

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
LEB244 - Recursos Energéticos e Ambiente

Energia Eólica

Piracicaba, 2013

Conteúdo

1. Introdução	3
2. Energia Eólica.....	4
3. Processos de Produção	5
4. Sistemas eólicos	7
5. Legislação	8
6. Viabilidade Econômica	9
7. Panorama Mundial.....	10
8. Panorama Nacional	13
9. Vantagens e Desvantagens	18
9.1 Vantagens	18
9.2 Desvantagens.....	18
Conclusão.....	19
Referências	20

1. Introdução

A utilização de energia eólica remota de remotos períodos da humanidade, registros históricos apontam que na Pérsia, em 200 A.C. utilizavam-se cata-ventos para a moagem de grãos ou a irrigação. Acredita-se que por volta de 2000 A.C. na China, os ventos eram usados para a mesma função, porém num sistema mais rudimentar (CHESF-BRASCEP, 1987). Durante a idade média, os moinhos tiveram papel significativo na Europa, por sua importância a economia agrícola, na Holanda a energia eólica era utilizada nos moinhos na drenagem de água, durante os séculos XVII ao XIX, cerca de 9000 moinhos existiam em pleno funcionamento na Holanda.

Outro marco importante para a energia eólica na Europa é a Revolução Industrial, após a ampliação do uso de máquinas a vapor, observa-se a redução de moinhos em funcionamento na Europa, mas isso não significou o fim de seu uso. Ainda encontram-se sistemas eólicos responsáveis pelo bombeamento de água nas áreas rurais isoladas dos EUA ou da Austrália.

Pode-se portanto concluir que a humanidade utiliza energia eólica há muito tempo para os mais diversos fins. Todas as grandes navegações aconteceram por causa dos ventos que emburravam embarcações pelos mares, permitindo que outros espaços fossem visitados e explorados.

Durante a segunda guerra mundial, para se economizar combustíveis fósseis, os aerogeradores receberam quantidades maciças de investimentos para de forma que foi possível desenvolver aerogeradores de médio e grande porte. Os Estados Unidos desenvolveram o maior projeto de construção, pelo menos até aquela data. Tratava-se do aerogerador Smith-Putnam cujo modelo apresentava 53,3m de diâmetro, uma torre de 33,5m de altura e duas pás de aço com 16 toneladas. Na geração elétrica, foi usado um gerador síncrono de 1.250kW com rotação constante de 28 rpm, que funcionava em corrente alternada, conectado diretamente à rede elétrica local.



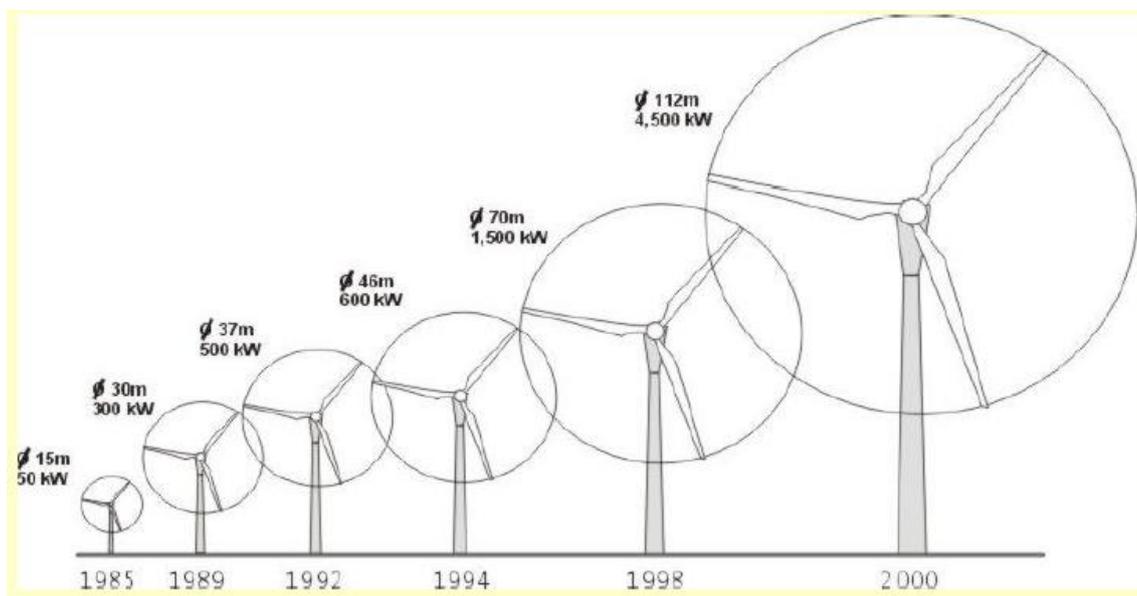
Turbina Eólica de Brush (1888-1908)



Turbina Eólica de Smith-Putnam (1941-1945)

Após a segunda guerra, os recursos voltam a ser aplicados na extração de petróleo ou na construção de grandes hidrelétricas, deixando a matriz eólica em terceiro ou quarto plano, na maioria dos países, exceto alguns como Alemanha e Dinamarca.

A imagem abaixo registra a evolução das turbinas eólicas nas últimas décadas:



Fonte: DEWI

Atualmente os esforços tem se concentrado em torno do desenvolvimento no aproveitamento de energias limpas, afinal o custo de “extração” delas é baixo, não é um absurdo pensarmos em aproveitar a energia cinética dos ventos e das ondas dos mares. A instabilidade no setor dos combustíveis fósseis tem contribuído para os investimentos nestes tipos de energias limpas. Outro fato a ser considerado é o da baixa emissão de gases poluentes e do baixo impacto causado por estas instalações.

2. Energia Eólica

A formação dos ventos ocorre devido à associação entre a radiação solar e a rotação planetária (CEPEL, 2001). Estes são formados pela ação indireta da energia solar, pois se originam do aquecimento irregular da atmosfera. As regiões mais próximas dos trópicos recebem uma maior concentração de raios solares por metro quadrado, gerando um maior aquecimento do ar enquanto as regiões próximas aos polos tendem a ter massas de ar mais frias, devido à inclinação da terra e à menor concentração de raios solares. O ar quente tem menor densidade e sobe, ocupando um espaço antes ocupado pelo ar frio e estes deslocamentos de massas de ar geram os ventos.

Para a produção de energia elétrica os ventos precisam ter velocidade suficiente para mover as pás e por isso, representando um fator limitante às regiões com características de ventos de baixa velocidade ou com frequência variada.

