

de saúde e prevenção, cursos de primeiros socorros, cursos de corte e costura, cursos de artesanato e empreendedorismo, tratamento odontológico, cursos de construção e manutenção de cisternas, cursos com foco em “Criança sem Abuso”, cursos e novos equipamentos para produtores de biscoitos e bolos de mandioca, cursos sobre hortas e pomares, reforma de conservatório musical, construção de museu arqueológico, dentre outros.

### Potencial Eólico

Em 2001, foi lançado o primeiro Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, que estimou em 143 GW o potencial nacional, considerando torres de até 50 m de altura. Com a expansão do setor, boa parte dos estados brasileiros está revendo o seu potencial, agora para torres de 120 m ou mais. Há a previsão de que o potencial chegue a 350 GW. Para o mundo há indicações de um potencial superior a 70.000 GW.

### Expansão Eólica no Brasil e Mundo

**Brasil:** o PDE2026, do MME, indica que a capacidade instalada eólica brasileira chega a 25,8 GW em 2026 (inclusive geração distribuída), respondendo por 12,5% da total. A Região Nordeste (NE) deverá ficar com 90% da capacidade eólica total.

Em 2026, a geração eólica do NE poderá responder por 46% da sua geração total. Somada a geração solar, o indicador passa a 51%. Estas fontes vão fazer do NE uma região exportadora de energia elétrica em 2026, situação diferente da atual, de quase 10% de déficit.

#### Demanda e Geração de Energia Elétrica no Nordeste (2016/2026)

Demanda e Oferta	2016	2026	%a.a.	% 2016	% 2026
<b>Demanda (TWh)</b>	<b>106,1</b>	<b>151,0</b>	<b>3,6</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
SIN (carga)	96,5	137,0	3,6	90,9	90,7
Autoprodução	9,7	14,0	3,8	9,1	9,3
<b>Geração (TWh)</b>	<b>96,2</b>	<b>176,4</b>	<b>6,3</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
Eólica e Solar	28,4	90,4	12,3	29,5	51,3
Outras	67,8	86,0	2,4	70,5	48,7
Déficit (+) e Superávit (-)	9,4	-16,8	<-Geração sobre a demanda (%)		

Fontes: PDE2026 e N3E/MME

**Mundo:** para o mundo, em 2050, um exercício do N3E/MME, com hipóteses de 15% de eólica (7.300 TWh) na geração total, e fator de capacidade de 32%, mostra que a capacidade instalada pode chegar a 2.600 GW, com expansão média anual de 75 GW entre 2040 e 2050.

#### Principais Incentivos no Brasil

<b>Isenção de ICMS:</b> Isenção, até 2021, do Imposto Sobre Circulação de Mercadorias (ICMS) para as operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica (Convênio Confaz 101/97 e aditivos).
<b>Isenção de IPI:</b> São imunes à incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados, a energia elétrica, derivados de petróleo, combustíveis e minerais (Decreto nº 7.212/2010)
<b>Desconto na TUST/TUSD:</b> Desconto de 80% na tarifa de uso do sistema de transmissão/distribuição (TUST/TUSD) para instalações com potência inferior a 30 MW (Resolução ANEEL 481/2012 e aditivos).
<b>Isenção na Geração Distribuída:</b> Isenção de ICMS sobre a energia que o próprio consumidor gerar (Convênios Confaz 16, 44, 52, 130 e 157 / 2015, firmados por vários estados). O ICMS incide somente sobre o excedente que o consumidor demandar da rede. O mesmo vale para PIS e Cofins, mas para todos os estados (Lei 13.169, de 06/10/2015).
<b>Programa “Mais Alimentos”:</b> Inclui, a partir de 11/2015, os equipamentos para produção de energia solar e eólica, o que possibilita financiamentos a juros mais baixos.

