

ANÁLISE DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

ANALYSIS OF WIND POWER GENERATION

Luciano Laignier de Souza¹

Rafael Borges da Cunha²

Mario Henrique Pereira Santos³

RESUMO:

A utilização da energia eólica possui várias vantagens se comparada com o modo de produção de energia tradicional. A principal e a mais notável é que se trata de uma fonte inesgotável, já que depende apenas de recurso natural, o vento. Outra grande vantagem é não emitir gases poluentes e não gerar resíduos, evitando assim ser prejudicial em questão de aquecimento global e por isso ter um baixíssimo impacto ambiental. Outro benefício é a redução no custo de produção, o que torna ela uma das fontes de energia mais baratas atualmente. Para que a produção da energia eólica se torne rentável, torna-se necessário que exista uma grande concentração de aerogeradores, o que pode representar um custo relativamente elevado. Eventualmente os aerogeradores conseguem alimentar, com baixo custo de manutenção e produção, pequenas localidades ou localidades distantes da rede tradicional de transmissão de energia. Entretanto, o aproveitamento energético eólico também apresenta as suas desvantagens e impactos. Apesar de ser uma fonte inesgotável, ela depende da força dos ventos, que às vezes não é suficiente para gerar eletricidade. Somente 10% da superfície da Terra têm vento mais ou menos constante. Essas usinas requerem grande espaço para produção de uma quantidade significativa de energia. Terras para fazendas de vento, principalmente nas áreas costeiras, são muito caras. Outro grande malefício é o impacto visual que ela causa principalmente para os moradores ao redor dos parques. A instalação de parques eólicos gera uma grande modificação da paisagem local. Outro impacto facilmente notado é o sonoro, o som do vento batendo nas pás produz um ruído que pode alcançar até 43 dB (decibéis). Por esse motivo as residências devem ficar no mínimo a 200 metros de distância.

Palavra chave: Aero Geradores, Vento, Energia, Parques Eólicos.

ABSTRACT:

The use of wind energy has several advantages compared with the mode of traditional energy production. The main and most notable is that it is an inexhaustible source, since it depends only on natural resource, the wind.

¹ Graduando em Engenharia Elétrica. UNIBH, 2013, MG. Email: lucianolaignier@yahoo.com.br

² Graduando em Engenharia Elétrica. UNIBH, 2013, MG. Email: rafaelborgesc@hotmail.com

³ Mestre em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica de Potência. INEP - UFSC, 2007. Professor do Centro Universitário de Belo Horizonte UNI-BH. Belo Horizonte, MG. Email: mariohenriquesantos@gmail.br

Another great advantage is not emit greenhouse pollutants and not generate waste, avoiding be harmful in a matter of global warming and therefore have a very low environmental impact. Another benefit is reduction in the production cost, which makes it one of the least expensive energy sources currently. For the production of wind energy to become profitable, it is necessary to have a high concentration of wind turbines, which may represent a relatively high cost. Eventually the turbines can feed, with low maintenance cost and production, small towns or remote locations of traditional network power transmission. However, harnessing wind energy also has its disadvantages and impacts. Despite being an inexhaustible source, it depends on the strength of the winds, which sometimes is not enough to generate electricity. Only 10 % of Earth's surfaces have more or less constant wind. These plants require large space to produce a significant amount of energy. Land for wind farms, mainly in coastal areas , are very expensive . Another great harm is the visual impact it causes mainly for residents around the parks. The installation of wind farms generates a large change in the local landscape. Another impact is easily noticed the sound, the sound of wind hitting the blades produces a sound that can reach up to 43 dB (decibels) . For this reason the residences must be at least 200 meters away.

Keyword : Aero Generators , Wind Energy , Wind Farms .

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o futuro do planeta e com todas as conseqüências trazidas com o aquecimento global tem incentivado a busca por alternativas de energia limpa, como por exemplo, a energia solar e a eólica, onde esta ultima será abordada no presente trabalho.

A energia eólica é a energia que provém do vento, ou seja, ar em movimento. O termo eólico vem do latim Aeolicus, pertencente ou relativo à Éolo, deus dos ventos na mitologia grega e, portanto, pertencente ou relativo ao vento. A energia eólica tem sido aproveitada desde a antiguidade para mover os barcos impulsionados por velas ou para fazer funcionar a engrenagem de moinhos que captavam o vento para moer grãos, ao mover suas pás. Os moinhos eram usados para moer a farinha e fazer o pão e até mesmo para drenagem de canais.

Atualmente utiliza-se a energia eólica para mover aerogeradores, que são turbinas colocadas em lugares de muito vento, para produzir energia. Essas turbinas têm geralmente a forma de um cata-vento ou moinho. Precisam agrupar-se em parques eólicos, concentrações de aerogeradores necessárias para que a produção de energia se torne economicamente viável.

A energia eólica é hoje considerada uma das mais promissoras fontes naturais, principalmente porque é renovável, ou seja, não se esgota. É amplamente distribuída globalmente, utilizada para substituir fontes de combustíveis fósseis, o que auxilia na redução do efeito estufa.. Além disso,

as turbinas eólicas podem ser utilizadas em conexões interligadas a rede elétrica ou em lugares isolados.

1.1 JUSTIFICATIVA

O trabalho se justifica pela preocupação com o aquecimento global e com o futuro do nosso planeta.

A energia do vento (eólica) pode garantir 10% das necessidades mundiais de eletricidade até o ano 2020, criar 1,7 milhões de novos empregos e reduzir a emissão global de dióxido de carbono na atmosfera em mais de 10 bilhões de toneladas. Estes são os principais dados de um novo relatório internacional elaborado pelo Greenpeace, pela Associação Européia de Energia Eólica (EWEA) e pelo Fórum pela Energia e Desenvolvimento.

A força do vento tem sido a fonte de energia de maior crescimento no mundo, com uma média de 40,2% de crescimento ao redor do mundo entre 1994-1998 e 10 mil Megawatts de capacidade instalada em mais de 50 países, incluindo o Brasil. Apesar de suprir cerca de 10% nas necessidades de eletricidade da Dinamarca, por exemplo, a contribuição da energia eólica em todo o mundo permanece abaixo de seu potencial, com uma média de 0,15%.

O Brasil poderia ter uma participação efetiva e estratégica neste mercado porque possui áreas excelentes para captação de energia do vento, como o nordeste e a costa norte do Rio de Janeiro, diz Roberto Kishinami, Diretor-Executivo do Greenpeace Brasil.(MC2 Energia, 2009).

As vantagens da energia eólica como uma fonte de energia renovável higiênica, limpa e amplamente disponível, juntamente com o alto custo da produção de energia, tem levado vários países a estabelecer incentivos regulamentando e dirigindo investimentos financeiros para estimular a geração de energia eólica.

Os dois últimos estudos da Associação Mundial de Energia Eólica (WWEA, na sigla em inglês) mostram esse crescimento do uso de energia eólica no mundo. Os trabalhos, que avaliaram os anos de 2010 e o primeiro semestre de 2011, revelam que, ao todo, 86 países já utilizam essa fonte renovável para a produção de energia elétrica. Entre eles, destaca-se a China, que se tornou o país com maior capacidade instalada, acrescentando 18.928 Megawatt (MW) em sua matriz em um ano, bem como o centro da indústria eólica internacional.

A usina eólica é uma atividade econômica complementar e os proprietários que recebem aluguel ajudam a estimular a economia da região, o que pode ser substancial em regiões mais pobres. As usinas não produzem nenhum tipo de resíduo tóxico, não impedem a ocupação usual e tradicional do solo, não há lucro cessante da área ocupada, têm baixíssimo impacto ambiental e que podem ser minimizados com a boa engenharia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DISPONIBILIDADES DE RECURSOS

A avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime de ventos. Geralmente, uma avaliação rigorosa requer levantamentos específicos, mas dados coletados em aeroportos, estações meteorológicas e outras aplicações similares podem fornecer uma primeira estimativa do potencial bruto ou teórico de aproveitamento da energia eólica. (GRUBB; MEYER, 1993)

Os mesmos autores afirmam que, 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 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s. Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, em apenas 13% da superfície terrestre o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m. Essa proporção varia muito entre regiões e continentes, chegando a 32% na Europa Ocidental, como indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição da área de cada continente segundo a velocidade media dos ventos.

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 & MEYER, 1993.

Mesmo assim, estima-se que o potencial eólico bruto mundial seja da ordem de 500.000 TWh por ano. Devido, porém, a restrições socioambientais, apenas 53.000 TWh (cerca de 10%) são considerados tecnicamente aproveitáveis (Tabela 2). Ainda assim, esse potencial líquido corresponde a cerca de quatro vezes o consumo mundial de eletricidade. (GRUBB; MEYER, 1993).

Tabela 2 - Estimativa do potencial eólico mundial.

