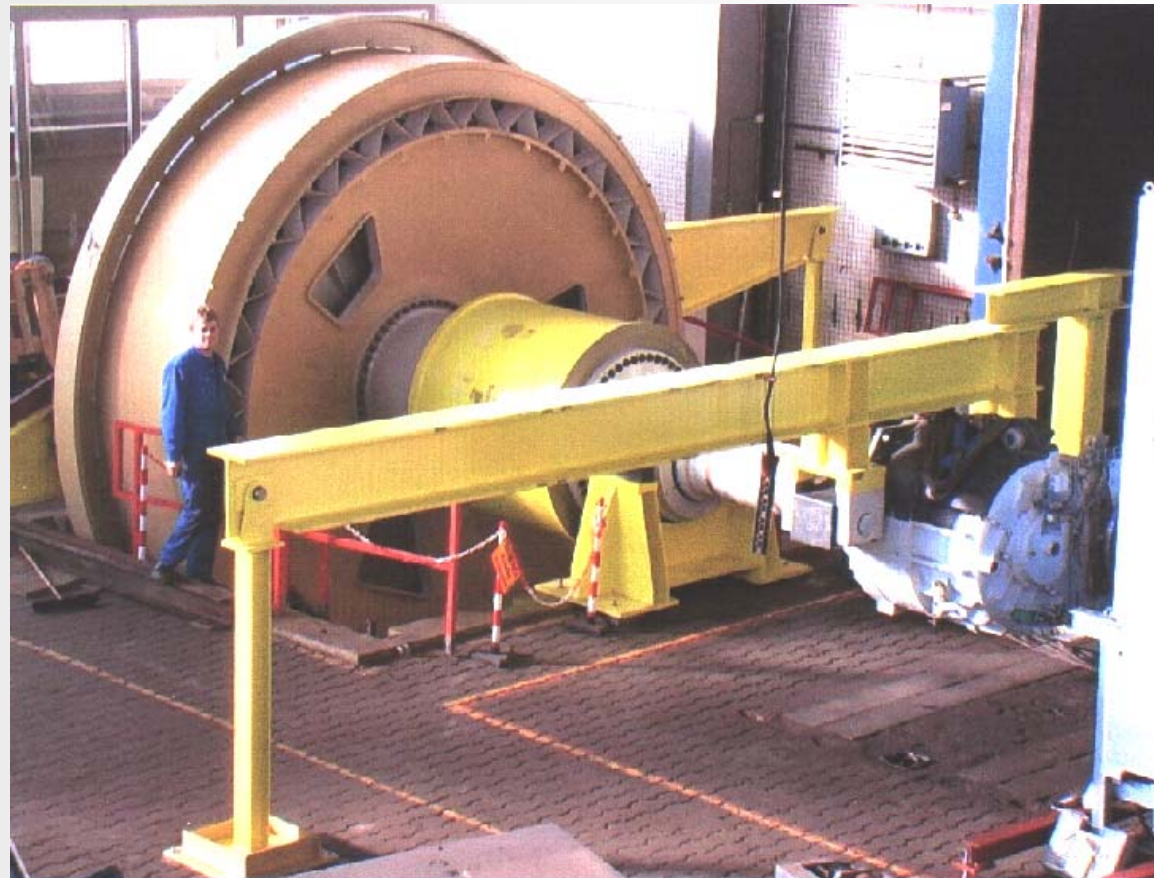


## GERADOR: MONTAGEM DO CONJUNTO





## GERADOR: TESTE DESEMPENHO EM BANCADA





## FUNDIDOS: CUBO ROTOR – BASE GÔNDOLA





## FUNDIDOS: CUBO ROTOR – EIXO – BUCHA



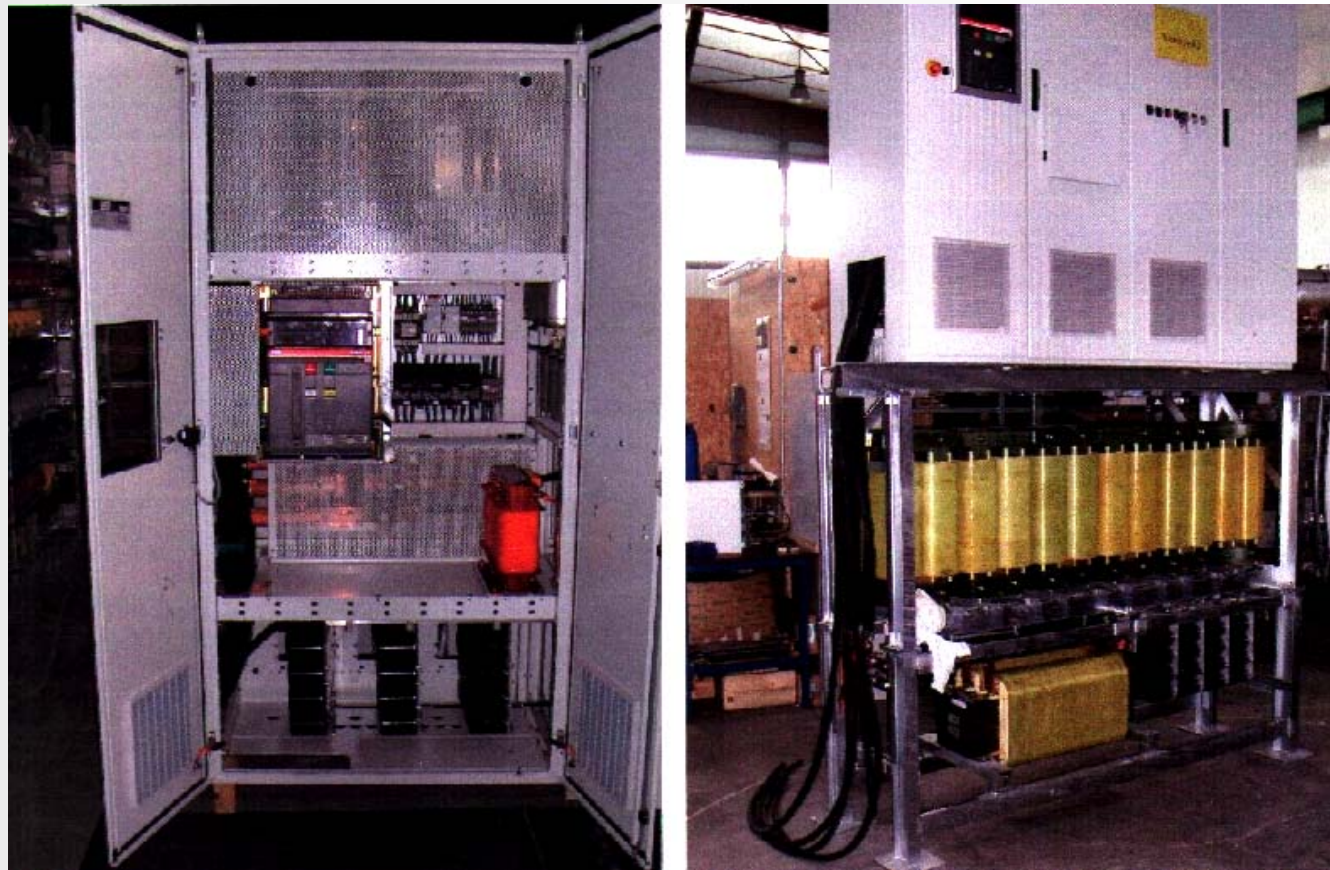


## GÔNDOLA: MONTAGEM





## ELÉTRICA: CONVERSOR DE FREQUÊNCIA – CAVALETE INDUTOR







## ELÉTRICA: TRANSFORMADOR A SECO





## MONTAGEM: BASE COM CAVALETE DA TORRE





## MONTAGEM: BASE – COMPONENTES ELÉTRICOS





## MONTAGEM: COMPONENTES DA TORRE





## MONTAGEM: PREPARAÇÃO DA GÔNDOLA





## MONTAGEM: PREPARAÇÃO DO GERADOR





## MONTAGEM: AEROGERADOR PARCIAL



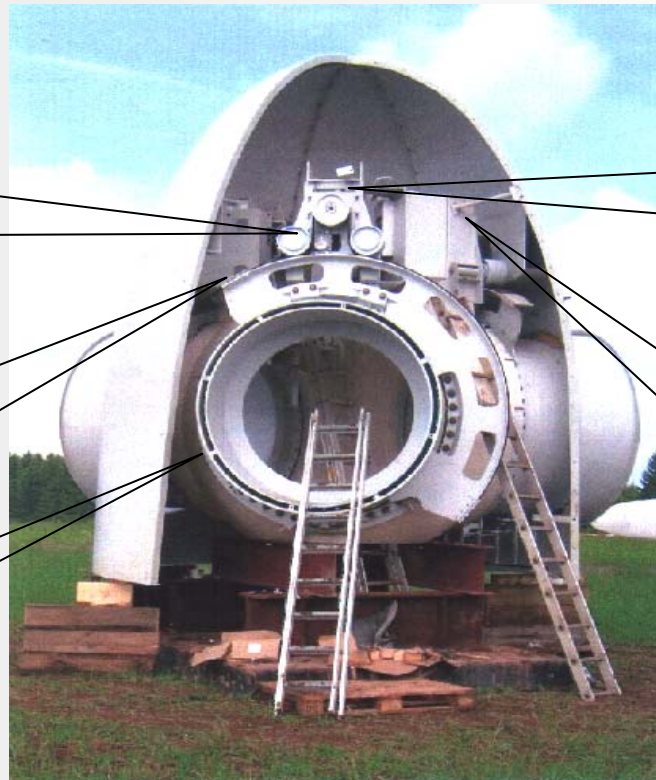


## MONTAGEM: PREPARAÇÃO DO CUBO DE SUPORE DO ROTOR

Dois  
esticadores da  
correia  
dentada

Fixação da correia  
dentada em cada  
extremidade

Flange de  
encaixe e  
fixação da pá



Acionador  
da correia  
dentada

Painel de controle,  
condensadores, um  
para cada sistema de  
acionamento de pá





## MONTAGEM: PREPARAÇÃO DO ROTOR COMPLETO





## MONTAGEM: PREPARAÇÃO DO ROTOR COMPLETO





## FABRICAÇÃO DE AEROGERADORES (INFRA-ESTRUTURA)

### Estrutura de fabricação - até 100 aerogeradores / ano

- Total de 270 empregos diretos e 30 sub-contratados.