Departamento de Informações e Estudos Energéticos / SPE/MME

[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br) / [die.spe@mme.gov.br](mailto:die.spe@mme.gov.br)

(55 61) 2032 5967 / 2032 5764

## Energia Eólica no Brasil e Mundo

Ano de referência - 2016

Edição: 13/10/2017

### Origem do Vento

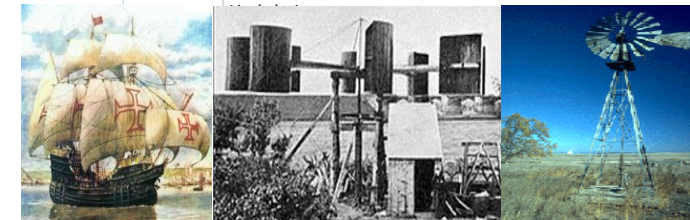
O vento é gerado pelo aquecimento não homogêneo da atmosfera, que é uma consequência das irregularidades da superfície terrestre (por exemplo terra versus mar), da rotação da terra (noite versus dia) e da forma quase esférica do nosso planeta. As massas de ar mais quentes sobem na atmosfera e geram zonas de baixa pressão junto à superfície da terra. Como consequência, massas de ar frio deslocam-se para essas zonas de baixa pressão e dão origem ao vento.

### O Homem e a Energia do Vento

Há vários séculos a força mecânica dos ventos vem sendo utilizada pelo homem, impulsionando velas acopladas a embarcações, a moinhos de grãos e a aparatos de bombeamento de água. O trabalho escravo e o de animais foi sendo complementado ou substituído pela energia do vento.

Alguns autores alegam ter descoberto os restos de um moinho de vento no Egito, próximo a Alexandria, com uma suposta idade de 3000 anos. Não há, contudo, nenhuma prova convincente de que os egípcios, fenícios, gregos ou romanos conhecessem, na verdade, os moinhos de vento. Aponta-se, também, a máquina pneumática e um aparato acionado pelo vento, por Heron de Alexandria, há cerca de 2000 anos, como as primeiras referências. Há, ainda, outras informações ditas mais confiáveis, de que os moinhos de vento surgiram na Pérsia por volta de 200 a. C. (antes de Cristo).

Na Idade Média (séculos V a XV), e no começo da Idade Contemporânea, a energia eólica foi utilizada pelos holandeses para drenar regiões alagadas, bem como pelos navegadores.



Caravela

Moinho de grãos

Bombeamento d'água

Ainda nos dias atuais, há em toda parte do mundo intensa utilização de cataventos para bombeamento de água, além da utilização de velas para movimentação de embarcações de pesca, de esporte, de turismo e de pesquisa.

O primeiro moinho de vento utilizado para a produção de energia elétrica foi construído na Escócia, em 1887, pelo professor James Blyth, do Colégio de Anderson, Glasgow, numa torre de 10 m de altura, instalado no jardim de sua casa, em Marykirk. A geração carregava acumuladores, que alimentavam a iluminação da casa de



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO  
DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÕES E ESTUDOS ENERGÉTICOS

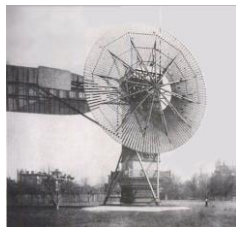
campo. O povo de Marykirk recusou a oferta de excedentes de Blyth, por pensarem que a eletricidade era "obra do diabo".

Apesar de outra experiência de Blyth para fornecer energia de emergência para o Lunatic Asylum local, o invento não evoluiu, por não ser economicamente viável.