Região	Porcentagem de Terra Ocupada*	Potencial Bruto (TWh/ano)	Densidade Demográfica (hab/km ²)	Potencial Líquido (TWh/ano)
África	24	106.000	20	10.600
Austrália	17	30.000	2	3.000
América do Norte	35	139.000	15	14.000
América Latina	18	54.000	15	5.400
Europa Ocidental	42	31.400	102	4.800
Europa Ocidental & ex-URSS	29	106.000	13	10.600
Ásia (excluindo ex-URSS)	9	32.000	100	4.900
Mundo**	23	498.400	-	53.000

Fonte: GRUBB & MEYER, 1993.

2.2 POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO

Segundo o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, no mundo, a geração eólica-elétrica expandiu-se de forma acelerada ao longo da última década, atingindo a escala de gigawatts. Um dos fatores limitantes para empreendimentos eólicos tem sido a falta de dados consistentes e confiáveis. Uma parte significativa dos registros anemométricos disponíveis pode ser mascarada por influências aerodinâmicas de obstáculos, relevo e rugosidade. A disponibilidade de dados representativos é importante no caso brasileiro, que ainda não explorou esse recurso abundante e renovável de forma expressiva.

O Brasil é um país privilegiado pela natureza em termos de recursos energéticos, em especial os renováveis. Além do potencial hidráulico, solar e biomassa, o país possui enorme potencial para exploração da energia dos ventos.

O potencial eólico brasileiro é de 143,5 GW (GigaWatts), segundo um estudo da Centro de Pesquisa em Energia Elétrica (Cepel) do Ministério de Minas e Energia feito em 2005. O estudo levou em conta, geradores de energia eólica de até 50 metros. Com o avanço tecnológico no setor, que permite geradores de até 80 metros atualmente no Brasil, o potencial crescerá mais ou menos 50%.

A Tabela 3 mostra a classificação das velocidades de vento e regiões topográficas utilizadas no mapa da Figura 1. Os valores correspondem à velocidade média anual do vento a 50 m de altura em m/s (V_m) e à densidade média de energia média em W/m^2 (E_m). Os valores de E_m foram obtidos para as seguintes condições padrão: altitude igual ao nível do mar, temperatura de 20°C e fator de Weibull de 2,5. A mudança de altitude para 1.000 m acima do nível do mar acarreta uma diminuição de 9% na densidade média de energia e a diminuição de temperatura para 15°C provoca um aumento de cerca de 2% na densidade de energia média.

Tabela 3- Definição das classes de energia.

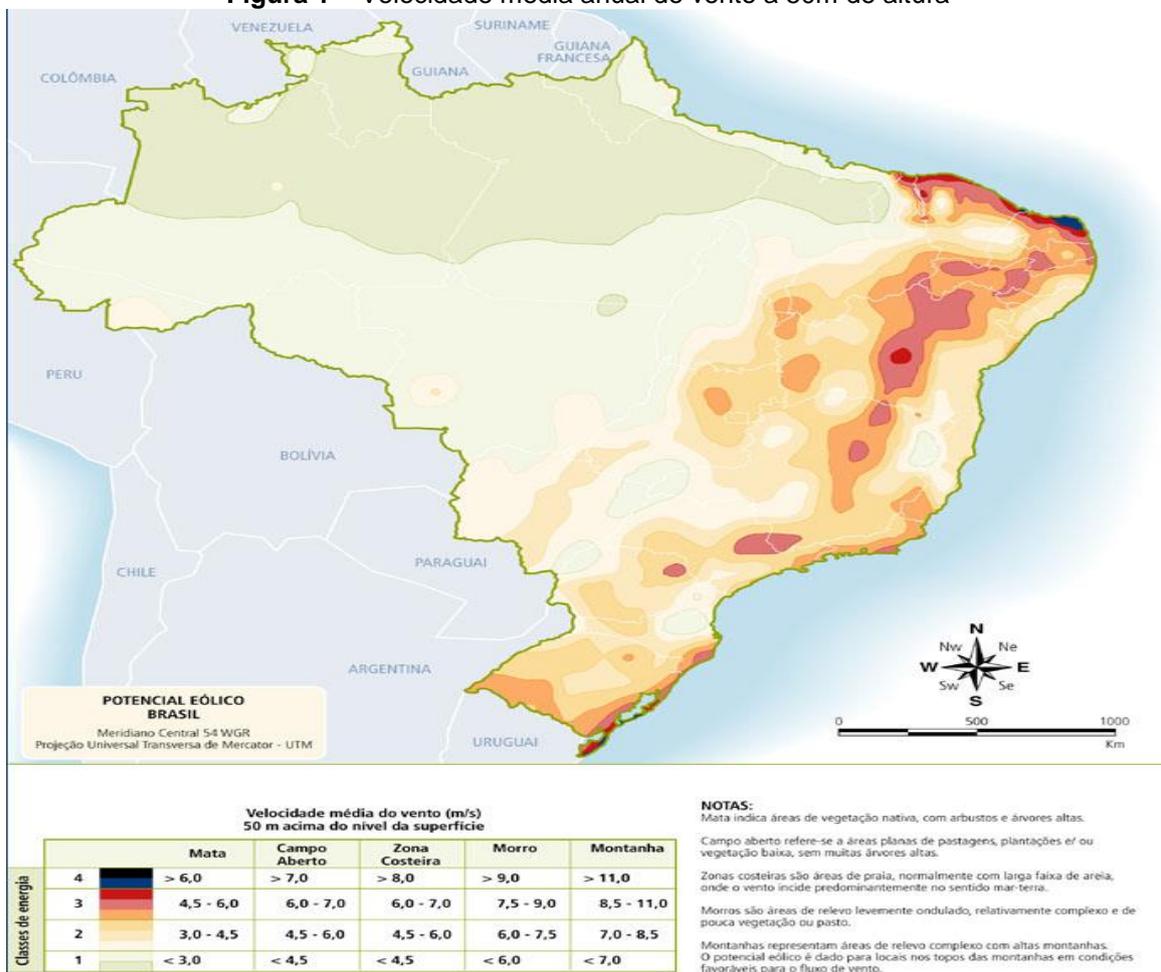
Classe	Mata		Campo aberto		Zona costeira		Morros		Montanhas	
	V_m (m/s)	E_m (W/m ²)	V_m (m/s)	E_m (W/m ²)	V_m (m/s)	E_m (W/m ²)	V_m (m/s)	E_m (W/m ²)	V_m (m/s)	E_m (W/m ²)
4	> 6	> 200	> 7	> 300	> 8	> 480	> 9	> 700	> 11	> 1250
3	4,5 – 6	80 - 200	6 – 7	200 - 300	6,5 - 8	250 - 480	7,5 – 9	380 – 700	8,5 – 11	650 – 1250
2	3 – 4,5	25 - 80	4,5 – 6	80 - 200	5 – 6,5	100 - 250	6 – 7,5	200 – 380	7 – 8,5	300 - 650
1	< 3	< 25	< 4,5	< 80	< 5	< 100	< 6	< 200	< 7	< 300

Fonte: FEITOSA, E. A. N. et al. Panorama do Potencial Eólico no Brasil. Brasília: Dupligráfica, 2003..

Os recursos apresentados na legenda da Figura 1 abaixo, referem-se à velocidade média do vento e energia eólica média a uma altura de 50m acima da superfície para 5 condições topográficas distintas: zona costeira – áreas de praia, normalmente com larga faixa de areia, onde o vento incide predominantemente do sentido mar-terra; campo aberto – áreas planas de pastagens, plantações e /ou vegetação baixa sem muitas árvores altas; mata – áreas de

vegetação nativa com arbustos e árvores altas mas de baixa densidade, tipo de terreno que causa mais obstruções ao fluxo de vento; morro – áreas de relevo levemente ondulado, relativamente complexo, com pouca vegetação ou pasto; montanha – áreas de relevo complexo, com altas montanhas.

Figura 1 – Velocidade média anual do vento a 50m de altura



Fonte: FEITOSA, 2003. (adaptado)

2.3 ANÁLISE DE DESENVOLVIMENTO DO SETOR EÓLICO

Segundo Stefan Gsänger, secretário geral da WWEA, a capacidade eólica instalada no planeta somou 282 GW em 2012. O número cobre 3% da demanda mundial de energia. Devido a capacidade total das unidades eólicas construídas no ano 2012 chegarem aos 45 gigawatts (GW), enquanto em 2011 havia sido de 40.

O relatório da WWEA indica também que, no Leste Europeu e na América Latina, é nítida a expansão da energia eólica. Na Romênia, Ucrânia, Polônia, Estônia, Brasil e México houve aumento de 40% nos investimentos e na construção de novas unidades dessa eletricidade.