Antes de se instalar as torres, precisam ser levados em consideração fatores como:

- A rugosidade do terreno;
- Observar a presença de obstáculos nas regiões próximas;
- O relevo do terreno; e
- A variação da velocidade com a altura.

Estima-se que o total de energia disponível dos ventos supera centenas de vezes o potencial de produção de energia das diversas centrais elétricas ao redor do planeta, algo que mostra o potencial de exploração da energia eólica. Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m², a uma altura de 50 metros, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (GRUBB; MEYER, 1993). Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m, em apenas 13% da superfície terrestre, a imagem abaixo representa a distribuição da velocidade dos ventos em cada continente:

Distribuição da área de cada continente segundo a velocidade média do vento						
Região/Continente	Velocidade do Vento (m/s) a 50 m de Altura					
	6,4 a 7,0		7,0 a 7,5		7,5 a 11,9	
	(10 ³ km ²)	(%)	(10 ³ km ²)	(%)	(10 ³ km ²)	(%)
África	3.750	12	3.350	11	200	1
Austrália	850	8	400	4	550	5
América do Norte	2.550	12	1.750	8	3.350	15
América Latina	1.400	8	850	5	950	5
Europa Ocidental	345	8,6	416	10	371	22
Europa Ocidental & ex-URSS	3.377	15	2.260	10	1.146	5
Ásia (excluindo ex-URSS)	1.550	6	450	2	200	5
Mundo	13.650	10	9.550	7	8.350	6

Fonte: GRUBB, M. J; MEYER, N. I. Wind energy: resources, systems and regional strategies. In: JO-HANSSON, T. B. et. al. Renewable energy: sources for fuels and electricity. Washington, D.C.: Island Press, 1993. p.

Observa-se que não há uma divisão igualitária dos ventos na atmosfera, portanto, algumas áreas onde todos os fatores são propícios não possuem um regime significativo de ventos que compensem a instalação de um parque eólico, ou então possuem um bom regime de ventos, mas numa altura onde as torres não podem alcançar, embora este último problema já seja resolvido com o avanço da tecnologia, que possibilitou a construção de torres mais resistentes.

3. Processos de Produção

O processo de geração de energia eólica consiste, basicamente, em transformar a energia cinética dos ventos em energia mecânica e, conseqüentemente, em energia elétrica. Para que isso aconteça, é necessário utilizar a força dos ventos para movimentar algum tipo de estrutura.

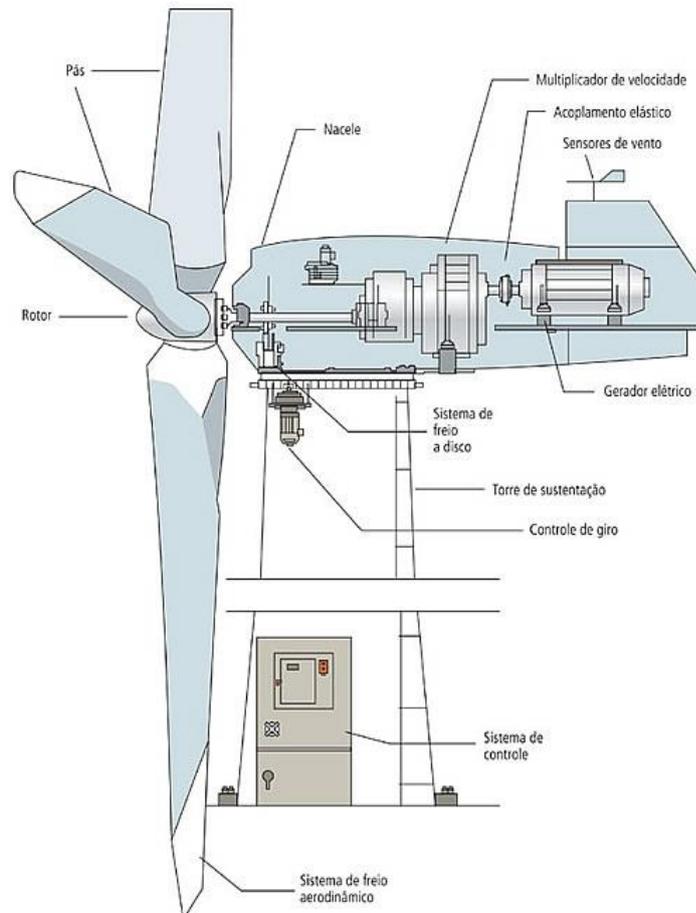
Esta estrutura, chamada de aerogerador, pode ser de duas formas distintas: a com rotores de eixo horizontal e eixo vertical. Os rotores de eixo vertical não precisam de mecanismos de acompanhamento para a variação da direção dos ventos tornando o projeto mais simples. Já os de eixo horizontal são mais comuns e giram utilizando predominantemente as forças de sustentação, e por isso devem possuir mecanismos que o deixem o disco formado pelas pás sempre perpendicular ao vento e por isso tem projetos mais complexos.

Os de eixo vertical são movidos por forças de arrasto ou força de sustentação e correspondem a uma pequena minoria do total de aerogeradores instalados no mundo. Isso se explica por conta dos de eixo horizontal liberarem muito mais potência do que a aqueles que giram sobre a força de arrasto.

Os componentes básicos de um aerogerador são:

- Pás: responsáveis pela interação com o vento, transformam a energia cinética em trabalho mecânico.
- Cubo: estrutura metálica onde estão ligadas as pás. Em alguns aerogeradores, as estruturas responsáveis pela mudança no ângulo de taque das pás estão fixadas no cubo
- Eixo: responsável pelo acoplamento do cubo ao gerador, transferindo ao gerador energia mecânica. (Em outros casos, existe a presença de uma estrutura adicional denominada multiplicador. Útil para regiões onde o vento possui baixa velocidade, o multiplicador ou caixa multiplicadora consiste num conjunto de engrenagens que maximizam a baixa velocidade de movimento do eixo permitindo a geração de energia.
- Geradores: Transformam a energia mecânica (a rotação do eixo, maximizada ou não pela caixa de multiplicação) em energia elétrica.
- Torre: Estrutura que sustenta e posiciona o rotor numa altura onde seu funcionamento é adequado. Com o avanço da tecnologia, pode-se construir torres mais altas uma vez que todo o conjunto de pás rotor e turbina é cada vez mais leve e mais eficiente.
- Mecanismo de controle: Usado para orientação do rotor, controle de velocidade etc. Pela variedade de controles, existe uma enorme variedade de mecanismos que podem ser mecânicos (velocidade, passo, freio), aerodinâmicos (posicionamento do rotor) ou eletrônicos (controle da carga) todos ligados ao sistema de controle.