Gerador eólico no navio "Chance" - 1902 - Nova Zelândia

Gerador eólico de Charles F. Brush USA, 1987/88, de 12 kW



Do outro lado do Atlântico, em Cleveland, Ohio (USA), um outro moinho de vento foi projetado e construído, entre 1887 e 1888, por Charles F. Brush. Foi construído por sua empresa de engenharia, em sua casa. Constava de um rotor de 17 m de diâmetro, com 144 lâminas, sobre uma torre de 18 m de altura, para uma potência de 12 kW. O dínamo, ligado, carregava um banco de baterias, que alimentava lâmpadas incandescentes e motores, no laboratório de Brush. A máquina caiu em desuso em 1900, quando a eletricidade tornou-se disponível a partir de estações centrais de Cleveland, e foi abandonada em 1908.

Em 1891, o cientista dinamarquês Poul la Cour também construiu um aerogerador, que foi usado para produzir hidrogênio por eletrólise, para ser armazenado e usado em experimentos, e para iluminar o High School Askov. Já em 1900, a Dinamarca contava com cerca de 2.500 moinhos de vento, usados para bombear água e moer grãos, produzindo um pico de potência combinada estimada em 30 MW.

No centro-oeste americano, até 1900, um grande número de pequenos moinhos de vento, estavam instalados em fazendas para operar bombas de irrigação. Empresas como a Star, Eclipse e Fairbanks-Morse tornaram-se famosas fornecedoras de aeromotores para a América do Norte e do Sul.



1ª turbina eólica do mundo acima de 1 MW - 1941  
Castleton, Vermonte / USA

Turbina eólica experimental em Nogent-le-Roi, França - operou entre 1958/62 (800 kW).



Em termos de aerogeradores de grande potência, somente em 1941 ocorreu a primeira experiência acima de 1 MW, conectado à rede de Vermont – USA (1.000 residências atendidas). O projeto de Palmer Cosslett Putnam foi fabricado pela S. Morgan Smith Company. Com turbina de 1,25 MW, movida por um sistema de duas pás, operou por pouco tempo devido a problemas de manutenção em tempo de guerra (Segunda Guerra Mundial).

Outras experiências com aerogeradores de maior potência ocorreram nas décadas de 50 e 60, como mostra a figura da direita acima (na França), contemplando 3 pás, característica das atuais usinas.

## Fornecedores de Equipamentos

O Brasil conta atualmente com 9 fabricantes de turbinas eólicas, com capacidade anual de produção de um pouco mais de 4.000 MW, distribuídos nos estados do CE, PE, BA, SP e SC. Há 4 fabricantes de pás, com capacidade anual de produzir acima de 10.000 unidades, nos estados do CE, PE e SP. Nas torres, há 12 fabricantes, com capacidade de produção de quase 2.500 unidades/ano, distribuídos nos estados do CE, RN, PE, BA, SP, PR e RS.

O conteúdo nacional médio dos equipamentos fica entre 50% e 70%, havendo metas de melhor performance para alguns componentes, estabelecidas pelo BNDES.

## Entraves e Soluções

**Logística:** testes com pás bi ou tripartidas vêm sendo feitos por alguns fabricantes no sentido de maior facilidade de transporte. No caso das torres, continuamente mais altas, a opção pelo uso de concreto protendido, em combinação com estrutura tubular ou treliçada de aço, tem diminuído o tamanho das peças transportadas.

**Licenciamento ambiental:** a resolução 462/2014, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), uniformizou as regras de licenciamento de usinas, eliminando as disparidades de exigências e critérios entre os órgãos estaduais. Além disso, a legislação permite o licenciamento prévio de complexos eólicos inteiros, em vez de licenciar cada parque separadamente, como era feito até então.

**Qualificação de mão-de-obra:** cursos de pequena e longa duração vêm sendo promovidos pelos empreendedores e por entidades de classe do setor. Parcerias com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) e com a Petrobras, têm garantido a capacitação de professores e a manutenção de laboratórios de cursos de operação e manutenção. As unidades do Senai do Ceará e do Rio Grande do Norte, ligadas ao CTGás (Centro de Tecnologias do Gás e de Energias Renováveis), são consideradas as mais preparadas para oferecer capacitação para o setor eólico.