Atualmente a energia eólica responde por 2,5% de participação na matriz elétrica mundial, mas esse número pode saltar para 18% até 2050, segundo dados de um relatório lançado na segunda-feira, 21 de outubro, pela Agência Internacional de Energia (AIE). De acordo com o

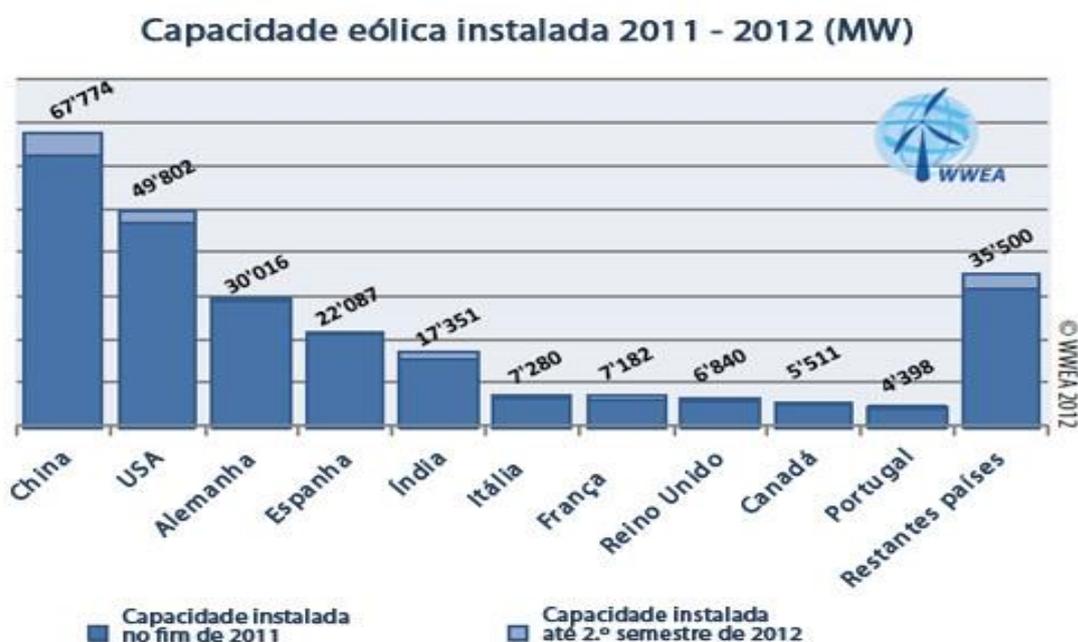
documento IEA Technology Roadmap: Wind energy – 2013 Edition, os cerca de 300 gigawatts que essa fonte renovável entrega pode aumentar pelo menos sete vezes.

Em relação à participação regional da energia eólica no mundo observa-se que a Europa contribui com 44% do mercado eólico mundial, aportando com 5,4% de toda a geração elétrica europeia. A maior parte da capacidade instalada, tabela 4, (74%) é concentrada em cinco países: China, Índia, Estados Unidos, Alemanha e Espanha.

O crescimento do setor de energia eólica na China está sufocado por um acesso insuficiente aos grids de conexão, enquanto um cenário de desaceleração parece ter retornado aos EUA como resultado de incertezas sobre a expiração de programas de incentivo. Na Alemanha e na Itália, cortes de tarifa e desafios relacionados aos grids de conexão de energia têm reduzido a atratividade no curto prazo, enquanto o fim de um importante benefício fiscal na Índia deve prejudicar o crescimento do setor eólico neste ano. Por outro lado, diversos países, incluindo México e Chile, anunciaram novos objetivos em geração de energia limpa ou reafirmaram o apoio do governo por meio de incentivo. Apesar disso, a energia eólica instalada no mundo crescerá de modo significativo nas próximas décadas e será parte importante do portfólio de energia renovável de muitos países.

O Brasil apresenta um crescimento significativo da energia eólica a partir de 2006. Em 2010, a capacidade eólica instalada foi de 930 MW, sendo que em 2012, o Brasil já possui 1.470 MW eólicos instalados, representando 1,25% de toda a capacidade de geração elétrica do país.

Tabela 4: Capacidade Eólica instalada no mundo



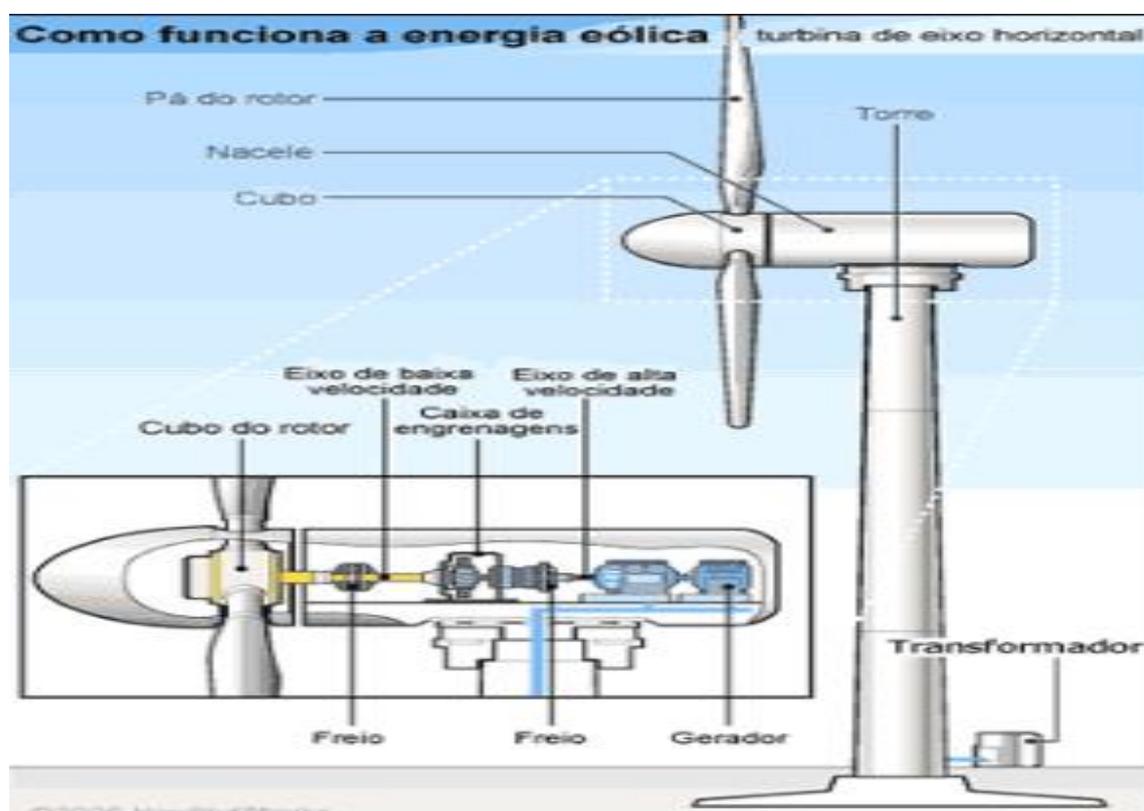
Fonte: Vítor Andrade (www.expresso.pt) , (2012)

2.4 TECNOLOGIA DE APROVEITAMENTO

Quando se trata de turbinas eólicas modernas, há dois projetos principais: as de eixo horizontal e as de eixo vertical. Turbinas eólicas de eixo vertical (TEEVs) são bastante raras. A única em produção comercial atualmente é a turbina Darrieus, que se parece um pouco com uma bateadeira de ovos.

As Turbinas Eólicas de Eixo Horizontal, (TEEHs), na figura 2, precisam se alinhar constantemente com o vento, usando um mecanismo de ajuste. O sistema de ajuste padrão consiste de motores elétricos e caixas de engrenagens que movem todo o rotor para a esquerda ou direita em pequenos incrementos. O controlador eletrônico da turbina lê a posição de um dispositivo cata-vento (mecânico ou eletrônico) e ajusta a posição do rotor para capturar o máximo de energia eólica disponível, (JULIA LAYTON, 2011).

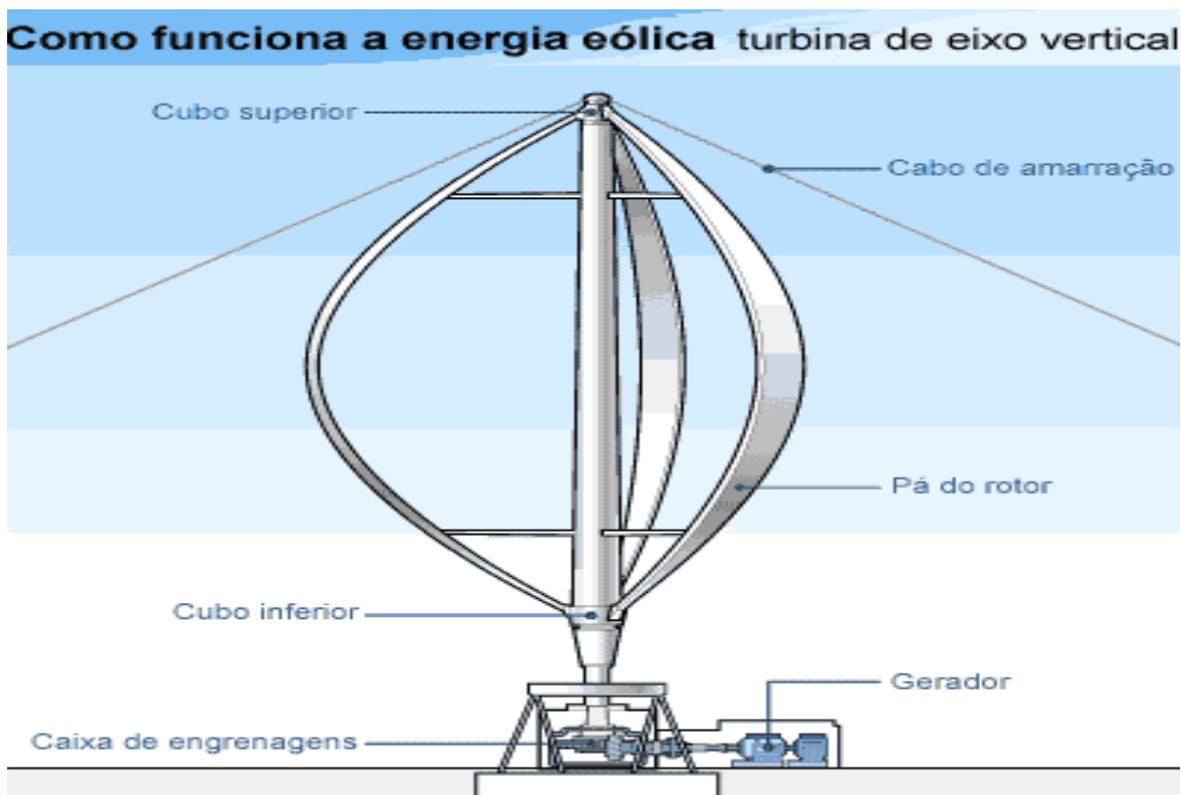
Figura 2 - Desenho esquemático de uma turbina eólica horizontal