- Capital necessário para instalação fábrica
  - US\$ 16,000,000.00
- Capital de giro necessário excluindo o custo da instalação da fábrica
  - US\$ 20,000,000.00

### Incentivos (variações de Estado para Estado)

Isenção de impostos

Incentivo de capital de giro



## FABRICAÇÃO DE AEROGERADORES (INFRA-ESTRUTURA)

### Faturamento projetado para demanda de até 180 MW / ano

- Faturamento anual bruto US\$ 190,000,000.00
  - US\$ 1,100.00/kW por máquina ( sem impostos )
  - US\$ 2,200,00 "Turn Key" por Aerogerador ( sem impostos

### Instalações

- Terreno com área mínima de 60.000 m<sup>2</sup>
- 5.000 a 7.500 m<sup>2</sup> área para fabricação + 900 m<sup>2</sup> área administrativa
- Pontes rolante, estufas, cabine de pintura, pátios de manobras, dispositivos



## FABRICAÇÃO DE AEROGERADORES (DEMANDAS ESTIMADAS ANUAIS)

- Fundidos com usinagem – 2.500 t
- Construção ( caldeiraria ) metálica pesada – 17.100 t
- Construção metálica de precisão com usinagem – 3.200 t
- Peças em fibra ( gôndola e capa rotor ) – 120 t
- Parafusos de alta/média resistência – 250 t
- Redutores planetários de posicionamento - 1.050 peças
- Transformadores – 120 unidades
- Rolamentos de giro – 600 unidades e outros
- Outros itens menores ( Chapa Silício, Bobinas de cobre etc. )
- Pás em fibra - 2.250 t
- Sistemas de freio



## CENTRAIS EÓLICAS

### **Grupo I - Máquina**

Aerogerador composto de gerador, gôndola, rotor completo, torre, sistemas de controle e transformador elevador.

### **Grupo II - Construção**

Estaqueamento, pátio de manobras para o posicionamento dos guindastes, acessos, fundações.

### **Grupo III - Logística**

Transporte nacional e internacional das unidades e de componentes incluindo os seguros necessários.

### **Grupo IV - Elétrica**

Linhas de transmissão, Subestação, By de entrada, automação.

### **Grupo V - Serviços**

Montagem, comissionamento para partida, guindastes. ( Içamento ) e lubrificantes.

### **Grupo VI - Garantias**

All Risks, deligenciamentos, supervisão, projeto geral, controle de qualidade, seguros, seguro de performance e garantias em geral.