## Inclusão Social nos Parques

Além das vantagens diretas da geração eólica – baixo impacto ambiental, redução das emissões de gases e rapidez na implantação –, há outras, de cunho social, que ficam claras com a expansão da fonte.

Como a maior parte dos parques fica em regiões carentes, com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), casos do semiárido baiano e do litoral cearense ou potiguar, a entrada de grandes grupos empresariais nessas localidades, com suas políticas de responsabilidade social e atendendo a medidas compensatórias incluídas nas licenças, está ajudando a impulsionar o desenvolvimento socioeconômico das comunidades.

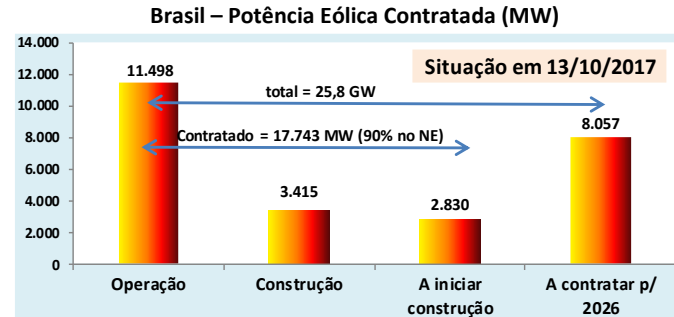
Tal desenvolvimento tem suporte na "Linha de Investimentos Sociais de Empresas (ISE)", do BNDES, cujo aporte é vinculado ao financiamento total do parque ou complexo eólico, e corresponde a 1% do total financiado.

Assim, várias ações estão em andamento, como: melhoramento genético de animais, pastos mais resistentes a pouca água, adaptação e reforma de barcos de pescadores, cursos profissionalizantes para artesãos de bordados, reforma e impermeabilização de açudes, cursos de educação ambiental e eficiência energética, cursos

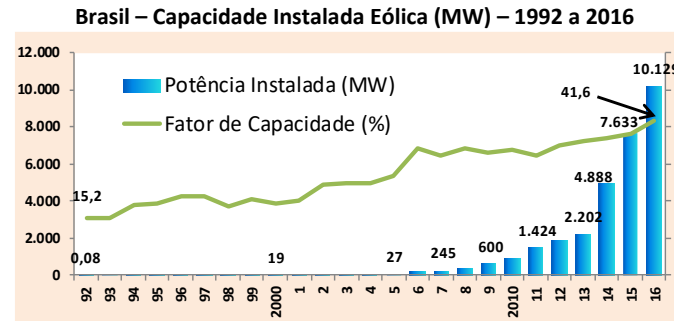
Montagem do Folder (etapa 1- pg 1, 2, 7 e 8)

- Dobrar o primeiro 1/3 da folha de rosto (pg1) até a linha à direita da pg 7
- Ir para a folha seguinte

Até 13/10/2017, estavam contratados 17,7 GW de potência eólica, dos quais, 11,5 GW em operação, 3,4 GW em construção, e 2,8 GW aptos para iniciar a construção. Para atingir os 25,8 GW em 2026, previstos no Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE2026, há que contratar, ainda, 8,1 GW.



Em 2006, começaram a entrar em operação os primeiros geradores contratados no Proinfa, e em 2011, os primeiros contratados no leilão de reserva de 2009.



O fator de capacidade do Brasil aumentou ao longo do tempo, a exemplo do que ocorreu no mundo, como resultado de aumentos sucessivos no porte das instalações, acompanhados de desenvolvimento tecnológico, além da escolha de melhores sítios.