Fonte: Julia Layton - traduzido por HowStuffWorks Brasil, 2011

As Turbinas Eólicas de Eixo Vertical, (TEEVs), na figura 3, estão permanentemente alinhadas com o vento (ao contrário das de eixo horizontal), nenhum ajuste é necessário quando a direção do vento muda. Entretanto, uma TEEV não pode começar a se mover por si mesma: ela precisa de um impulso de seu sistema elétrico para dar partida. Em vez de uma torre, ela geralmente usa cabos de amarração para sustentação, pois assim a elevação do rotor é menor, (JULIA LAYTON, 2011).

Figura 3 - Desenho esquemático de uma turbina eólica vertical



Fonte: Julia Layton - traduzido por HowStuffWorks Brasil, 2011

2.5 APLICAÇÕES DOS SISTEMAS EÓLICOS

Segundo RODRIGUES (2011), Sistema eólico pode ser utilizado em quatro aplicações distintas: sistemas isolados, sistemas híbridos, sistemas interligados à rede e sistemas Off-Shore. Os sistemas obedecem a uma configuração básica, necessitam de uma unidade de controle de potência e, em determinados casos, de uma unidade de armazenamento.

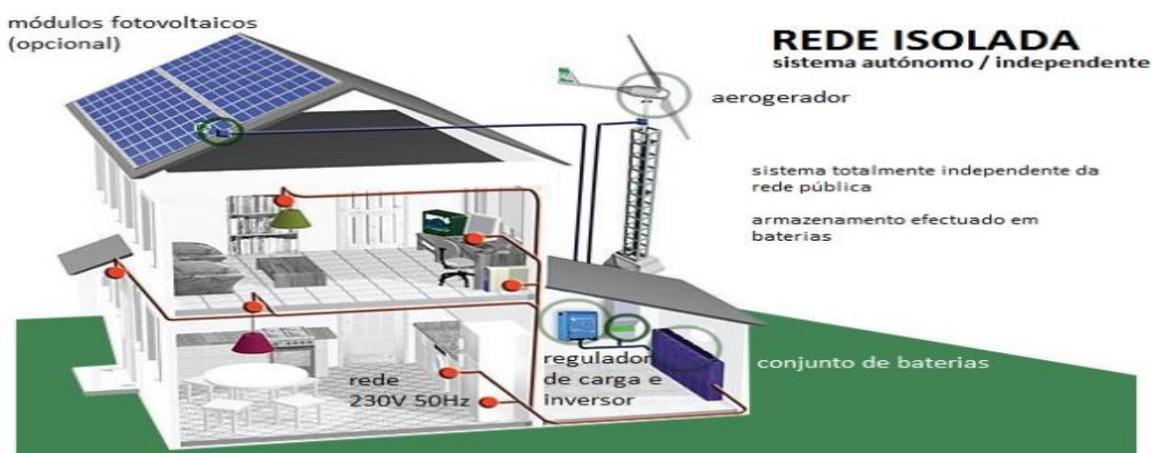
2.5.1 SISTEMAS ISOLADOS

Os sistemas isolados, para geração de energia eólica são caracterizados por não se conectarem a rede elétrica. O sistema abastece diretamente os aparelhos que utilizarão a energia e são geralmente construídos com um propósito local e específico. São sistemas autônomos de pequeno porte, com potência instalada na faixa de até 80 kW, normalmente, destinados à eletrificação rural.

Conforme a figura 4, os sistemas isolados utilizam armazenamento de energia que podem ser feitos através de baterias, com o objetivo de utilizar aparelhos elétricos, ou na forma de energia gravitacional, com a finalidade de armazenar a água bombeada em reservatórios. Alguns sistemas não necessitam de armazenamento, como a água bombeada no sistema de irrigação é diretamente consumida.

Os sistemas que armazenam energia em baterias necessitam de um dispositivo para controlar a carga e a descarga da bateria. O controlador de carga tem como principal objetivo não deixar que haja danos ao sistema de bateria por sobrecargas ou descargas profundas. Para alimentação de equipamentos que operam com corrente alternada (CA) é necessário a utilização de um inversor. O inversor pode ser de estado sólido (eletrônico) ou rotativo (mecânico). Este dispositivo geralmente incorpora um seguidor do ponto de máxima potência necessário para otimização da potência produzida. Este sistema é usado quando se deseja utilizar eletrodomésticos convencionais, (CRESESB, 2008).

Figura 4- Sistemas isolados



Fonte: SASEnergi, (2010)

2.5.2 SISTEMAS HÍBRIDOS

Os sistemas híbridos são aqueles que desconectados da rede convencional operam em paralelo com uma fonte de energia firme como, por exemplo, módulos fotovoltaicos, geradores Diesel, turbinas eólicas, tendo como objetivo principal economizar combustível. As utilizações de várias formas de geração de energia elétrica aumentam a complexidade do sistema e exige a otimização do uso de cada uma das fontes. Nesse caso, é necessário realizar um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência dos fluxos energéticos na entrega da energia para o usuário conforme a figura 5.

Em geral, os sistemas híbridos são empregados em sistemas de médio a grande porte destinado a atender um número maior de usuários. Por trabalhar com cargas em corrente alternada, o sistema híbrido também necessita de um inversor. Devido à grande complexidade de arranjos e multiplicidade de opções, a forma de otimização do sistema torna-se um estudo particular em cada caso.

Figura 5- Exemplo de sistema híbrido



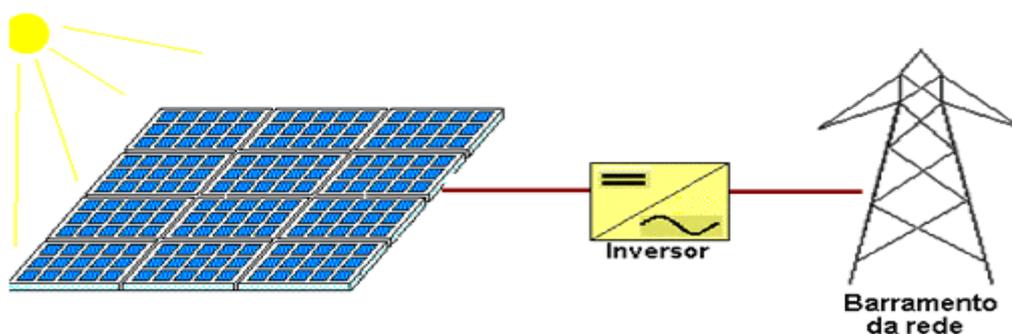
Fonte: CRESESB, (2008).

2.5.3 SISTEMAS INTERLIGADOS À REDE

Estes sistemas utilizam grandes números de painéis fotovoltaicos, representam uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual estão interligados e não utilizam armazenamento de energia, pois toda a geração é entregue diretamente na rede.

Os sistemas eólicos interligados à rede apresentam as vantagens inerentes aos sistemas de geração distribuída tais como: a redução de perdas, o custo evitado de expansão de rede e a geração na hora de ponta quando o regime dos ventos coincide com o pico da curva de carga. Todos os arranjos são conectados a inversores e logo em seguida, guiados diretamente na rede. Estes inversores devem satisfazer as exigências de qualidade e segurança para que a rede não seja afetada. Modelo, a figura 6.

Figura 6- Sistema conectado à rede.



Fonte: CRESESB (2008).

2.5.4 SISTEMAS Off-Shore

Sistemas Off-Shore (Energia eólica no mar) representam as novas fronteiras da utilização da energia eólica. Embora representem instalações de maior custo de transporte, instalação e manutenção, as instalações off-shore têm crescido a cada ano, principalmente com o esgotamento de áreas de grande potencial eólico em terra, (RODRIGUES, 2011).