### **Grupo VII - Impostos**

Nacionais e de Importação

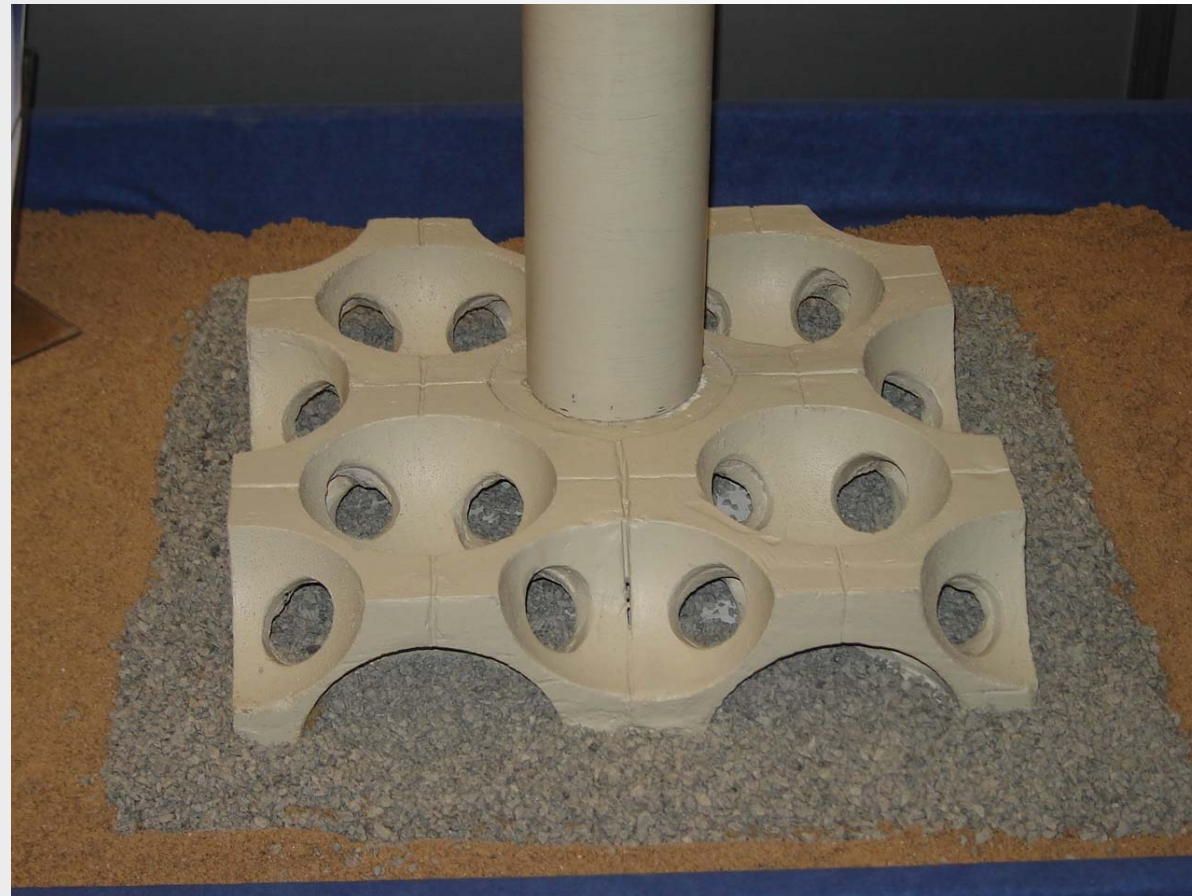


## MARÍTIMO





## MARÍTIMO



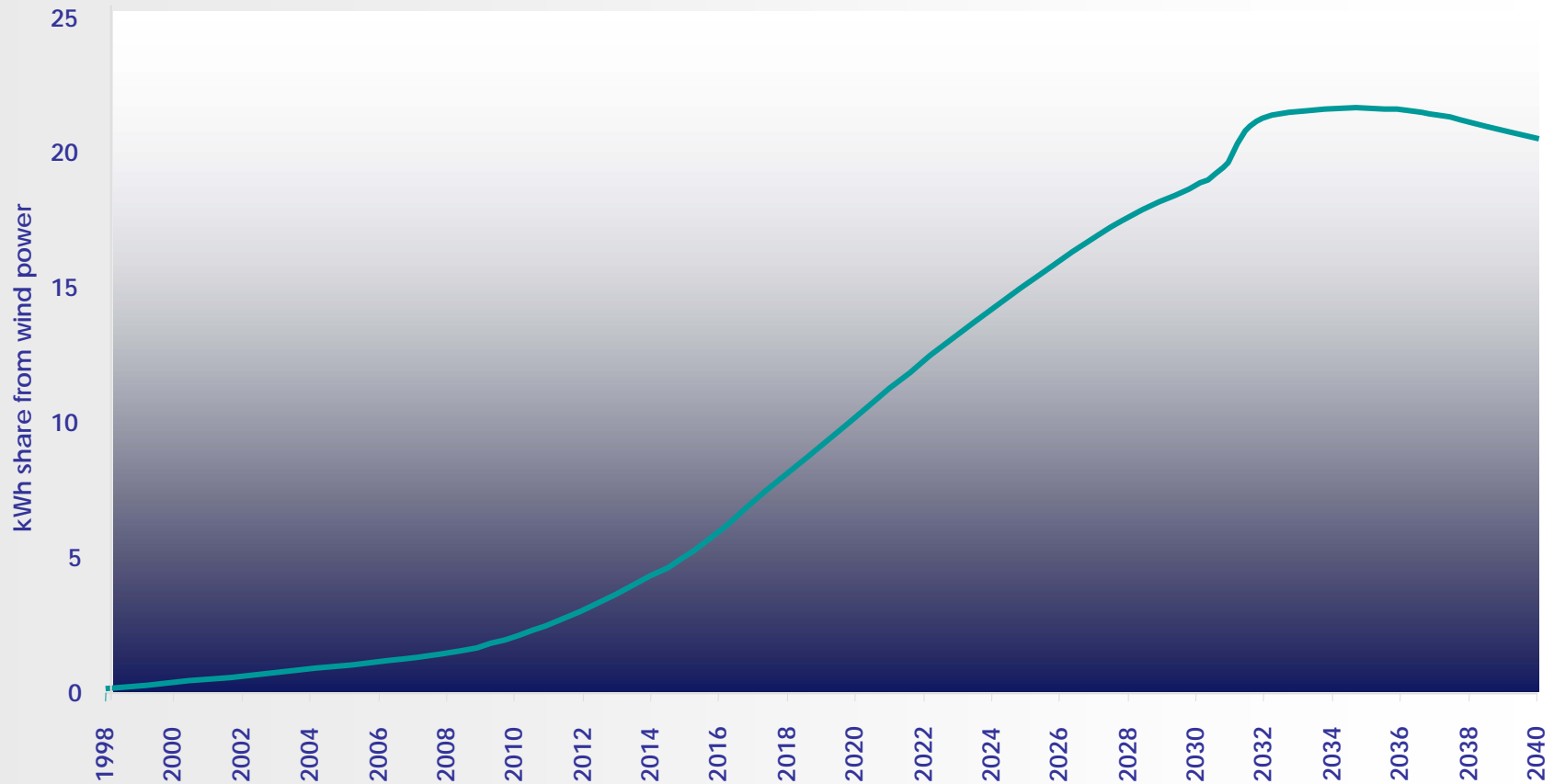




## PROJEÇÕES E PERSPECTIVAS



## PENETRATION CURVE (kWh) - % OF WORLD CONSUMPTION





## INDUSTRIAL DEVELOPMENT AND EMPLOYMENT

Major Areas of Job Creation:

- Component Manufacturing
- Machinery Assembly
- Construction and Grid Connection
- Wind Farm Operation
- Project Development
- Research and Development
- Approval and Certification
- Operation and Maintenance

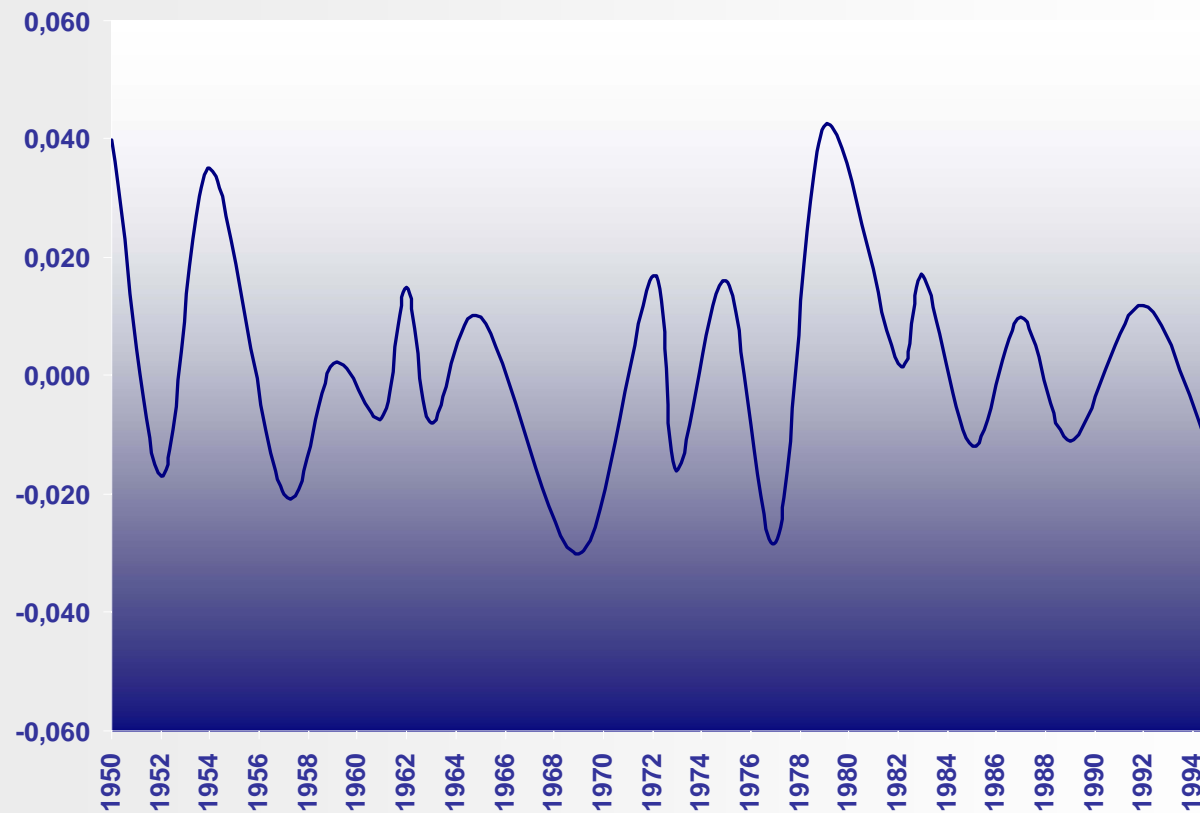
Total: **30,000 jobs (direct/indirect) created within only 10 years**