A representação do aerogerador esta demonstrada na imagem abaixo:



Fonte: Centro Brasileiro de Energia Eólica – CBEE / UFPE. 2000

4. Sistemas eólicos

Os sistemas eólicos podem ser aproveitados de quatro formas: isolados, ligados à rede elétrica, híbridos e off-shore:

a) Sistemas isolados: são sistemas autônomos de pequeno porte (possuem geralmente um aerogerador) utilizados para gerar energia em pequena escala, destinam-se principalmente à eletrificação rural. Faz-se necessário o armazenamento de energia que pode ser feito através de baterias. Os dispositivos eletrônicos (inversor, controlador de carga) têm vida útil superior a 10 anos, mas, no caso de sistemas eólicos isolados com armazenamento de energia em baterias, as baterias são consideradas o ponto crítico do sistema, se bem projetadas têm vida útil de 4 a 5 anos.

b) Sistemas ligados à rede elétrica: são sistemas de grande porte, também denominados de usinas eólicas, que podem ser dotados de várias dezenas de máquinas eólicas. Injetam toda a energia gerada na rede elétrica convencional, funcionando como uma usina geradora, e, por causa disso não necessitam do uso de baterias ou de outro tipo de armazenamento. Devido ao alto custo de instalação, só são viáveis quando há no local

velocidades de vento elevadas e por grande período.

c) Sistemas híbridos: são empregados em sistemas de pequeno e médio porte. Há o armazenamento de energia, mas o carregamento das baterias é feito por mais de um gerador e os aerogeradores são desconectados da rede elétrica convencional. Os sistemas híbridos produzem energia elétrica simultaneamente a outra fonte produtora (gerador a diesel ou células fotovoltaicas), destinando à maior produção de energia e ao atendimento de um maior número de usuários (aldeia ou comunidade).

d) Sistemas Off-Shore (fora do continente): são aqueles instalados no mar. Embora ainda sejam pouco utilizados, a indústria eólica tem investido bastante em tecnologias que viabilizem este tipo de sistema. Isso ocorre devido ao elevado potencial eólico em alto mar e à diminuição de áreas de grande potencial eólico em terra. É exigido, porém, o desenvolvimento de turbinas mais resistentes à maior umidade, de estratégias especiais quanto ao tipo de transporte das máquinas, além de muito cuidado com a instalação, operação e manutenção dos sistemas off-shore.

5. Legislação

Quanto à legislação, não há uma lei que diz respeito somente à energia eólica. O tema de produção e comercialização de energia elétrica é tratado de forma geral e indireta desde 1988, na Constituição Federal, art. 175 (prestação de serviços públicos).

Seguem algumas leis e decretos relacionados, direta ou indiretamente, à energia eólica:

- Lei de número 8.987 (fev/1995): discorre sobre a concessão de serviços públicos;
- Lei de número 9.074 (jul/1995): atua sobre a concessão de serviços de energia elétrica;
- Lei de número 9.427 (dez/1996): institui o regime de concessão de serviços públicos de energia elétrica;
- Decreto 2.335 (out/1997): mostra a constituição da Agência Nacional de Energia elétrica - ANEEL;
- Lei 9.991 (jul/2000): dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética ;
- Lei 10.438 (abr/2002): cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA);
- Lei 10.762 (Nov/2003): apresenta as alterações no PROINFA e outros incentivos;

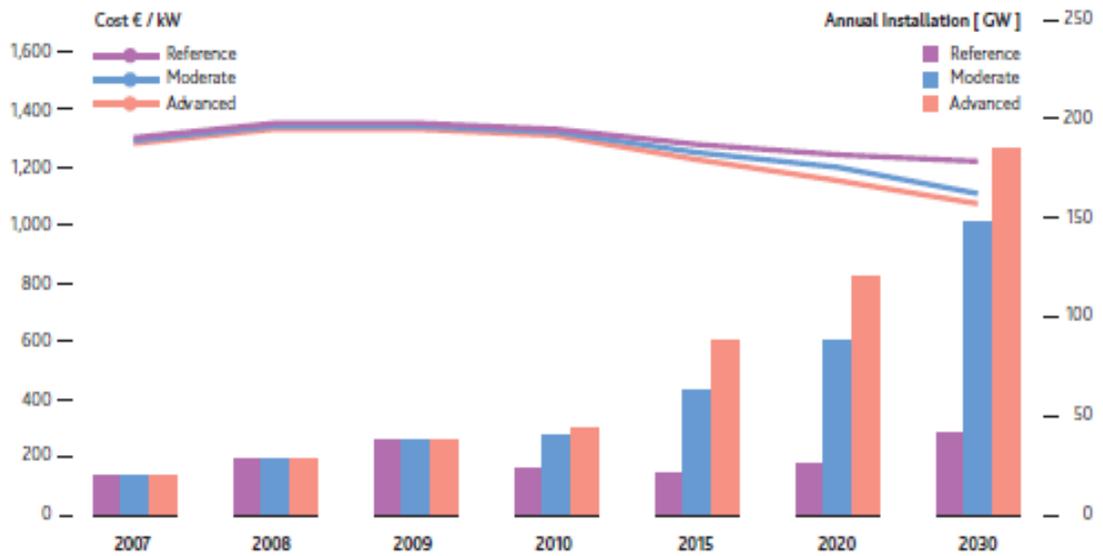
- Lei 10.848 (mar/2004): dispõe sobre a comercialização de energia elétrica;
- Decreto 6.048 (fev/2007): regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica; e
- Lei 11.488 (jun/2007): aponta as vantagens dependendo da quantidade de potência injetada à rede elétrica.

6. Viabilidade Econômica

A energia eólica, como se sabe, é uma das fontes energéticas mais limpas, ambientalmente falando. Em virtude da preocupação crescente em relação ao uso dos recursos naturais ela largaria na frente de todas as outras fontes. Todavia, os custos de implantação afastam grandes investimentos e projetos, especialmente em países menos desenvolvidos.

Abaixo segue um Gráfico com a relação dos custos de produção com o investimento realizado, aumento de produção e geração de empregos, elaborado pelo Global Wind Energy Council (GWEC). Nele é possível identificar uma tendência à diminuição dos custos, mesmo no cenário mais modesto, demonstrado no termo “Reference”.