A indústria eólica tem investido no desenvolvimento tecnológico da adaptação das turbinas eólicas convencionais para uso no mar devido, não ter limitações em termos de utilização do solo e dos diversos impactos visuais; Não ter problemas com impactos sonoros, devido a distância da costa; A superfície do mar tem baixa rugosidade permitindo que as turbinas não necessitem de grandes alturas (comparando-as com o solo terrestre); Globalmente, a turbulência do vento é muito inferior no mar, devido à ausência de barreiras. Assim, as turbinas não sofrem um desgaste exorbitante, tendo um aumento em sua vida útil.

Além do desenvolvimento tecnológico, os projetos off-shore necessitam de estratégias especiais quanto ao tipo de transporte das máquinas, sua instalação e operação. Todo o projeto deve ser coordenado de forma a utilizar os períodos em que as condições marítimas propiciem um deslocamento e uma instalação com segurança. Como modelo, a figura 7.

Figura 7– Parque eólico instalado no mar



Fonte: Rodrigues, (2011).

2.6 IMPACTOS AMBIENTAIS

As usinas eólicas produzem energia elétrica através de geradores movidos por ventos. Essas usinas são as que menos provocam impactos ambientais. A energia eólica é hoje considerada uma das mais promissoras fontes naturais de energia, principalmente porque é renovável, ou seja, não se esgota.

A energia eólica não polui durante sua operação, portanto é vista como uma contribuição para a redução de emissão de gases de efeito estufa e na redução da concentração de CO₂.

Estas inquestionáveis vantagens da energia eólica não impedem que se tenham feito estudos, muito aprofundados, sobre todo o tipo de impactos que ela possa constituir. Sendo os mais importantes referidos e analisados em seguida.

2.6.1 UTILIZAÇÃO DO TERRENO

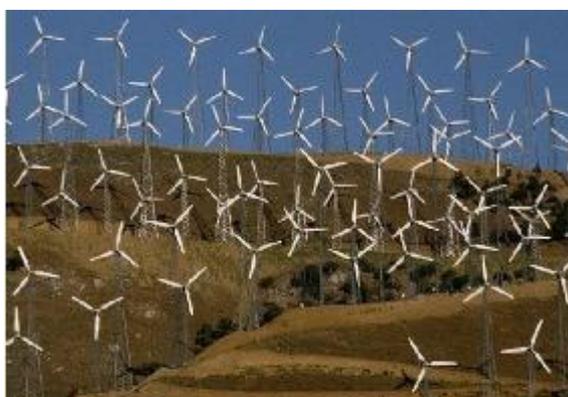
Impactos sobre o uso de terras é quantificado pela área ocupada, sendo que em geral ocupam 0,06 a 0,08 km²/MW (12-16MW/km²), podendo a área ser utilizada para outros propósitos tais como agricultura (EUREC Agency, 2002).

No entanto não devemos esquecer que a implantação de obstáculos ou o aumento da rugosidade do terreno implica uma diminuição da produção do parque. De uma forma geral a instalação de parques eólicos, não afeta significativamente o habitat natural.

O impacto sobre o solo ocorre de forma pontual à área de instalação da base de concreto onde a turbina é instalada. Vários testes de compactação do solo são feitos para avaliação das condições de instalação de cada turbina. Por não haver uso de combustíveis fósseis, o risco de contaminação do solo por resíduo líquido devido à operação e manutenção de parques eólicos é reduzido ou quase nulo. Esta característica minimiza também os riscos de contaminação do lençol freático.

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).

Figura 8- Centro de Energia Eólica



Fonte: ambientenaterra.blogspot.pt/data/rss

2.6.2. EMISSÃO DE RUIDOS

A emissão de ruídos nos aerogeradores é devida ao funcionamento mecânico e ao efeito aerodinâmico. Para aerogeradores com diâmetro do rotor superior a 20m os efeitos aerodinâmicos são os que mais contribuem para a emissão de ruídos.

As turbinas de grande porte geram ruído audível significativo, de forma que existe regulamentação relativa à sua instalação na vizinhança de áreas residenciais, figura 9. Entretanto,

nas turbinas mais modernas o nível de barulho tem sido reduzido. O ruído é proveniente de duas fontes: o próprio fluxo de ar nas pás e os mecanismos geradores, caixa de redução.

O ruído no interior ou em torno de uma usina eólica varia consideravelmente dependendo de uma série de fatores, como: o leiaute da usina, o modelo de turbinas instaladas, o relevo do terreno, a velocidade e a direção do vento e o ruído de fundo. O aumento das emissões de som das turbinas eólicas está relacionado com aumento da velocidade do vento. No entanto, o ruído de fundo que normalmente aumenta mais rápido que o som da turbina, tende a mascarar o ruído das mesmas com o crescimento da velocidade do vento (NOISE ASSOCIATION, 2002).

Figura 9: Aerogeradores da Cidade de Caetité, Bahia.



Fonte: Pablo Jacob (2013)

2.6.3. IMPACTO VISUAL

Impactos visuais podem ser previstos e evitados através de um estudo de implantação cuidadoso, evitando efeitos de sombras, que podem incomodar mais do que os efeitos acústicos (EUREC Agency, 2002).

A reação visual às estruturas eólicas varia de pessoa para pessoa. Trata-se de um efeito que deve ser levado em consideração, na medida em que o aumento do rendimento das turbinas eólicas vem acompanhado pelo aumento em suas dimensões e na altura das torres, figura 10. Como consequência, também o espaço requerido entre as turbinas torna-se maior, diminuindo, portanto, a densidade na área da fazenda eólica - o que possibilita o aproveitamento do solo para usos alternativos no entorno do empreendimento. Os benefícios econômicos gerados pela implantação das fazendas eólicas muitas vezes são cruciais para amenizar potenciais atitudes ou percepções negativas em relação à tecnologia (EWEA, 2004).

Figura 10: Aerogerador de grande porte.



Fonte: CicloVivo (2012)

2.6.4. BALANÇO ENERGÉTICO

A energia gasta para produzir, instalar e para operação e manutenção de um aerogerador típico é produzida por esse mesmo aerogerador em menos de meio ano. Este fato torna a energia eólica uma das energias mais atrativas em termos de planejamento energético mundial.

A EWEA (European Wind Energy Association) elaborou um documento estratégico, "Time for Action" publicado em 1991, onde estabeleceu metas realísticas para a Europa no ano de 2030. Neste documento prevê-se que sistemas eólicos alimentem 10% do consumo estimado o que equivale a 100000 MW instalados.

O WEC (World Energy Council) elaborou dois cenários: o primeiro enquadra-se numa situação em que não existem alterações significativas nas medidas ambientais. Este cenário prevê uma potência instalada de 10000 a 15000 MW no ano 2000 e 180000 MW no ano 2020. O segundo cenário, cenário ecológico, prevê para o ano 2020 uma potência instalada de energia eólica de 474000 MW.

2.6.5. AVES

Um dos aspectos ambientais a ser enfatizado diz respeito à localização dos parques eólicos em áreas situadas em rotas de migração de aves. O comportamento das aves e as taxas de mortalidade tendem a ser específico para cada espécie e para cada lugar, figura 11.

Em alguns casos de parques localizados em zonas de migração de aves, tais como Tarifa no sul de Espanha, tem-se observado um elevado número de aves mortas pelo movimento de rotação das pás.

No entanto, estes incidentes não constituem um caso sério na grande maioria do parque. A forma de evitar estes incidentes é uma correta planificação na localização dos parques evitando as rotas de migração.

Fora das rotas de imigração, estudos mostram que raramente os pássaros são incomodados pelas turbinas, e que eles tendem a mudar sua rota de vôo entre 100 a 200 metros, passando acima ou ao redor da turbina, em distâncias seguras. Na Alemanha, morrem mais pássaros vitimados pelo impacto em torres de antenas do que em turbinas eólicas (Tolmasquim, 2004).

Figura 11: Aerogerador Chinês



Fonte: Agostinho Vieira (2013)

2.6.6. INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS

Os aerogeradores, em alguns casos podem refletir as ondas eletromagnéticas podendo interferir e perturbar sistemas de telecomunicações.

Isso acontece quando a turbina eólica é instalada entre os receptores e transmissores de ondas de rádio, televisão e micro-ondas, figura 12. As pás das turbinas podem refletir parte da radiação eletromagnética em uma direção, tal que a onda refletida interfere no sinal obtido.

O grau e a natureza da interferência dependerão da localização da turbina entre o transmissor e o receptor, as características das pás, frequência do sinal, características do receptor e a propagação das ondas de rádio na atmosfera local (EWEA, 2009).

Figura 12: Aerogeradores com Interferências



Foto: Manu Dias/ GOV BA, (2013)

2.6.7. RISCO PARA TERCEIROS

Quanto à segurança das pessoas, tem-se verificado que os sistemas eólicos estão entre os sistemas de produção de energia elétrica mais seguros. Tendo sido registrados apenas casos raros de pessoas feridas por pedaços partidos das pás ou por pedaços soltos de gelo.