**Brasil – Geração e Potência Instalada por Estado (2016)**

Estado	Geração (GWh)	Estrutura da Geração (%)	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade (%)	Expansão no Ano (MW)
RN	11.616	34,7	3.312	44,8	923
BA	6.295	18,8	1.750	46,5	532
RS	4.671	13,9	1.619	33,6	86
CE	4.956	14,8	1.539	39,8	304
PI	3.133	9,4	885	48,4	382
PE	2.238	6,7	648	46,8	269
SC	283	0,8	243	13,3	0
PB	163	0,5	69	27,0	-
SE	63	0,2	35	20,9	-
RJ	68	0,2	28	27,9	-
PR	3	0,0	3	15,4	-
<b>Brasil</b>	<b>33.489</b>	<b>100</b>	<b>10.129</b>	<b>41,6</b>	<b>2.496</b>

Em 2016, o Rio Grande do Norte apresentou a maior proporção na geração eólica brasileira, de 34,7%, seguido do Ceará (18,8%). No fator de capacidade, o Piauí teve o maior indicador (48,4%).

Resumidamente, do final do século 19 até 1970, os aerogeradores, a maioria de até 30 kW, foram comercialmente difundidos para aplicação quase que exclusiva em fazendas isoladas. Quando a rede elétrica de geração centralizada chegava, os aerogeradores entravam em desuso e paulatinamente eram abandonados.

Aerogeradores de maior porte, de até 200 kW, foram comercializados em menor escala, principalmente a partir de 1930, e com alguns casos de aplicação centralizada em redes de distribuição.

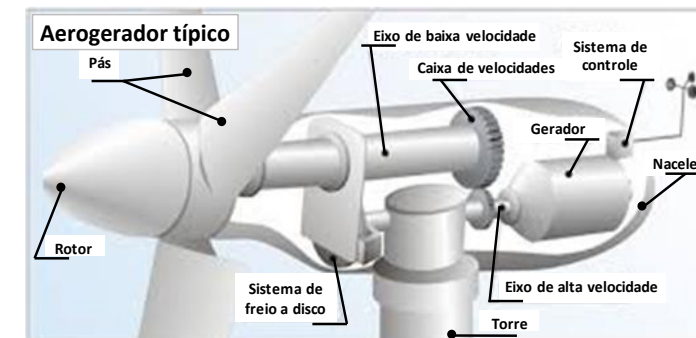
## Choques do Petróleo

Com o advento do 1º grande aumento internacional do preço do petróleo, ocorrido em 1973 (de US\$ 3 para US\$ 12, o barril), os Estados Unidos, de 1974 até meados dos anos 1980, colocaram em prática, com a NASA, um programa que desenvolveu 13 diferentes projetos de turbinas eólicas, objetivando escala comercial. Foi um programa pioneiro em pesquisa e desenvolvimento para muitas das tecnologias de turbinas multi-megawatt em uso hoje, incluindo torres de tubos de aço, geradores de velocidade variável, materiais de lâminas compostas, controle de pitch-span parcial, bem como projetos de engenharia aerodinâmica, estrutural e acústica.

Em 1987, o MOD-5B foi a maior turbina eólica única que funcionou no mundo, com um diâmetro de rotor de cerca de 100 metros e uma potência nominal de 3,2 megawatts. O preço do petróleo ainda passou por mais um grande aumento em 1979, de US\$ 12 para US\$ 40, mas, quando iniciou processo de queda a partir de 1986, recuando quase 70%, muitos dos fabricantes de turbinas, de grande e pequeno porte, deixaram o negócio.

## Os Atuais Aerogeradores

O início do século 21 foi marcado pela escalada crescente de aumentos nos preços do petróleo (passando de US\$ 100 o barril), o que motivou, em aderência com as questões de aquecimento global do planeta, uma forte expansão na geração eólica centralizada.