COSTS AND CAPACITIES



INVESTMENT AND EMPLOYMENT

	2007	2008	2009	2010	2015	2020	2030
Reference							
Annual Installation [MW]	19,865	28,700	38,343	26,735	20,887	25,712	41,219
Cost [€/kW]	1,300	1,350	1,350	1,327	1,276	1,240	1,216
Investment [€ million /year]	25,824	38,745	51,763	35,507	26,649	31,894	50,136
Employment [job year]	329,232	470,559	627,927	462,982	411,801	524,027	809,006
Moderate							
Annual Installation [MW]	19,865	28,700	38,343	40,212	62,887	88,133	148,416
Cost [€/kW]	1,300	1,350	1,350	1,329	1,258	1,208	1,116
Investment [€ million /year]	25,824	38,745	51,763	53,459	79,109	106,504	165,691
Employment [job year]	329,232	470,559	627,927	629,137	1,033,721	1,422,874	2,372,911
Advanced							
Annual Installation [MW]	19,865	28,700	38,343	43,263	87,641	120,135	185,350
Cost [€/kW]	1,300	1,350	1,350	1,328	1,245	1,172	1,093
Investment [€ million /year]	25,824	38,745	51,763	57,450	109,072	140,762	202,600
Employment [job year]	329,232	470,559	627,927	672,827	1,404,546	1,918,530	3,004,081

7. Panorama Mundial

Tendo em vista a crescente preocupação com o meio ambiente de forma geral, surge uma reflexão sobre como as atitudes e o modo de vida atual causam impacto no planeta. Desta forma, nota-se o crescimento da procura por matrizes energéticas renováveis e com impactos ambientais menores que as tradicionais visando tanto poupar as matrizes já existentes e reduzir os impactos ambientais como apenas cumprir as metas traçadas pelo protocolo de Kyoto.

Planejar as matrizes energéticas a serem utilizadas, levando em consideração a

disponibilidade desta matriz e os impactos gerados por sua utilização tem sido um desafio aos governos do mundo. Por isso, os investimentos em desenvolvimento ou melhorias na tecnologia para a produção de energia limpa têm crescido significativamente e entre elas a energia eólica também tem sido beneficiada pela busca por energia mais limpa.

No ano de 2009, cerca de 40% da produção de energia encontra-se na Europa, onde a união Europeia incentiva a produção de energia limpa visando redução da emissão de carbono, buscando aumentar ainda mais o número de aerogeradores até 2020, data limite fixada para a adequação. A Alemanha liderava a produção de energia até 2008, mas com seus 25.777MV totais instalados em 2009 fica atrás dos EUA, ao mesmo tempo, a Espanha que possui um parque industrial significativo quando se trata de produção de pás, rotores e outros importantes ferramentas para produção de energia gera cerca de 19.149 MV de energia.

Na Europa, observa-se a adesão de diversos países, de forma que além daqueles que tradicionalmente investem em energia eólica (Alemanha, Espanha e Dinamarca) no mesmo ano, houve um aumento significativo na capacidade instalada na Itália, França e no Reino Unido, líder na utilização de tecnologia off-shore.

Fora da Europa, encontra-se o maior gerador, os Estados Unidos, que alcançaram o posto em 2009, passando da capacidade instalada em 2008 de 25.170 MV para 35.159 MV. Esse incrível aumento se justifica pela boa qualidade dos ventos e pela necessidade em diminuir os poluentes emitidos na atmosfera, impulsionado pelos altos investimentos.

Na Ásia, a China mais do que dobrou sua capacidade de gerar energia utilizando os ventos em 2009, passando de 12.210 MV para 25.104 MV instaladas. Assim como os chineses, a Índia também mais do que dobrou sua produção: de 4.118 MV para 10.926 MV. Deve-se levar em consideração que, embora produza menos, Índia possui políticas públicas de produção de energia desde a década de 70, procurando diminuir a dependência sua dependência do petróleo importado por preços cada vez maiores.

Com o objetivo de analisar mais a fundo o panorama mundial de produção de energia eólica, não se restringindo a números, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) divulgou um estudo diferenciando os países produtores em quatro grupos.

Abaixo encontram-se as características de cada grupo, bem como os países pertencentes:

Grupo I - Países com expressivo potencial eólico, mas poucos projetos (Argentina, Brasil, Federação Russa, Finlândia e Turquia): Esse grupo se caracteriza por deter apreciável potencial de geração eólica, mas apresenta poucos projetos ou investimentos no setor. Alguns criaram órgãos específicos e incentivos fiscais, porém as iniciativas não foram bem sucedidas. Outros detêm tradição no desenvolvimento do setor, mas têm apresentado estagnação na expansão.

Grupo II. Países sem potencial significativo de geração eólica ou sem tradição no setor, mas com resultados recentes interessantes (Austrália, Áustria, França, Grécia e Japão): Esse conjunto se caracteriza pelo empenho no uso de fontes renováveis na geração de eletricidade. A maioria criou incentivos tarifários para a expansão do setor, que mesmo sem apresentar condições de vento ou de tecnologia favoráveis vem desenvolvendo bons projetos e tentativas de sucesso.

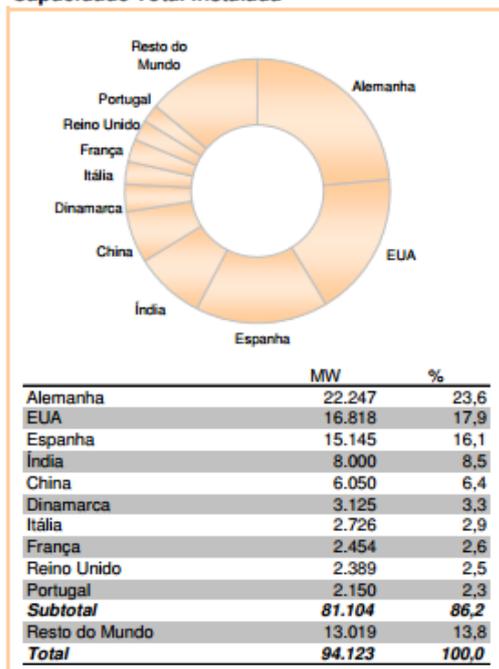
Grupo III. Países com potencial expressivo e elevada taxa de investimento na geração eólica (Canadá, Costa Rica, Egito, Dinamarca, Irlanda, Itália, México, Nova Zelândia, Ucrânia): São países com programas de geração eólica de maior porte e apreciável maturação, sendo que apresentam condições bastante favoráveis e vêm investindo bastante no desenvolvimento da geração eólica, obtendo bons resultados e crescimento na matriz energética nacional.

Grupo IV. Países com grandes programas (Alemanha, China, Espanha, Estados Unidos e Índia): Esse grupo compreende países com os maiores programas de desenvolvimento de geração eólica do mundo. Cada um possui suas peculiaridades e motivos pela posição de destaque na produção mundial, mas o fato é que eles dominam o setor e são os maiores geradores.