Figura 13: Aerogeradores nas cidades

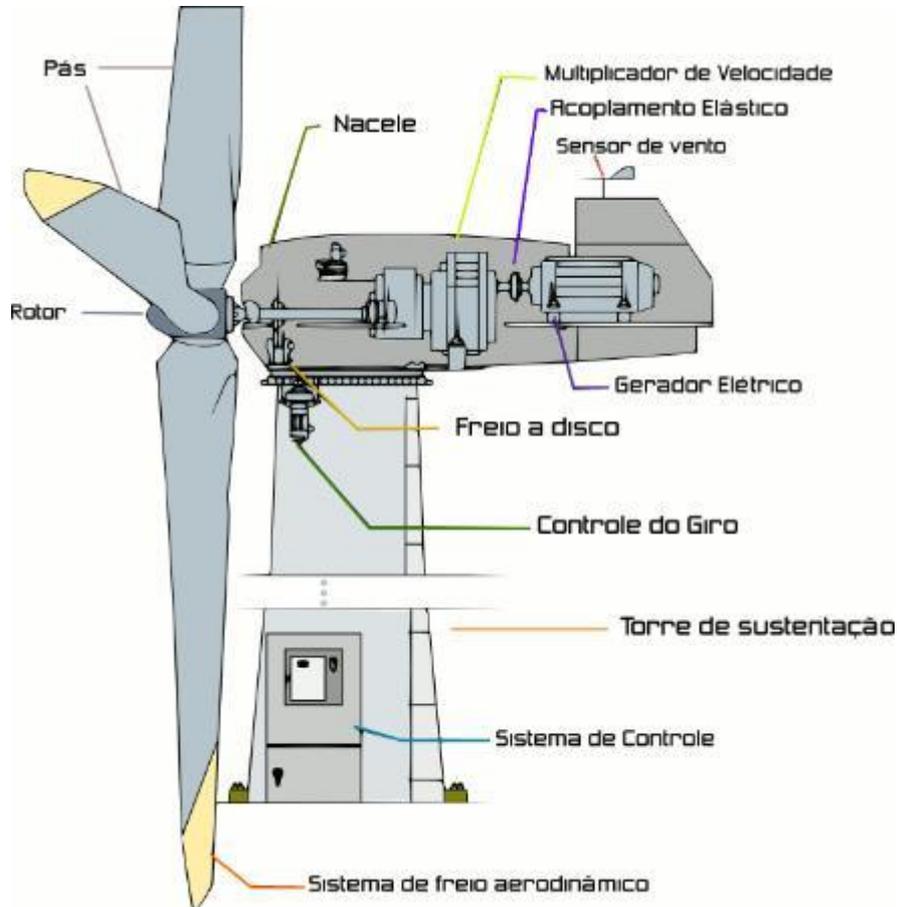


Fonte: Manuel Tavares (2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CONSTITUIÇÃO E FUNCIONAMENTO DE UM AEROGERADOR

Figura 14 – Componente de uma Grande Unidade Aeroeradora.



Fonte: Aneel (2007)

Aerogeradores como a figura 14, são formados por uma torre e uma gôndola composta por um “rotor” e aparelhos de medição (um anemômetro para medir a velocidade do vento, uma veleta ou “cata-vento” para conhecer a sua direção e um pára-raios). Principais componentes:

- Rotor: É o componente que efetua a transformação da energia cinética dos ventos em energia mecânica de rotação. No rotor são fixadas as pás da turbina. Todo o conjunto é conectado a um eixo que transmite a rotação das pás para o gerador, muitas vezes através de uma caixa multiplicadora;
- Torre: As torres são necessárias para sustentar e posicionar o rotor a uma altura conveniente para o seu funcionamento. É um item estrutural de grande porte e de elevada contribuição no custo do sistema. Inicialmente, as turbinas utilizavam torres de metal treliçado. Com o uso de geradores com potências cada vez maiores, as naceles passaram a sustentar um peso muito elevado tanto do gerador quanto das pás. Desta forma, para dar maior mobilidade e segurança para sustentar toda a nacelle em alturas

cada vez maiores, tem-se utilizado torres de metal tubular ou de concreto que podem ser sustentadas ou não por cabos tensores.

- c) Nacele: É a carcaça montada sobre a torre, onde se situam o gerador, a caixa de engrenagens (quando utilizada), todo o sistema de controle, medição do vento e motores para rotação do sistema para o melhor posicionamento em relação ao vento.
- d) Pás do rotor: responsáveis por capturar a energia cinética do vento e transformá-la em trabalho mecânico. As pás são fixadas no cubo do rotor. Inicialmente, as pás eram feitas de alumínio, mas atualmente, são fabricadas com fibras de vidro e reforçadas com epóxi;
- e) Cubo ou cone do rotor: estrutura metálica situada à frente do aerogerador, constituída de aço ou liga de alta resistência. É montado e transportado como uma peça única a fim de evitar a montagem no local de instalação;
- f) Eixo: responsável pela conexão do cubo ao gerador, transferindo energia mecânica da turbina. Também constituído de aço ou liga de alta resistência;
- g) Caixa de engrenagens ou multiplicadora: responsável por adaptar a baixa velocidade do rotor à elevada velocidade de rotação dos geradores. Em máquinas de 600 a 750kW, por exemplo, a relação de engrenagens é de aproximadamente 1:50. Recentemente, alguns fabricantes desenvolveram com sucesso aerogeradores sem a caixa multiplicadora e abandonaram a forma tradicional de construí-los. Assim, ao invés de utilizar a caixa de engrenagens com alta relação de transmissão, necessárias para alcançar a elevada rotação dos geradores utilizam-se geradores multipolos de baixa velocidade e grandes dimensões;
- h) Gerador elétrico: responsável pela transformação da energia mecânica de rotação em energia elétrica. Atualmente, existem diversos tipos de geradores: geradores de corrente contínua, geradores síncronos, geradores assíncronos, geradores de comutador de corrente alternada. O mais utilizado nas turbinas modernas é o gerador de indução.
- i) Controle de giro (mecanismo yaw): é conhecido também como mecanismo de orientação e utiliza motores elétricos para girar a nacele juntamente com o rotor contra o vento. Este mecanismo é operado por um controlador eletrônico que monitora a direção do vento, fazendo o aerogerador girar alguns graus para o melhor aproveitamento do vento.
- j) Sistema de controle: contém um microprocessador que monitora, continuamente, as condições do aerogerador. Em caso de um mau funcionamento (sobrecarga, excesso de calor na caixa de engrenagens, etc.) ele automaticamente dispara o processo de parada da turbina eólica;

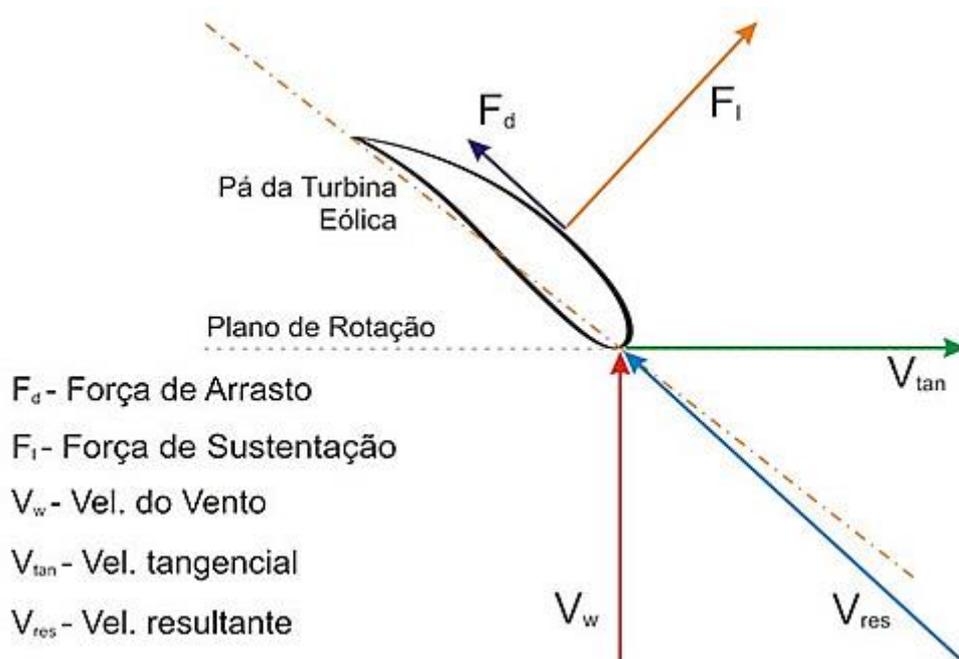
- k) Sensores de vento: basicamente o anemômetro e a veleta. O primeiro mede a velocidade do vento e o segundo monitora a direção do vento. Os sinais do anemômetro são usados pelo sistema de controle para partir o aerogerador quando a velocidade do vento está em torno de 3,5 m/s a 5 m/s. Quando esta velocidade é superior a 25 m/s, o sistema de controle dispara o processo de parada do aerogerador de forma a preservá-lo mecanicamente. Já o sinal da veleta é usado para girar o aerogerador contra o vento, por meio do mecanismo de orientação.

