

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: melhoria genética 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 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

O atual Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE2023, do MME, indica que a capacidade instalada eólica brasileira chega a 22,4 GW em 2023, respondendo por 11,7% da total e a uma expansão média anual de 2 GW.

Para o mundo, em 2050, um exercício do N3E/MME, com hipóteses de 15% de eólica 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.

Incentivos no Brasil

O Brasil dispõe de alguns incentivos para fontes alternativas. Entre eles, há o convênio Confaz 101/97, que isenta do ICMS as operações com equipamentos e componentes de aproveitamento da energia solar e eólica, vigente até 2021. E também as portarias 274 e 310, que prevêem a suspensão de PIS/Confins sobre projetos de infraestrutura.

Nas tarifas de transmissão e distribuição, a Lei 10.762/2003, regulamentada pela Resolução Normativa 77/2004 da ANEEL, permite desconto de 50% para empreendimentos de geração por PCH, biomassa, solar e eólica.

Na área de financiamento também há a incentivadora linha do Fname, mas com exigências rigorosas na nacionalização de equipamentos.

O Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), através do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), estuda a construção de um Centro de Pesquisa em Fontes Alternativas, para desenvolvimento tecnológico e testes de equipamentos, com foco inicial para a eólica.



Núcleo de Estudos Estratégicos de Energia - SPE/MME

www.mme.gov.br / n3e@mme.gov.br

(55 61) 2032 5967 / 2032 576

Energia Eólica no Brasil e Mundo

Edição: 22/12/2014

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

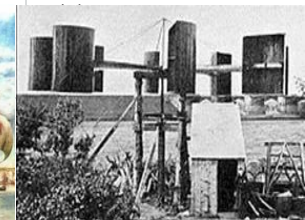
Há vários séculos a força mecânica dos ventos vem sendo utilizada pelo homem, impulsionando velas acopladas a embarcações, a moinhos de grãos e a aparatos de bombeamento de água. O trabalho escravo e o de animais foi sendo complementado ou substituído pela energia do vento.

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).

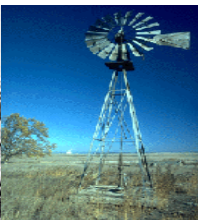
Na Idade Média (séculos V a XV), e no começo da Idade Contemporânea, a energia eólica foi utilizada pelos holandeses para drenar regiões alagadas, bem como pelos navegadores.



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



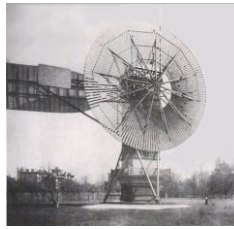
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO
NÚCLEO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS DE ENERGIA

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.

Em termos de fator de capacidade, considerando o porte do parque por UF, a Bahia apresenta o mais significativo indicador, de 40,1%.

Fornecedores de Equipamentos

O Brasil conta atualmente com 9 fabricantes de turbinas eólicas, com capacidade anual de produção de um pouco mais de 4.200 MW, distribuídos nos estados do CE, PE, BA, SP e SC. Há 4 fabricantes de pás, com capacidade anual de produzir 10.400 unidades, nos estados do CE, PE e SP. Quanto as torres, há 12 fabricantes, com capacidade de produção de 2.430 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 para transporte de grandes peças, demora em licenças ambientais e pouca qualificação profissional, têm sido apontados como vetores de dificuldades, entretanto, soluções estão sendo encaminhadas.

A inovação na logística passa pela fabricação de pás bi ou tripartidas. Alguns fabricantes fora do Brasil já trabalham no desenvolvimento de protótipos para avaliar os impactos dessa alternativa no desempenho das pás, mas o mercado ainda tem dúvidas sobre as garantias desta solução.

No caso das torres, para sustentar o novo patamar de altura, por conta da evolução do tamanho de rotores e pás, os fabricantes buscam a saída no uso do concreto. Além da resistência maior, o material ajuda na questão logística, permitindo a montagem da estrutura no próprio local onde o parque está sendo instalado.

A tendência, então, é usar cada vez mais uma estrutura feita de concreto protendido até onde for possível, e reduzir ao máximo o uso de aço nas torres. O restante da torre é composto com estrutura tubular ou treliçada.

No licenciamento ambiental, houve um grande avanço em 2014, com a aprovação da resolução 462, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), no fim de julho. Além de uniformizar as regras de licenciamento de usinas – e resolver, com isso, as disparidades de exigências e critérios entre os órgãos estaduais –, a legislação permite o licenciamento prévio de complexos eólicos inteiros, em vez de licenciar cada parque separadamente, como era feito até então.

Na área de mão-de-obra, além de cursos de pequena duração, proporcionados pela maioria dos empreendedores, há o CTGás-ER, parceria do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) com a Petrobras, que investe US\$ 3 milhões na capacitação de professores e laboratórios de curso de operação e manutenção, mais demorados e com uma estruturação mais rigorosa. As unidades do Senai do Ceará e do Rio Grande do Norte, ligadas ao CTGás, são consideradas as mais preparadas para oferecer capacitação para o setor eólico. De 1.000 alunos já formados no CTGás, 400 atuam na indústria eólica).