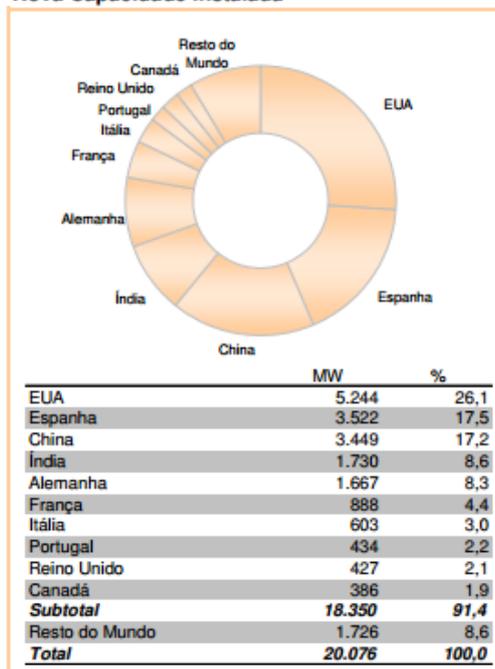
Abaixo, seguem duas imagens originadas do GWEC que evidenciam o desenvolvimento na energia eólica em 2007 e 2012, demonstrando um panorama de evolução do uso deste tipo de energia:

Energia eólica no mundo, 2007

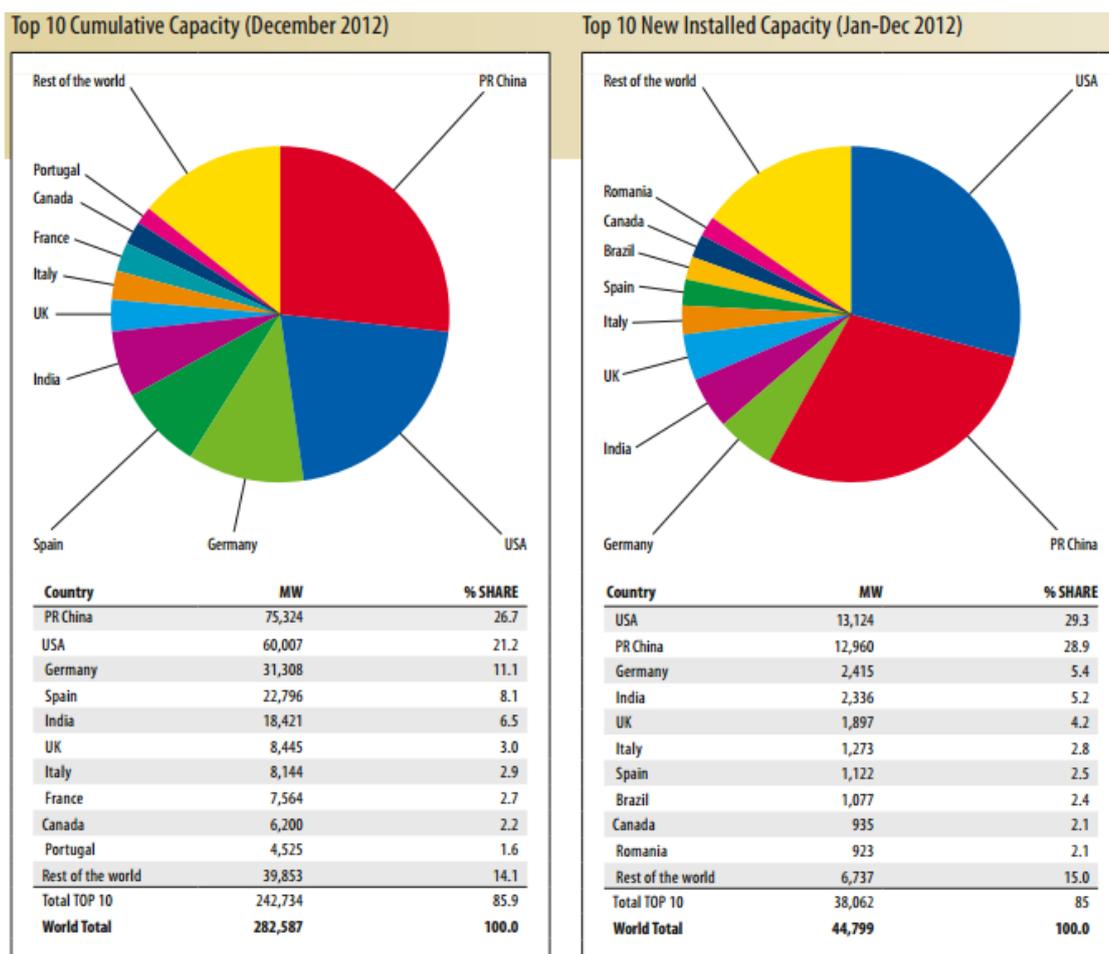
Capacidade Total Instalada



Nova Capacidade Instalada



Fonte: GWEC – Global Wind Report



8. Panorama Nacional

No Brasil, a geração de energia elétrica é dominada há décadas pela hidroeletricidade, 70% da atual produção nacional é baseada nessa matriz energética (BEN, 2010). A dependência deste tipo de energia pode significar um grande risco para o desenvolvimento do país, pois a oferta energética fica refém das variáveis de precipitação e além de tudo a água represada pode significar prejuízos para àqueles que necessitam dela além do impacto sócio ambiental. É justamente ao prever futuros problemas no abastecimento energético, que vários países estão buscando diversificar suas fontes produtoras de energia. Com o rápido desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, tem aumentado muito o aproveitamento das fontes renováveis de energia tais como a eólica.

Diante do cenário mundial de mudanças climáticas, a importância das energias renováveis cresce cada vez mais, nos espaços de planejamentos governamentais sobre suas matrizes energéticas. O potencial eólico do Brasil tem despertado o interesse de vários fabricantes e representantes dos principais países envolvidos com energia eólica. Em nosso

país, o interesse por utilizar a energia eólica para gerar energia elétrica se deu recentemente, a partir da década de 90. Os primeiros anemógrafos computadorizados (instrumento utilizado para registrar continuamente a direção em graus e a velocidade instantânea do vento em m/s) e sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará e no arquipélago de Fernando de Noronha. As medições feitas mostraram um bom resultado e favoreceram a determinação precisa do potencial dessas regiões.