Existem diversos tipos de aerogeradores na atualidade e o que irá determinar qual o mais adequado são as características do local de instalação da turbina, incluindo o regime de ventos, e as preferências do comprador.

Os aerogeradores, também conhecidos por turbinas eólicas, são equipamentos que têm como objetivo extrair a energia cinética do fluxo de ar em movimento, transformando-o em energia mecânica. Logo depois essa energia mecânica é convertida em energia elétrica.

De forma simplificada funciona assim: o vento, ao incidir sobre as pás do aerogerador, gera força (Figura 15) suficiente para fazer girar o eixo central, que por sua vez está conectado a um gerador elétrico, instalado no topo da torre. A eletricidade produzida é então injetada no sistema elétrico e transmitida até os locais de consumo.

Figura 15 - Forças atuantes em uma pá de turbina elétrica



Fonte: CRESESB, (2009)

O agrupamento de vários aerogeradores em uma mesma região forma uma usina eólica, parque eólico, ou ainda, fazenda eólica. Essa energia produzida pelos aerogeradores contribui significativamente para a agregação de potência em larga escala ao sistema elétrico.

Segundo (CHIOCHETTA, 2011) essa potência do vento que passa por uma área circular pode ser calculada através da fórmula, $P = 1/2 (\rho v^3 \pi r^2)$.

onde:

P=potência média do vento em Watts [W];

ρ (rho) = densidade do ar seco = 1,225 kg/m³ (PTN);

v= velocidade média do vento [m/s];

π (pi) =3.1415926535...;

r = raio do rotor em m [metros];

Porém, a energia não pode ser toda recuperada pelo aerogerador, então se introduz o cálculo da potência (C_p) para tornar mais preciso:

$$P = 1/2 (\rho v^3 \pi r^2 C_p)$$

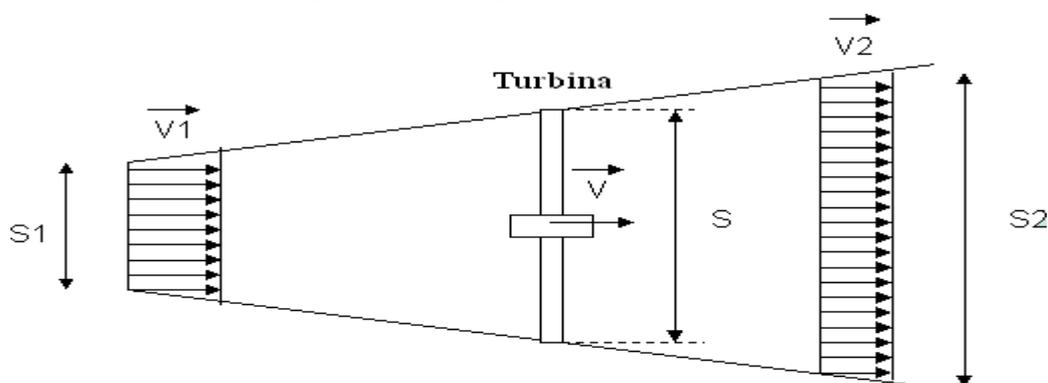
O coeficiente é o nível de rendimento de uma turbina, sendo definido pela razão:

$$C_p = \frac{\text{Potência disponível no eixo}}{\text{Potência disponível (recuperável)}}$$

O coeficiente de potencia C_p consiste no valor de energia contida no fluxo de ar que pode ser teoricamente extraída por uma turbina eólica, sem serem consideradas as perdas aerodinâmicas do gerador. Em condições ideais, o valor máximo de C_p é de 0,593 (ou 59,30%) e é chamado de Coeficiente de Betz (DEWI, 1998).

A teoria de Betz coloca em modelo a passagem do ar antes e após a turbina, por um tubo de corrente onde:

Figura 16: Passagem de ar nas turbinas.



Fonte: electronica-pt, (2011).

V_1 é a velocidade do vento antes das pás da turbina;

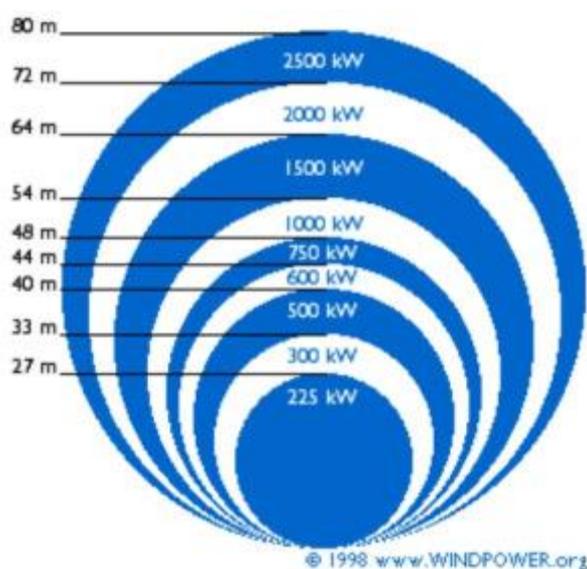
V é a velocidade do vento nas pás da turbina, na ordem de 10 m/s;

V_2 é a velocidade do vento após ter transferido energia às pás da turbina;

Onde $V_1 > V > V_2$, sendo estas velocidades paralelas ao eixo do rotor;

A potência produzida aumenta com a área varrida pelo rotor. A Tabela 5 dá uma idéia dos tamanhos normais dos aerogeradores. Uma turbina típica com um gerador elétrico de 600KW possui um rotor de 44m. Dobrando-se o diâmetro obtêm-se uma área quatro vezes maior. Significa uma potência também quatro vezes maior.

Tabela 5: Análise do Diâmetro com a Potência



Fonte: Kaiohdutra (2011)

Quanto ao número de pás, os mais utilizados são os de três pás, já que apresentam maior eficácia pela sua menor resistência ao ar. A gama de potências dos aerogeradores estende-se desde os 100 W (diâmetro das pás da ordem de 1 metro) até cerca de 5 MW (diâmetro das pás e altura da torre superiores a 100 metros).

3.2 AMBIENTE FAVORÁVEL À INSTALAÇÃO

A localização dos aerogeradores deverá potenciar a maximização da sua produção de energia. Por esta razão, a sua localização é normalmente efetuada no cume de montanhas, são, em geral, locais isolados e difícil acesso.

Um aerogerador ocupa uma reduzida superfície de solo, o que constitui uma vantagem para a sua instalação uma vez que pouco perturba as atividades industriais e agrícolas das proximidades.

Pode encontrar-se um aerogerador individual instalado num local isolado. O aerogerador não se encontra ligado à rede de energia elétrica nem ligado a outros aerogeradores. Podem também encontrar-se conjuntos de aerogeradores constituindo um parque eólico. Normalmente estas instalações encontram-se em terras, mas é cada vez mais freqüente instalá-las no mar (offshores, figura 7) onde a presença do vento é mais regular. Estes parques eólicos "offshore" permitem a redução dos inconvenientes provocados pelo ruído e pela poluição da paisagem.

3.3 VIABILIDADE ECONÔMICA DA ENERGIA

Na composição do cálculo de investimento e custo nesta forma de energia, levam-se em conta diversos fatores, como a produção anual estimada, as taxas de juros, os custos de construção, de manutenção, de localização e os riscos de queda dos geradores. Sendo assim os cálculos sobre o real custo de produção da energia eólica diferem muito, de acordo com a localização de cada gerador ou grupo de geradores.

Para solucionar os problemas apontados por especialistas no custo de produção e geração de Energia Eólica é sugerido a redução da carga tributária e aumento da geração. Como essa fonte não necessita de combustível, o preço da energia depende apenas do custo de instalação das estações geradoras. O presidente da IMPSA Wind Power, Luis Perscamona, afirma que 10% do custo de geração advêm do transporte das peças para instalação das estações (CÂMARA, 2009).

3.4 AVANÇOS TECNOLÓGICOS

A nova turbina, instalada a um quilômetro de distância da Ilha de Kabashima, próximo à costa oeste da província de Nagasaki, tem mais de 170 metros de altura e três hélices com 40 metros de comprimento cada. (Revista Mundo Nipo).

Esta é a primeira turbina eólica flutuante em operação no Japão e uma das maiores do mundo, figura 17. Sozinha, ela tem capacidade de gerar 2.000 kW de energia sustentável, o suficiente para suprir 1.800 residências, quase a metade de todo o consumo da cidade de Goto, em Nagasaki, de acordo com a emissora NHK (Revista Mundo Nipo).

De acordo com um relatório apresentado pelo Ministério do Meio Ambiente no final de março deste ano, ao término dos testes adicionais da turbina, o Japão aumentará sua capacidade de produção de energia eólica para 1 milhão de kW até 2020. (Revista Mundo Nipo).

Figura 17- Turbina Eólica Flutuante (Japão).