Inclusão Social nos Parques

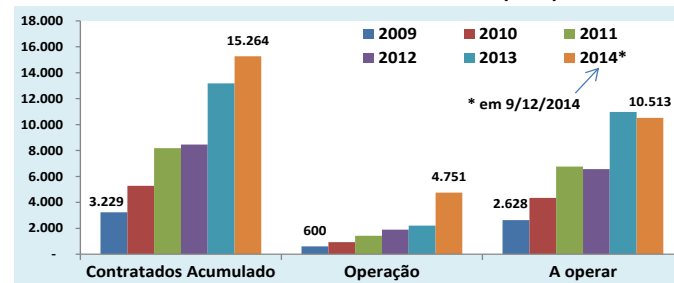
Além das vantagens diretas da geração eólica – baixo impacto ambiental, redução das emissões de gases e rapidez na implantação –, há outras, de cunho social, que ficam claras com a expansão da fonte.

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

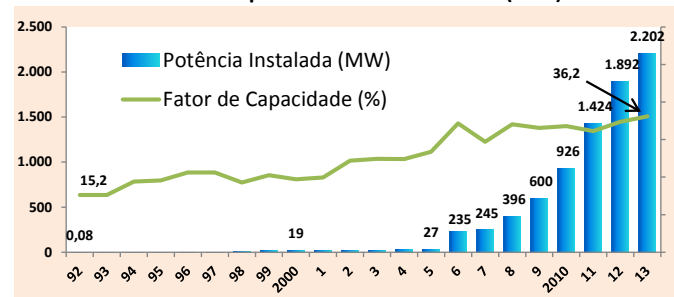
Ao final de 2009, estavam contratados 3.229 MW, tendo entrado em operação, no mesmo ano, 600 MW. Os leilões foram ocorrendo a cada ano, chegando em 9/12/2014, com mais de 15.000 MW contratados, estando mais de 4.700 MW em operação, e mais de 10.500 MW previstos para operação nos próximos 5 anos.

Brasil – Potência Eólica Contratada (MW)



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.

Brasil – Capacidade Instalada Eólica (MW)



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

Estado	Geração (GWh)	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade (%)	Estrutura da Geração (%)
CE	2.223	644	39,4	33,8
RN	1.297	423	35,0	19,7
RS	1.280	499	29,3	19,5
BA	766	218	40,1	11,6
SC	550	236	26,6	8,4
PB	170	69	28,2	2,6
SE	75	35	24,9	1,1
PE	69	27	29,6	1,1
RJ	66	28	26,7	1,0
PI	65	18	41,2	1,0
PR	9	3	40,0	0,1
MA	7	3	30,0	0,1
Brasil	6.578	2.202	36,2	100,0

O Ceará apresenta a maior proporção na geração eólica brasileira, com 34%. Em seguida vêm o Rio Grande do Norte e o Rio Grande do Sul, com quase 20% de participação cada um.

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.

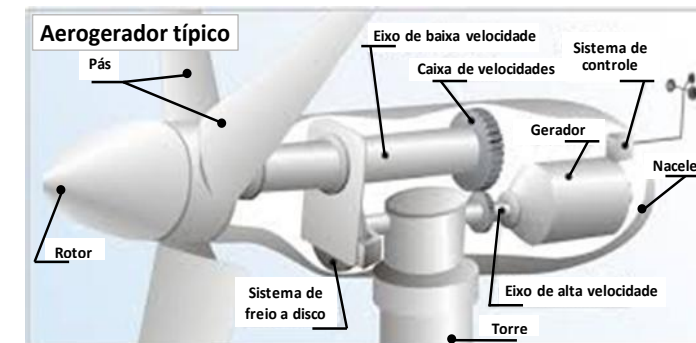
Choques do Petróleo

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 tem motivado, em aderência com as questões de aquecimento global do planeta, uma forte expansão na geração eólica centralizada.



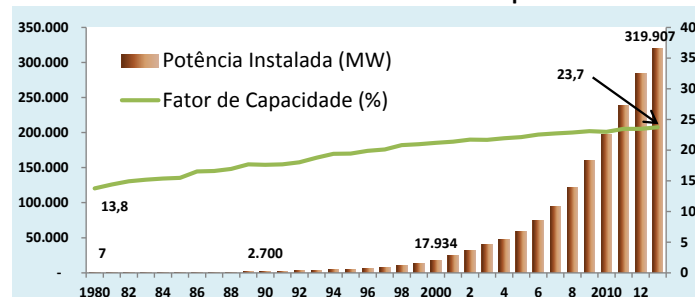
No atual contexto tecnológico, os parques *offshore*, no exterior, já apresentam turbinas com potência entre 5 MW e 7 MW, com consequentes benefícios futuros para os projetos *onshore*. No Brasil, os parques *onshore* atuais são montados com turbinas de 3 MW, sobre torres de 100 m de altura ou mais.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

Na Europa já 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. Nos últimos anos, observa-se um crescimento exponencial, com os anos de 2011 e 2012 superando expansões de 40 GW. Entre 2000 e 2013, a taxa média de crescimento foi de 25% ao ano.