## POLÍTICA ENERGÉTICA

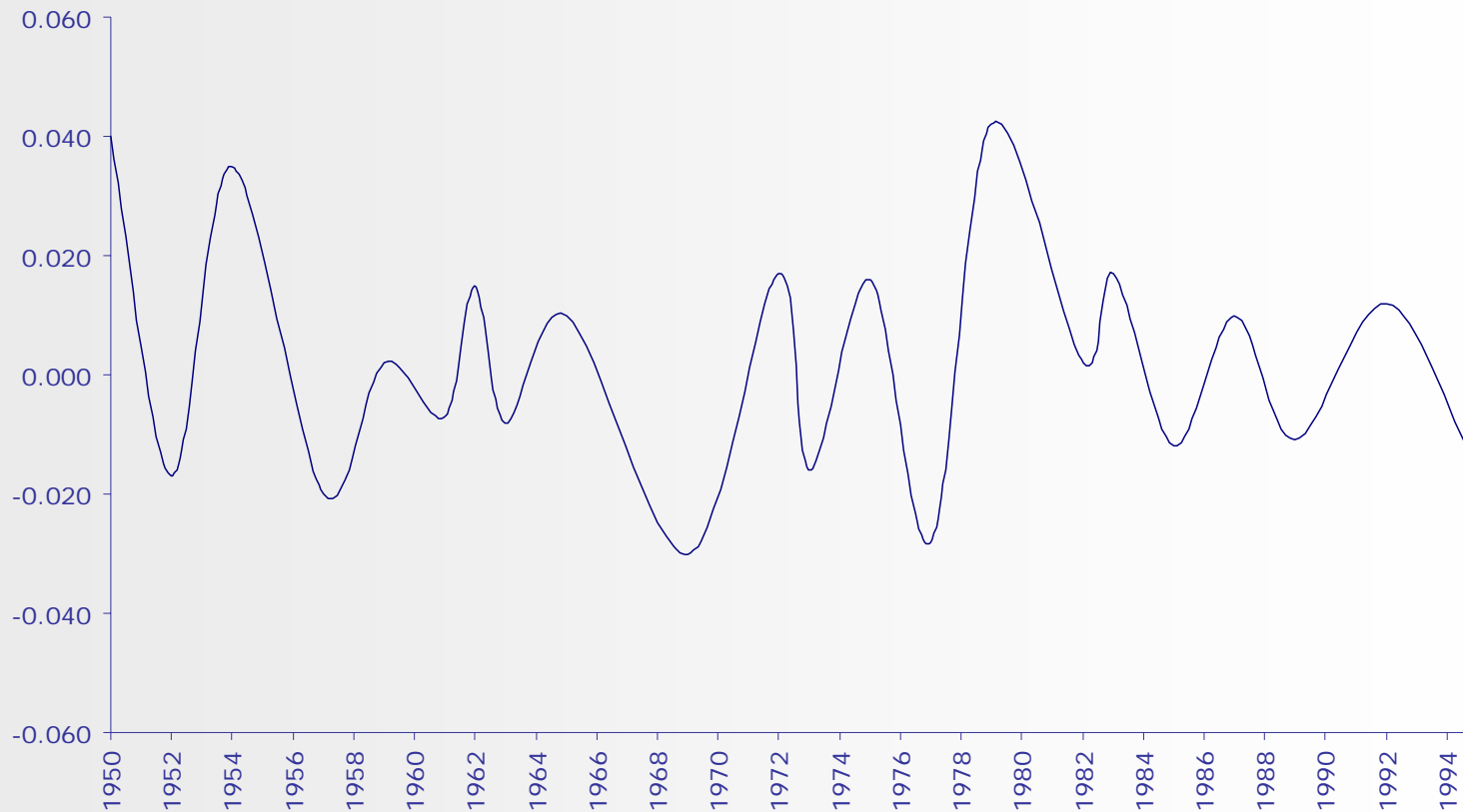


## CHANGE IN COAL MARKET SHARES (%)



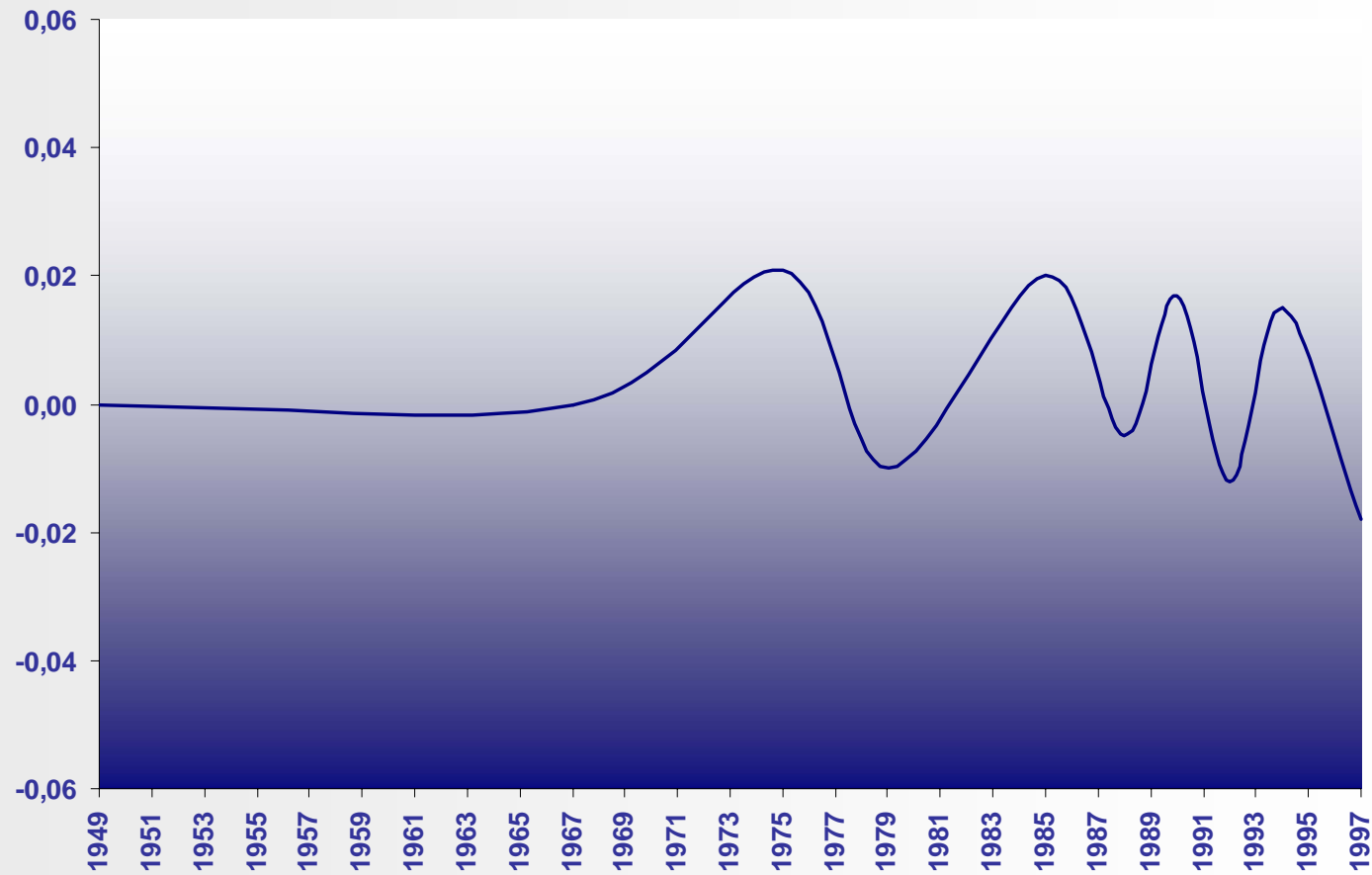


## CHANGE IN NATURAL GAS MARKET SHARES (%)



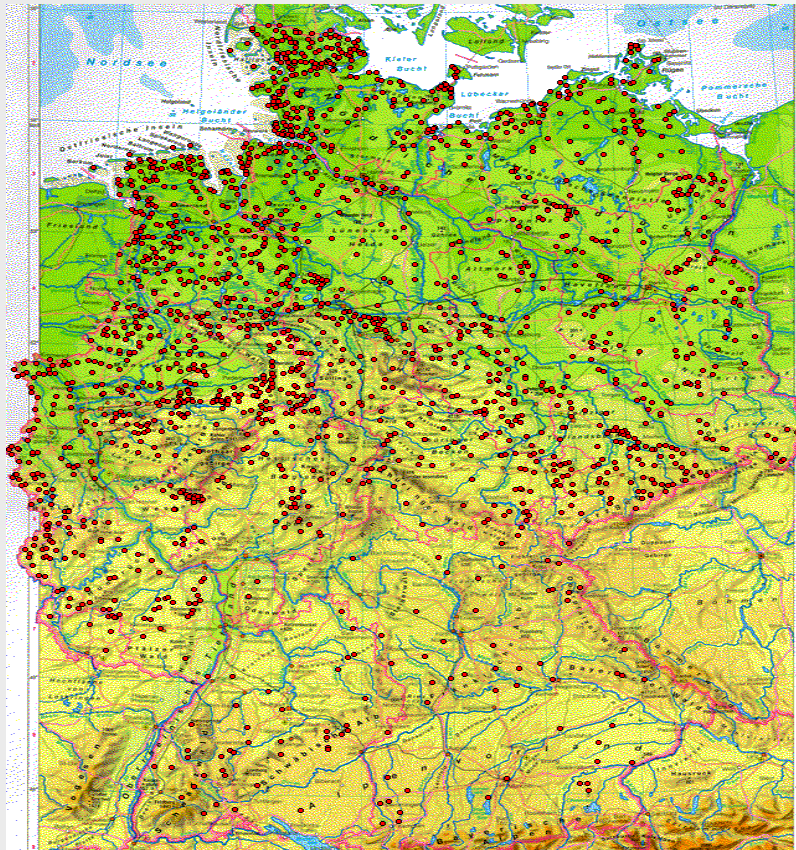


## CHANGE IN NUCLEAR MARKET SHARES (%)





## ENERGIA EÓLICA NA ALEMANHA



Capacidade Instalada  
**20 622 MW**





## ALEMANHA



3 744 Turbinas  
3 528 MW

26% da geração anual  
proveniente de Energia Eólica

Objetivo: Em 2011, **50%** da  
geração anual através de  
Energia Eólica



# DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O SETOR EÓLICO BRASILEIRO

## Propostas

### **1. PROINFA – Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia, Lei nº 11.438, de 29.12.2006.**

*- Garantia governamental de implementação da Fase II.*

### **2. Potencial Eólico Brasileiro – 173,2 GW – Nordeste 52%**

*- NE/S Ventos de melhor qualidade que a Europa e América*

*- Produtividade energética semelhante a geração hidrelétrica*

*- Complementaridade energética hidro-eólica, período seco tem-sê os melhores ventos, complementação da energia secundária excedente hidrelétrica*