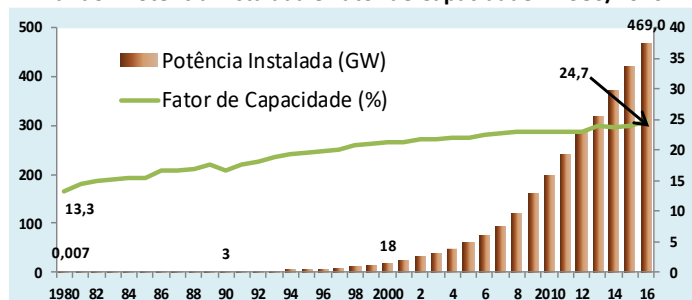
No atual contexto tecnológico, os parques *offshore*, no exterior, já apresentam turbinas com potência entre 5 MW e 7 MW, com consequentes benefícios futuros para os projetos *onshore*. No Brasil, os parques *onshore* atuais são montados com turbinas de 3 MW, sobre torres de 100 m de altura ou mais. Há 10 anos, as turbinas eram de 1,5 MW, montadas em torres de 50 m. Já se estuda a construção de um aerogerador 100% nacional, com 3,3 MW.

Na Europa há pesquisas para máquinas *offshore*, com turbinas de 20 MW, o que exigirá novos materiais leves e resistentes, alternativas para os ímãs de terras raras, e novas soluções para torres que podem passar de 200 m de altura.

### Potência Instalada Mundial

As informações disponíveis de capacidade instalada de geração eólica no mundo remontam somente ao ano de 1980, com o montante de 7 MW. Entre 2000 e 2016, a taxa média de crescimento foi de 23,8% ao ano. O acréscimo de 50,2 GW de potência eólica, em 2016, repondeu por 23% da expansão mundial de toda as fontes (55% com a solar).

Mundo - Potência Instalada e Fator de Capacidade – 1980/2016



O fator de capacidade (FC) vem aumentando significativamente, em razão dos avanços tecnológicos em materiais e porte das instalações, o que permite melhor aproveitamento dos ventos.

A participação da geração eólica na geração total mundial, que era praticamente nula em 1980, em 2016 já atinge 3,9% (2,7% em 2013). A China apresenta a maior participação na geração eólica mundial de 2016, de 25,1%, superando os Estados Unidos, o 1º em 2015. A Dinamarca foi pioneira na geração eólica (100% em 1980).

Mundo – Geração Eólica por País (%) e TWh

País	1980	1990	2000	2010	2013	2014	2015	2016
China	-	0,1	1,9	13,1	21,9	22,0	22,4	25,1
Estados Unidos	-	77,5	17,9	28,0	26,3	25,9	23,3	23,8
Alemanha	-	2,0	30,2	11,1	8,0	8,1	9,6	8,1
Espanha	-	0,4	15,0	12,9	8,4	7,3	6,0	5,1
Índia	-	0,8	5,0	5,8	5,2	4,7	4,0	4,7
Reino Unido	-	0,2	3,0	3,0	4,4	4,5	4,9	3,9
Brasil	-	-	0,0	0,7	1,0	1,7	2,6	3,5
Canadá	-	0,1	0,8	2,5	2,6	2,9	3,0	2,8
França	-	0,0	0,2	2,8	2,5	2,4	2,5	2,2
Itália	-	0,1	1,8	2,7	2,3	2,1	1,8	1,8
Turquia	-	-	0,1	0,9	1,2	1,2	1,4	1,7
Outros	100,0	18,9	24,0	16,6	16,2	17,1	18,6	17,3
Mundo (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Mundo (TWh)	0,011	3,6	31,5	341,4	644,4	709,3	828,0	959,5
%/total*	-	0,0	0,2	1,6	2,8	3,0	3,4	3,9

\* % sobre a geração mundial de energia elétrica

Dos 20 maiores geradores de eólica, a Dinamarca apresenta a maior proporção de geração eólica em relação à sua geração total, de expressivos 42,5%, seguida de Portugal (22,1%), e Espanha (18%).

O Brasil, em 2016, foi o 7º país em geração (10º em 2014 e 15º em 2013), o 5º na expansão de potência (2,5 GW), e o 1º em fator de capacidade (41,6%), este último superando o mundial em 68%.