Mundo - Potência Instalada e Fator de Capacidade



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 2013 já atingia 2,7%. Os Estados Unidos apresentam a maior participação na geração eólica, de 27%, mas a China poderá ocupar a 1ª posição nos próximos anos. A Dinamarca, 2ª na proporção em 1990, perdeu posições, em seguida.

Mundo – Geração Eólica por País (%) e TWh

País	1980	1990	2000	2010	2011	2012	2013
EUA	-	79,0	18,0	27,9	27,8	27,2	27,0
China	-	0,1	2,0	13,1	16,2	18,4	21,0
Espanha	-	1,8	29,8	11,1	9,8	9,5	8,9
Alemanha	-	0,4	15,1	13,0	11,3	9,7	8,5
Índia	-	0,8	5,4	5,7	5,5	6,0	5,5
Inglaterra	-	0,2	3,0	3,0	3,6	3,8	4,4
França	-	-	0,2	2,9	2,8	2,7	2,4
Itália	-	-	0,8	2,6	2,3	2,6	2,4
Portugal	-	0,0	0,5	2,7	2,1	1,9	1,9
Canadá	-	0,1	1,8	2,7	2,3	2,1	1,8
Dinamarca	100,0	15,7	13,5	2,3	2,3	2,0	1,8
Outros	-	1,9	9,8	13,1	14,1	14,1	14,4
Mundo (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Mundo (TWh)	0,011	3,9	31,4	341,0	434,2	522,1	628,2
%/total*	-	0,1	0,3	1,7	2,0	2,3	2,7

* % sobre a geração mundial de energia elétrica

A Dinamarca apresenta o maior proporção de geração eólica em relação à geração total, de 32,5%, vindo em seguida Portugal (23,3%), Alemanha (19%) e Irlanda (17,7%). Nos demais países, a proporção fica abaixo de 9%.

O Brasil, 15º país em geração, é o 1º em fator de capacidade (FC), superando em 53% o FC mundial. Turquia, EUA e a Austrália aparecem com FC entre 33% e 32%.

Mundo - Potência Instalada e Geração por País (2013)

País	Geração (TWh)	% do total Gerado	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade e (%)	Estrutura da Geração (%)
EUA	169,4	4,0	61.292	32	27,0
China	131,9	2,4	91.460	18	21,0
Espanha	55,8	8,9	22.898	28	8,9
Alemanha	53,4	19,0	34.316	19	8,5
Índia	34,8	2,9	20.226	21	5,5
Inglaterra	27,4	4,8	10.976	29	4,4
França	15,2	5,3	8.120	22	2,4
Itália	15,0	4,2	8.448	21	2,4
Portugal	11,8	23,3	4.557	30	1,9
Canadá	11,5	1,8	7.813	18	1,8
Dinamarca	11,2	32,5	4.747	29	1,8
Suécia	9,9	6,5	4.474	27	1,6
Austrália	9,2	3,7	3.489	32	1,5
Turquia	7,5	3,1	2.760	33	1,2
Brasil	6,6	1,1	2.202	36	1,0
Polônia	6,0	3,7	3.441	22	1,0
Holanda	5,6	5,6	2.714	24	0,9
Japão	5,1	0,5	2.722	22	0,8
Romenia	4,7	8,0	2.608	22	0,7
Irlanda	4,5	17,7	2.100	27	0,7
Outros	31,8	0,5	18.545	21	5,1
Total	628,2	2,7	319.907	23,7	100,0
%/total*	2,7		5,5		

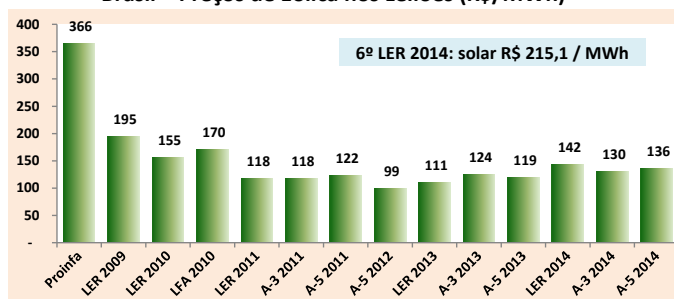
* % da eólica sobre os totais mundiais

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 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 (PCH), com custo médio de 365 R\$/MWh.

O catalisador foi o primeiro leilão exclusivo para eólicas, em 2009, que iniciou a fase competitiva, na qual o parque mais eficiente e barato era o ganhador. Imediatamente, o preço baixou para 195 R\$/MWh, em valores corrigidos. A queda continuou nos anos seguintes, para 163 R\$/MWh, em 2010, e 119 R\$/MWh, em 2011, chegando a 99 R\$/MWh em 2012, no que foi considerado um exagero, devido à baixa demanda no leilão daquele ano, que acabou distorcendo os preços.

Brasil – Preços de Eólica nos Leilões (R\$/MWh)



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

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

Instruções para imprimir o folder:

- Impressora colorida
- Nenhum para dimensionamento de pgs
- Imprimir nos dois lados
- Dobrar na borda horizontal
- Clicar em Sim para mensagem de margem