O primeiro projeto de geração de energia elétrica a partir dos ventos se deu em 1992, em Fernando de Noronha, onde uma turbina foi instalada para complementar a geração de energia elétrica junto com um gerador movido a diesel (sistema híbrido eólico/diesel). A potência nominal gerada de 75 KW permitia uma economia de diesel na ordem de 70.000 litros anuais. A partir daí vários estados brasileiros seguiram os passos de Ceará e Pernambuco e iniciaram programas de levantamento de dados de vento.

A caracterização inicial do potencial da região Nordeste impulsionou o interesse em desenvolver modelos atmosféricos, analisar dados de ventos e elaborar mapas eólicos confiáveis para a região. Com esse objetivo, o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE), com o apoio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), lançou em 1998 a primeira versão do Atlas Eólico do Nordeste do Brasil. Além da caracterização do Nordeste, também foi feito um mapa de ventos preliminar do Brasil, gerado a partir de simulações computacionais com modelos atmosféricos. Segundo o atlas do potencial eólico brasileiro, o potencial de geração de energia eólica do País é de 143,5 GW ((equivalente a dez usinas de Itaipu), não contanto com o potencial de geração de usinas off-shore. Sendo 52% somente no Nordeste e 20% desse potencial só no estado do Ceará.

Um pouco mais tarde, em 2001, o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) preparou um novo Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Este Atlas cobre todo o território nacional e tem como objetivo fornecer informações para capacitar tomadores de decisão na identificação de áreas adequadas para aproveitamentos eólio-elétricos. Estudos feitos Cepel mostram que o potencial eólico brasileiro é maior do que o estimado em 2001, quando foi elaborado o Atlas Eólico Nacional, pois na ocasião, os cálculos consideraram uma altura de 50 metros acima da superfície, visto que os aerogeradores usados à época para a produção de energia eólica tinham entre 30 e 40 metros de altura. Um terceiro atlas já está sendo elaborado e os seus números vão considerar ventos entre 90 e 100 metros de altura do solo, já que existem hoje equipamentos com essa capacidade. Com isso a Cepel estima que a potência brasileira, na verdade, passa de 250 000 MW. O documento com um número definitivo e atualizado sobre a real potência brasileira no setor eólico deve ser concluído até julho de 2010.

Em função desse desenvolvimento recente, a contribuição dessa forma de energia

para geração de eletricidade ainda é muito pequena, porém com o aumento do incentivo a essa forma de energia novas centrais eólicas vem sendo construídas. Entre os países da América do Sul, o Brasil emergiu como o mercado mais promissor para o desenvolvimento da energia eólica. Para se ter uma ideia da evolução desse setor energético, segundo dados da ANEEL no 1º semestre de 2009 o país possuía 17 usinas em operação oferecendo um potencial de 273 MW, já no 1º semestre de 2010 o país passou a possuir 44 usinas em operação oferecendo um potencial de 765,5 MW, e ainda dentro desse período foram outorgados 35 empreendimentos eólicos. Independentemente das considerações ambientais, um fator importante a ser considerado para tal evolução foi a crise energética enfrentada pelo Brasil após um período de chuvas escassas e conseqüentemente um mau desempenho das grandes usinas hidrelétricas do País, resultando em cortes de eletricidade, principalmente após a crise do setor e o racionamento de 2001. A tabela abaixo representa a capacidade instalada no últimos anos e sua respectiva projeção tendo 2013 como ano base.

Investments/ installed wind capacity in the Brazilian wind market in January 2013

Year	Installed Capacity (MW)	U.S. \$ (million)*
2010	325.6	558.63
2011	498.0	855.61
2012	1,124.0	1,928.43
2013	2,770.1	4,752.62
2014	2,256.3	3,871.10
2015	28.8	49.41
2016	861.3	1,477.72
2017	281.8	483.48

*2013/Jan
Source: ABEEólica

Dentro desse contexto foi criado o programa do governo chamado PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica) visando garantir maior confiabilidade e segurança ao abastecimento. Em uma segunda etapa do programa, o governo brasileiro estabeleceu a meta de que 10% da eletricidade do País serão provenientes de fontes renováveis (eólica, biomassa e pequenas hidrelétricas) até 2022. Isso poderá significar algo entre 100 e 200 MW de capacidade eólica sendo instalados a cada ano.

A imagem abaixo representa a velocidade dos ventos no Brasil, servindo de referência para o estudo do potencial eólico no Brasil:

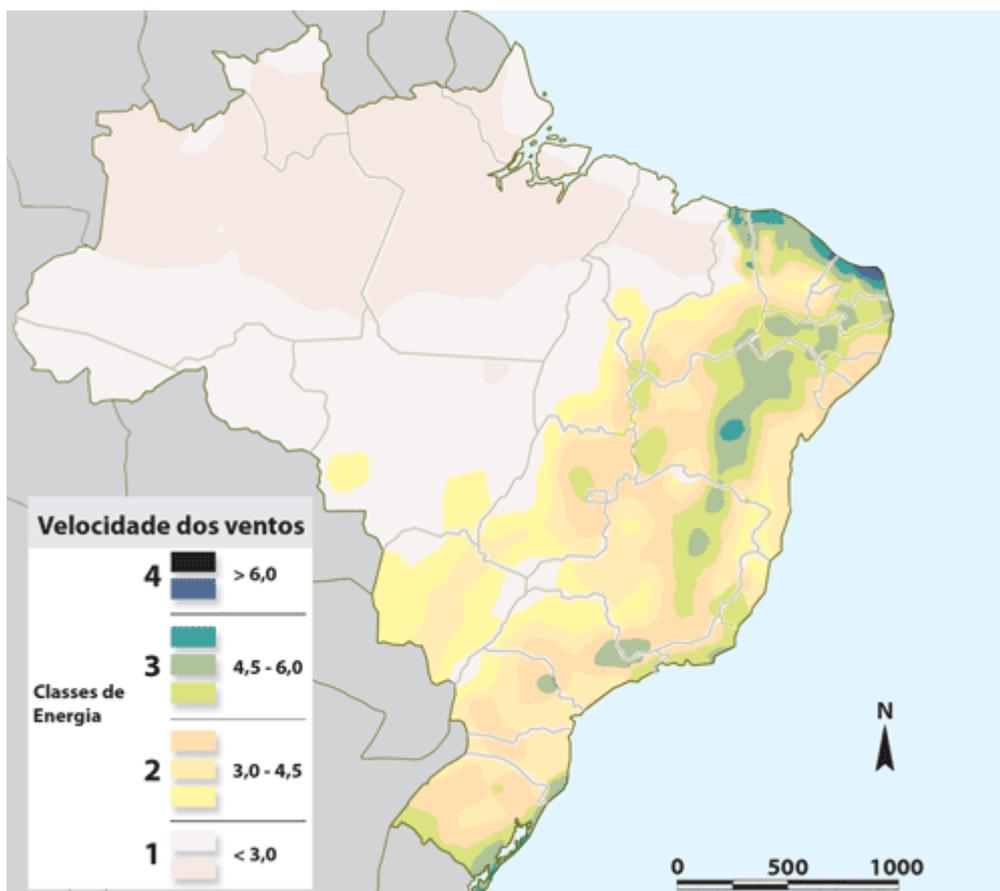


Ilustração: Beto Uechi/Pingado (2003)