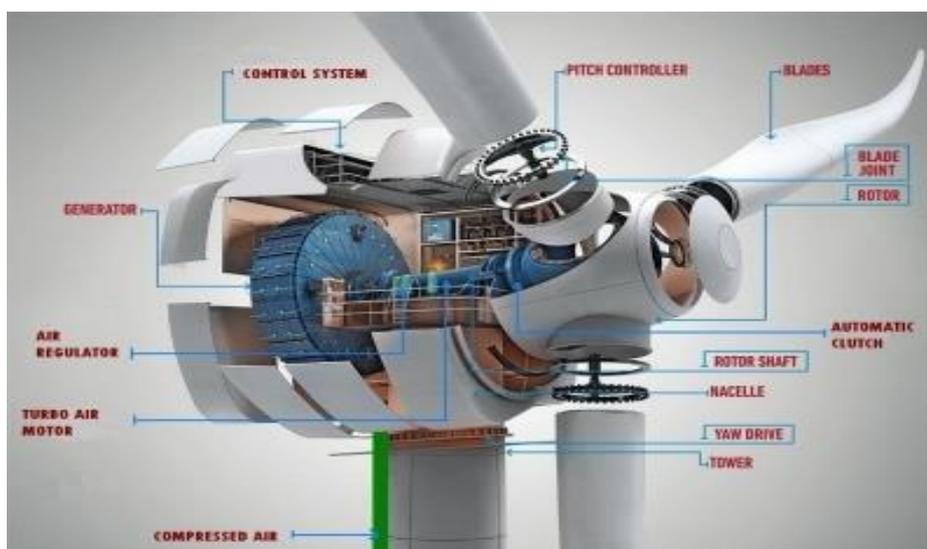


Fonte: NHK/Reprodução, (2013).

A Hybrid Turbines, uma startup sediada no Colorado (EUA), lançou um novo gênero de turbina eólica que recorre a um gerador a gás, figura 18, como back-up na eventualidade da força do vento não ser suficiente para propulsionar as lâminas da mesma. O sistema pode ajudar a mitigar um dos grandes problemas da energia eólica, a imprevisibilidade da mesma.

A companhia tem em vista o mercado onshore como o mercado offshore, mas o seu sistema atualmente está apenas preparado para turbinas até 4 MW.

Figura 18: Turbina eólica a gás



Fonte: Business Green, (2012).

A introdução de novas tecnologias ou de um novo mercado exige a contratação e aperfeiçoamento de profissionais especializados em diferentes áreas de atuação, contribuindo

para a geração de emprego e renda. Aliado ao fato de que boa parte das usinas serão implantadas no interior do país, em cidades pequenas, levará não só investimentos vultosos, mas também retornos com impostos. A melhoria de infra-estrutura (estradas, pontes, rede elétrica) contribuirá para a redução de desigualdades sociais e aumento de qualidade de vida para a população local.

4. CONCLUSÃO

O funcionamento da energia eólica é basicamente a captação da energia dos ventos com o uso de hélices que movimentam um eixo, e por meio de um gerador essa energia mecânica é transformada em elétrica, portanto, essa energia é totalmente limpa, não emite nenhum poluente.

A implantação do uso de energia eólica depende unicamente do crescimento tecnológico da humanidade com o objetivo de diminuir os custos relativos à manutenção, diminuir o efeito sonoro e aumentar o rendimento das turbinas eólicas.

O aproveitamento da energia eólica será de vital importância em um futuro próximo, pois suprirá as necessidades de populações de pequeno porte, deixando a demanda maior de energia recair sobre as fontes convencionais de energia, pois como se sabe uma indústria necessita de uma demanda muito maior de energia que uma população, entretanto espera-se que com o avanço da tecnologia a implantação de fontes de energia alternativas será suficiente para toda a demanda de energia do planeta.

Pode-se concluir, portanto, que a tendência futura é a passagem de um mundo movido por poucas fontes energéticas para um cenário diversificado, onde a energia eólica, a que apresenta maior crescimento de acordo com dados obtidos, é uma das alternativas mais viáveis, já que concilia desenvolvimento sustentável com eficiência energética atendendo às especificidades de cada região.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Internacional de Energia - IEA Technology Roadmap: Wind energy – 2013 Edition - S/ data. Disponível em: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Wind_2013_Roadmap.pdf>. Acesso em 22. Out. 2013

CASTRO, F Energia eólica no Brasil não depende apenas do vento. Agência FAPES. 24. Out. 2007. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=020115071024>>. Acesso em: 15 Out 2013

BRITO, S.S. Centro de referência para energia solar e eólica. Componentes de um sistema fotovoltaico. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Rio de Janeiro (RJ). Brasil, pp.6\7. Disponível em<<http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=341>>. Acesso em: 21 set 2013.

DULTRA, K.H.W técnicos online. Funcionamento de um Aerogerador. Publicado em 18 set de 2013. Disponível em: <<http://kaiohdutra.wordpress.com/2011/04/18/funcionamento-de-um-aerogerador/>> Acesso em: 10 Set 2013

Electrónica. Energia Eólica. Disponível em: <<http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/17/29/>> Acesso em: 10set 2013

Explicatorium. Energia Eólica. Disponível em: <<http://www.explicatorium.com/Energia-eolica.php>> Acesso em: 05 set 2013.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA- FIESC. Gestão Ambiental. S/ data. Disponível em <<http://www.fiescnet.com.br/gestaoambiental/noticias/11-eolica.html>>. Acesso em 22. Out .2013

FEITOSA, E. A. N. et al. Panorama do Potencial Eólico no Brasil. Brasília: Dupligráfica, 2003. (adaptado)

FILHO, W.P.B.; AZEVEDO, A.C.S. Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (Feam). Impactos ambientais em usinas eólicas.Itajubá (MG).2013. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2013/ag-267.pdf>> Acesso em: 10 Julho 2013.

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.

INATOMI,T.A.H.; UDAETA, M.E.M. Análise dos Impactos Ambientais na Produção de Energia Dentro do Planejamento Integrado de Recursos. São Paulo. Disponível em:<

http://www.espacosustentavel.com/pdf/inatomi_tahi_impactos_ambientais.pdf>. Acesso em: 06 Julho 2013.

LAYTON, JULIA. Como funciona a energia eólica. A moderna tecnologia de geração eólica. Brasil. 2011 Disponível em: <<http://ambiente.hsw.uol.com.br/energia-eolica1.htm>> Acesso em: 21 set 2013.

Ministério do Meio Ambiente. Energia Eólica. **Brasília. 2013 nov.** Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-eolica>>. Acesso em: 15 Ago 2013.

Mc2=energia. Importancia da Energia Eólica é Tema de Relatório do Greenpeace. Disponível em: <http://mc2-energia.blogspot.com.br/2009_12_26_archive.html> Acesso em: 21 Ago 2013.

MONTEIRO, Cláudio. Energia eólica- Impactos ambientais. Disponível em: <<http://www.mundovestibular.com.br/articles/374/3/ENERGIA-EOLICA-/Paacutegina3.html>.
[Acessado em Abr.2011](#)> Acesso em 22. Out .2013

NUNES FILHO, E. P.; BUENO, J. R.; NARDI, A. E. *Psiquiatria e Saúde Mental: conceitos clínicos e terapêuticos fundamentais*. São Paulo, Ed.Atheneu, 2000, p. 167.

PEREIRA, F. Microcontrolador PIC 18 Detalhado: hardware e software.1ª Ed. São Paulo, Ed. Érica, 2010. 304 p.

Panzer,A.C.; GOMES, A.E.Q.; MOURA, D.G. Módulo Didático de Educação Ambiental. Impactos Ambientais da Produção de Energia Elétrica. 2010set. Disponível em <http://crv.educacao.mg.gov.br/aveonline40/banco_objetos_crv/%7BEFE7AF77-9168-4820-BFD6-14F8A00BC7EE%7D_Impactos%20ambientais.pdf> Acesso em: 25 set 2013.

PIC 18FXX2 Data Sheet: High Performance, Enhance FLASH, Microcontroladores with 10- Bit A/D. Microchip Technology Inc.USA, 2002. 330 p.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL- PUCRS. Centro de energia eólica. S/ data. Disponível em:<<http://www.pucrs.br/ce-eolica/faq.php?q=10>>. Acesso em 15 Set. 2013.

RODRIGUES, PAULO ROBERTO. Energias Renováveis. Energia Eólica. pp7-51. Disponível em< http://youssefyousssef.wikispaces.com/file/view./energia_eolica.pdf> Acesso em: 12 Jun 2013.

SOUZA, E. T.; SILVA, M.C.L.; MELO, N.H.P.L. Manual para elaboração e normalização de trabalhos acadêmicos conforme normas da ABNT. 2. Ed. Belo Horizonte: UniBH, 2011. Disponível em:< www.unibh.br> acesso em: 10 jun 2013

World Wind Energy Association (WWEA, sigla em inglês para Associação Global de Energia Eólica)- S/ data. Disponível em:<<http://www.wwindea.org/home/index.php>> Acesso em 05. Jun. 2013.