### **3. Sustentabilidade Ambiental Local e Global para a Competitividade**

*- Avaliações técnicas da ABEE indicam que para 1.000 MW médios eólicos gerados no Nordeste podem ser reservados cerca de 124 bilhões de metros cúbicos de água na Bacia do São Francisco, no período seco de julho à novembro, firmando cerca de 353 MW médios de energia secundária hidrelétrica sem nenhum investimento público pelo lado da geração hidrelétrica e ainda evitando cerca de 12% de perdas de transmissão. Representa um acréscimo na oferta de energia firma a custo zero compensando o custo maior da eólica.*



## DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O SETOR EÓLICO BRASILEIRO

### Propostas

#### 4. Plano Nacional de Desenvolvimento Energético – PNDE 2030.

- Previsto apenas 4.700 MW de geração eólica, **desestímulo ao setor** (200 MW de potência eólica por ano), especialmente para atração de investidores para a fabricação de equipamento e partes de aerogeradores no Brasil.

#### 5. Portaria MME nº 31, de 15.2.2007

- Motivou o setor eólico apresentar projetos desenvolvidos que somam cerca de 1.785 MW, passíveis de serem concretizados em prazo de até 18 meses, alternativa de desenvolvimento energético capaz de minimizar o risco de abastecimento para os próximos três anos, trata-se de solução complementar, estrutural e não conjuntural.

- As condicionantes estabelecidas que indicam como teto para o preço da energia requerida o valor equivalente ao custo marginal de operação – CMO, modelo de contrato e o prazo de contratação de 15 anos, segundo o inciso II, do parágrafo 1º, da referida Portaria, apontam para a impossibilidade da participação dos investidores na contratação destes empreendimentos no leilão proposto, pois esta condição não oferece a viabilidade econômica necessária para remunerar os investimentos eólicos.

-Necessidade de ponderar e quantificar os benefícios da inserção eólica no Sistema Elétrico Brasileiro, por meio da consolidação de mecanismos de contratação e equiparação realista – índice de custo benefício para a geração eólica que afete o valor global da energia para o consumidor final.



Associação Brasileira  
de Energia Eólica



World Wind Energy Association



[www.wwindea.org](http://www.wwindea.org)  
[www.eolica.com.br](http://www.eolica.com.br)  
[ivonicecampos@gmail.com](mailto:ivonicecampos@gmail.com)  
(61) 9988-5417 – 3433-6999