Mundo - Potência Instalada e Geração por País (2016)

País	Geração (TWh)	% do Total Gerado no País	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade (%)	Expansão no Ano (MW)
China	241,0	4,0	148.640	20	19.300
Estados Unidos	228,8	5,3	82.453	33	8.193
Alemanha	77,4	12,0	49.534	19	4.993
Espanha	48,9	18,0	23.026	24	38
Índia	44,8	3,0	28.700	19	3.612
Reino Unido	37,5	11,2	15.695	29	1.404
Brasil	33,5	5,8	10.129	42	2.496
Canadá	27,2	4,2	11.890	27	681
França	20,7	3,8	11.670	21	1.346
Itália	17,6	6,2	9.257	22	120
Turquia	16,5	6,0	5.376	37	873
Suécia	15,1	9,8	6.618	27	490
Austrália	13,2	5,1	4.576	33	140
Dinamarca	12,8	42,5	5.133	29	167
Polônia	12,6	7,6	5.831	26	682
Portugal	12,5	22,1	5.005	29	235
México	10,6	3,3	3.678	35	454
Holanda	7,9	6,9	4.191	24	789
Japão	7,1	0,7	3.280	25	196
Romênia	6,7	9,9	3.037	25	52
Outros	67,1	1,0	31.271	27	3.983
Total	959,5	3,9	468.989	24,7	50.244
%/total*		3,9		7,3	23,4

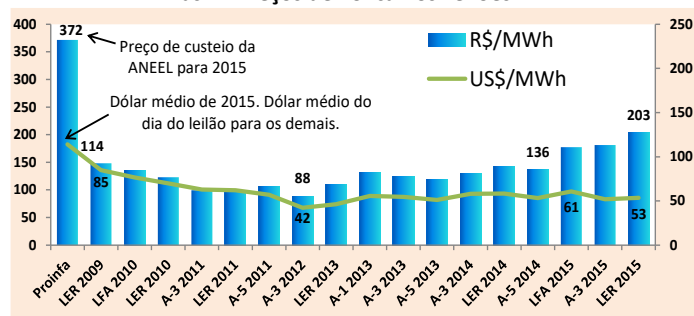
\* % da eólica sobre os totais mundiais

### Potência Instalada no Brasil

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (Proinfa) foi o ponto de partida do setor eólico nacional, ao contratar em 2004 um pouco mais de 1,4 GW de potência (54 usinas). Na época, era a mais cara e a menos desenvolvida das três fontes incentivadas, superando as térmicas a biomassa e as pequenas centrais hidrelétricas. Para 2015, a ANEEL estipulou o preço médio de custeio de 372 R\$/MWh, para a eólica do Proinfa.

O catalisador da forte expansão eólica foi o primeiro leilão exclusivo, em 2009, que iniciou a fase competitiva, na qual o parque mais eficiente e barato era o ganhador. Imediatamente os preços recuaram, atingindo, em 2012, o seu menor valor. Em 2013 e 2014 houve pequena recuperação. Em 2015, em razão da desvalorização do Real, os preços passam a subir significativamente, mas mantendo uma trajetória quase constante nos valores em US\$/MWh.

Brasil – Preços de Eólica nos Leilões



Montagem do Folder (etapa 2 pg 3, 4, 5 e 6)

- a) Dobrar o primeiro 1/3 da folha (pg 3) até a linha à direita da pg 5
- b) Encaixar esta folha dobrada no interior da primeira
- c) Grampear na dobra da encadernação, a 3 cm das bordas
- d) Cortar nas linhas pontilhadas, para eliminar partes em branco

Instruções para imprimir o folder:

- a) Impressora colorida
- b) Nenhum para dimensionamento de pgs
- c) Imprimir nos dois lados
- d) Dobrar na borda horizontal
- e) Clicar em Sim para mensagem de margem