Parte do potencial eólico no Brasil se localiza principalmente no litoral, em particular da região nordeste, que apresenta as melhores condições para o aproveitamento dessa energia. O litoral do Estado do Rio Grande do Sul é também considerado bastante favorável, a energia eólica também está presente no Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, Rio Grande do Norte e litoral norte do Rio de Janeiro. No interior do país, em áreas montanhosas também se encontram diversos sítios propícios. A região Norte é a menos favorecida em relação à energia eólica. Modelos computacionais sugerem ainda que o potencial da energia eólica do Brasil pode se ampliar com as mudanças climáticas por causa de um possível aumento do regime de ventos de alguns estados da região norte, como o Pará.

A análise dos ventos, de vários locais no Nordeste, confirmou as boas características nos ventos, com potencial comercial, existentes na região: média de velocidade de vento alta, pouca variação nas direções do vento e pouca turbulência – ou seja, ventos regulares sem grandes amplitudes de velocidade - durante todo o ano. Resultados que caracterizam um lugar ideal para o aproveitamento da energia eólica em grande escala, inclusive pela possibilidade de complementaridade com a energia hidráulica. Como a velocidade dos ventos costuma ser maior em períodos de estiagem, é possível operar as usinas eólicas como sistema complementar para as usinas hidrelétricas, de forma a preservar a água dos

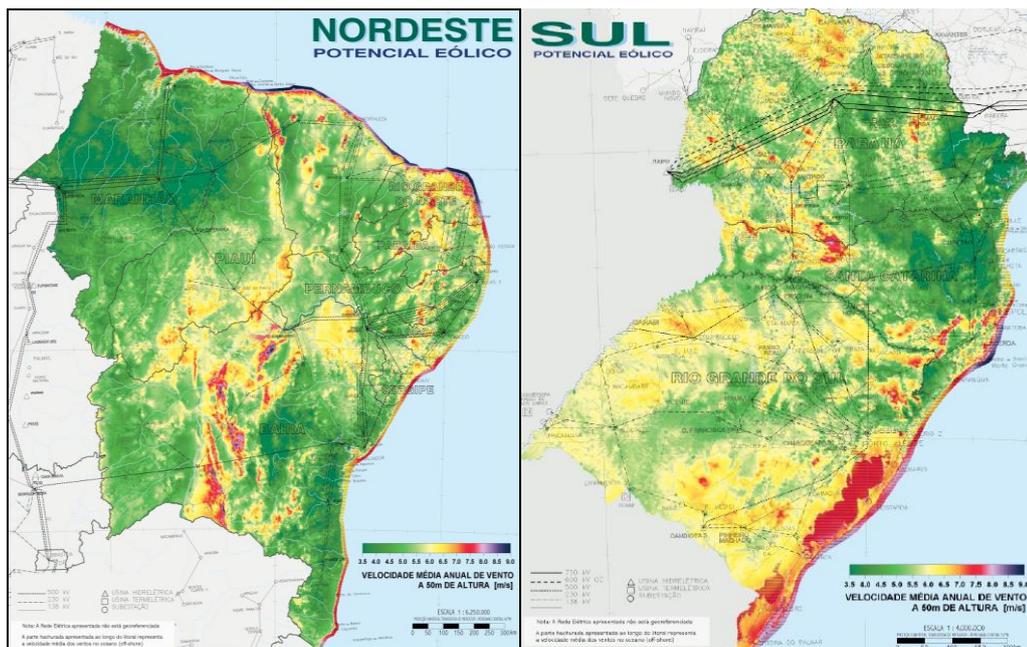
reservatórios em períodos de poucas chuvas.

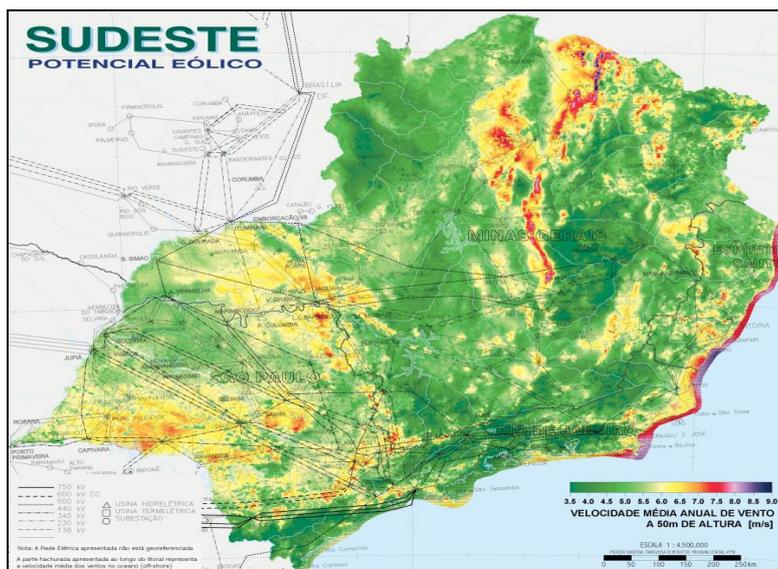
Como comentado, em todo o Brasil, e especialmente na região da faixa litorânea apresenta ventos muito adequados para o aproveitamento em larga escala da energia eólica. Esse fator juntamente com os incentivos que o governo federal tem dado para o desenvolvimento eólico, sobretudo pelo PROINFA, que através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) oferece linhas de crédito que prevê o financiamento de até 70% do investimento, excluindo apenas bens e serviços importados e a aquisição de terrenos. Por conta desse programa vários projetos estão em execução e novos parques devem ser inaugurados nos próximos anos.

O Brasil já possui alguns fabricantes de geradores de turbina eólica produzindo pás, componentes e aerogeradores. A Wobben Windpower com suas duas fábricas (Sorocaba - SP, Pecém - CE); se destaca por ser a primeira fabricante de aerogeradores (turbinas eólicas) de grande porte da América do Sul. Foi criada para produzir componentes e aerogeradores para o mercado interno e exportação, além de projetar, instalar, operar e prestar serviços de assistência técnica para Usinas Eólicas. Além disso, a empresa possui 1.700 fornecedores nacionais, atingindo índice de nacionalização acima de 70%, e um balanço altamente positivo de exportações versus importações.

A capacidade de geração de energia eólica no Brasil subiu 73% em 2012 na comparação com o ano anterior, chegando a 2,5 gigawatts de potência instalada em 108 parques eólicos, afirma um relatório da Associação Brasileira de Energia Eólica ABEEólica

Imagens: Potencial eólico das três primeiras regiões do Brasil





Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro

9. Vantagens e Desvantagens

9.1 Vantagens

Dentre as vantagens da energia eólica podemos citar:

- Não-emissão de gases do efeito estufa (na geração da energia): Com a redução da dependência de petróleo ou mesmo como principal energia limpa a ser explorada;
- Os ventos são recursos abundantes e renováveis;
- Centrais eólicas ocupam pequeno espaço físico: Ao contrário de outras matrizes onde a exploração destas envolvem a perda de grandes áreas, é possível combinar a instalação de um parque eólico e outras atividades econômicas, como a agricultura ou a pecuária. E, com muito cuidado, é possível implantar estes parques em áreas preservadas ou ambientes naturais que permitam a instalação de torres e o movimento das pás;
- Tecnologia dominada e em grande desenvolvimento;
- Redução constante de custos de construção e geração: Vêm ocorrendo redução dos custos das turbinas eólicas, produção de turbinas cada vez maiores, melhoria da tecnologia e nos métodos de produção, melhoria na eficiência e na disponibilidade e queda nos custos de operação e manutenção.

9.2 Desvantagens

Dentre as desvantagens da utilização da energia eólica, destacam-se:

- Irregularidade dos regimes de ventos nas variadas localidades: Um tipo de energia limpa e inesgotável, porém ao mesmo tempo irregular. A simples observação do

ambiente ao redor já nos mostra que o regime de ventos muda de acordo com a estação e o local em que se observa. Quando um parque eólico é planejado, deve-se levar em consideração esta inconstância, até mesmo as empresas que pretendem investir na construção de novos parques procuram analisar antes de qualquer coisa, o regime eólico do local. A velocidade dos ventos também precisa ser considerada, pois a variação desta induz, por consequência, uma variação de potência no eixo impossibilitando a geração de energia eólica;

- Geração de ruídos: O barulho gerado pelas pás em movimento não é um motivo para impedir a instalação dos aerogeradores, até mesmo porque estes não devem ser instalados em áreas onde a concentração de pessoas é muito alta;
- Alteração da paisagem: Os aero geradores realmente tem um impacto extremamente negativo sobre a beleza cênica de algumas paisagens;
- Exigência de planejamento quanto às rotas migratórias de aves: Quando mal planejado, o parque eólico pode estar dentro da rota migratória de algumas aves, principalmente nos sistemas off-shore. Mas este acidente pode ser evitado com o planejamento adequado dos aero geradores.

Conclusão

Podemos concluir, que a energia eólica é uma opção quando se deseja minimizar os impactos decorrentes da produção de energia e é uma das grandes promessas de geração de energia para o futuro devido ao seu caráter de energia “limpa”, de baixo custo e com segurança.

O avanço de pesquisas e o surgimento de novas tecnologias fazem com que a energia eólica torne-se cada vez mais barata e eficiente. Ressalta-se ainda, que o aperfeiçoamento das técnicas e estudos nesse sentido, além de proporcionar a minimização de custos, faz-se necessário para a maior acessibilidade de pequenas populações e para maior capacidade de exploração do potencial eólico de cada região, podendo assim, em breve, tornar-se mais competitiva com as energias fósil e nuclear.

Na Europa e nos Estados Unidos, a energia eólica está em um estágio bem avançado, se comparado ao Brasil, mas a América do Sul, principalmente Nordeste do Brasil, oferece ventos de ótimas condições, podendo gerar, mesmo com tecnologia inferior, uma grande quantidade de energia.

Os possíveis locais de exploração devem ser analisados do ponto de vista de: condições do local, disponibilidade do recurso eólico, impactos ambientais, viabilidade econômica e capacidade de geração para que um investimento não seja feito sem garantir retorno.

Referências

- ALDABÓ, Ricardo. Energia eólica. São Paulo: Artliber Editora, 2005.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Banco de informação de Geração. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/15.htm>. Acesso em 14 de maio de 2010.
- CBEE Centro Brasileiro de Energia Eólica Disponível em: <http://www.eolica.com.br/>. Acessado em: 10 de maio de 2010.
- CEPEL, 2001. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Ed. CEPEL, Rio de Janeiro, RJ.
- CHESF-BRASCEP, 1987. Fontes Energéticas Brasileiras, Inventário/Tecnologia. Energia Eólica. V.1 De cata-ventos a aerogeradores: o uso do vento, Rio de Janeiro.
- CUSTÓDIO, R.S., 2002. Parâmetros de Projeto de Fazendas Eólicas e Aplicação Específica no Rio Grande do Sul. Tese de Mestrado – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS Fac. de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica.
- GUENA, A. M. O. Avaliação Ambiental de Diferentes Formas de Geração de Energia Elétrica. PA. 2007 146p. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- PINHEIRO, L. M. G. Estudos da Geração Eólica-Elétrica levando em consideração as características dos ventos, seus aspectos probabilísticos e influência do terreno. Fortaleza, novembro de 2009. Monografia.
- REIS, Lineu Belico dos.; Eliane A. Amaral Fadigas; Cláudio Elias Carvalho. Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável. Barueri, SP; Manole, 2005
- SÁ, Antônio Leite & LOPES, José Dermeval Saraiva “Energia Eólica para Geração de Eletricidade e Bombeamento de Água”. Viçoso, CPT, 2001.
- SHEPHERD, D.G., 1994, “Historical Development of the Windmill”. In Wind Turbine Technology – Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering, SPERA, S.A, (ed), 1 ed. New York, ASME Press, pp 1-46.
- Conselho Temático de Infraestrutura (CNI): Energia Eólica- Panorama mundial e perspectivas no Brasil (2008);
Disponível em: <http://www.eeba2013.com.br/2009/20120822123350189034o.pdf> Acesso em 18 de Maio de 2013.
- Global Wind Energy Council (GWEC): Global Wind Report (2012)
Disponível em: http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Annual_report_2012_LowRes.pdf
Acesso em 18 de maio de 2013
- <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/legislacao.htm>