



APROVEITAMENTO DE ENERGIA EÓLICA EM UMA ACADEMIA DE GINÁSTICA NA CIDADE DE CABO FRIO

Área temática: Gestão Ambiental e Sustentabilidade

Leonardo Brum

leraf3@yahoo.com.br

Filipe Borges

filipeborges29@hotmail.com

Josaura Leite

josaurade@gmail.com

Resumo: *Este projeto monográfico visa mostrar uma abordagem total sobre energia eólica e suas características no Brasil e no mundo. Uma das iniciais formas de energia conhecida, o vento já era concentrado para mover barcos à vela de pano em 3.500 a.C.. Em terra os primeiros moinhos de vento talvez tenham surgidos na Pérsia por volta de 700 d.C. As pás rodavam horizontalmente e eram ligadas diretamente a pedras de moenda que fragmentavam grãos. A força do vento também é utilizada para irrigar terras áridas e drenar alagados, e ainda como fonte alternativa de energia para gerar eletricidade. Tendo como objetivo geral, a implantação desse tipo de captação de energia através de ventos para a cidade de Cabo Frio, uma vez que esta se mostra favorável climaticamente falando, por apresentar ao longo do ano, uma grande quantidade de ventos suficientes para a distribuição de energia à toda população deste município. Como questão norteadora, pergunta-se se seria possível junto à academia em cabo frio e no meio ambiente e, por que não, junto à ampla, disponibilizar tal equipamento e beneficiar a população com tamanha tecnologia retirada dos ambientes naturais da cidade? Uma vez que a energia eólica no Brasil é tão pouco aproveitada.*

Palavras-chaves: *Energia eólica, Eletricidade, Sustentabilidade, Ventos, Cabo Frio.*



I - INTRODUÇÃO

Nomeia-se energia eólica a energia cinética presente nas massas de ar em movimento (vento). Sua aplicação acontece através do câmbio da energia cinética de transporte em energia cinética de rotação, com o trabalho de turbinas eólicas, também chamadas aerogeradores, para gerar a eletricidade, ou cataventos (e moinhos), para serviços mecânicos como bombeamento d'água.

Bem como a energia hidráulica, a energia eólica é usada há milhares de anos com as mesmas intenções, a saber: bombeamento de água, trituração de grãos e outros empregos que englobam energia mecânica. Para gerar a eletricidade, as primeiras tentativas apareceram no final do século XIX, porém apenas um século após, com o conflito internacional do petróleo (década de 1970), é que teve importância e investimentos satisfatórios para viabilizar o desenvolvimento e aproveitamento de equipamentos em tamanho comercial.

A primeira turbina eólica comercial conectada à rede elétrica pública foi montada em 1976, na Dinamarca. Recentemente, houve mais de 30 mil turbinas eólicas em atividade no mundo. Em 1991, a Associação Européia de Energia Eólica instituiu como propostas a construção de 4.000 MW de energia eólica na Europa até o ano 2000 e 11.500 MW até o ano 2005. Essas e outras propostas estão sendo desempenhadas bem antes do aguardado (4.000 MW em 1996, 11.500 MW em 2001). As propostas recentes são de 40.000 MW na Europa até 2010. Nos Estados Unidos, o parque eólico que há é de mais ou menos 4.600 MW instalados e com um desenvolvimento por ano em torno de 10%. Considera-se que em 2020 o mundo terá 12% da energia originada pelo vento, com uma competência instalada de mais de 1.200GW (WINDPOWER; EWEA; GREENPEACE, 2003; WIND FORCE, 2003).

Atuais desenvolvimentos tecnológicos (sistemas desenvolvidos de transmissão, ótima aerodinâmica, estratégias de domínio e operação das turbinas etc.) têm minimizado custos e aperfeiçoado a atuação e a confiança dos equipamentos. O valor dos equipamentos, que era um dos relevantes obstáculos a aplicação comercial da energia eólica, diminuindo-se consideravelmente nas últimas duas décadas. Projetos eólicos em 2002, usando atualizadas turbinas eólicas em condições adequadas, apresentaram custos na ordem de 820/kW instalado e produção de energia a 4 cents/kWh (EWEA; GREENPEACE, 2003).



1.1 TEMA

O aproveitamento deste tipo de energia decorrente dos avanços tecnológicos do setor contribuiu bastante para a definição deste tema como um trabalho de estudo em fase do término do curso de graduação de Engenharia de produção. Com isso, o foco desse projeto é ressaltar a importância do uso da energia renovável neste início do século XXI e demonstrar o diferencial da energia proveniente dos ventos.

1.2 PROBLEMA

Para justificar o desenvolvimento de energias do tipo “renováveis” podemos analisar, primeiramente, a atual dependência que temos de recursos energéticos não-renováveis que pela estimativa se pode prever a futura escassez que haverá dos mesmos. Outro fator importante é a busca permanente de novas opções tecnológicas energéticas que não geram degradação da atmosfera, do solo, de recursos hídricos e do meio ambiente de uma maneira geral, sempre levando em conta as fontes de energia intermináveis que temos no planeta e questiona-se o porquê da energia eólica no Brasil ser tão pouco aproveitada e porque se deve mudar isso.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Este trabalho tem como objetivo a análise do aproveitamento da energia eólica numa academia de ginástica que como todas as demais energias possuem certas vantagens e desvantagens; o que a faz diferente não é só um fato ou outro, é o conjunto como um todo. Além de esta ser uma fonte de energia renovável, ela pode ser utilizada para o fornecimento de energia para pequenas populações onde não há um acesso de energia direto e também não necessita de grandes investimentos.

1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral analisar o aproveitamento da energia eólica numa academia de ginástica, que como todas as demais energias possuem certas vantagens e desvantagens, pois além de ser uma fonte de energia renovável, ela pode ser usada para o abastecimento de energia para pequenas populações onde não há um acesso de energia direto e também não necessita de grandes investimentos.



1.3.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos:

- Estudar regiões no Brasil e na Região litorânea, Cabo Frio que utilizam a energia eólica;
- Verificar climas favoráveis para a implantação da energia renovável;
- Avaliar a implantação do equipamento na região dos lagos em uma academia de ginástica.

1.4 CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA

Hoje em dia, na grande maioria dos casos, o uso da energia eólica acontece com o intuito de gerar energia elétrica para, provavelmente, bombear água, aquecer ambientes, ligar várias máquinas, moer grãos, usos domésticos ou de pequenas empresas, entre outros. Isso acontece pelo fato da eletricidade ser uma maneira muito cômoda e usual de distribuição de energia.

Com esse estudo pormenorizado, contribuirá de forma positiva na aquisição e implantação do equipamento de energia eólica quando pesquisado as regiões brasileiras e especialmente na validação deste na região litorânea, mais especificamente em academia de ginástica na cidade de Cabo Frio.

1.5 ASPECTOS METODOLÓGICOS ENVOLVIDOS

Nesta seção serão mostradas as etapas que serão utilizadas para esta pesquisa de ordem quali-quantitativa e descrever a aplicação das etapas do modelo que será utilizado, definindo um referencial de partida acerca do tema escolhido.

Pesquisa de caráter quanti-qualitativa com o objetivo em explicar por meio de observação de local e estrutura apropriados para a realização da implantação do equipamento eólica na região litorânea, mais precisamente, em uma academia localizada em Cabo Frio.

A pesquisa será exploratória, explicativa e descritiva e, do ponto de vista da sua natureza é aplicada.

Foi realizado o levantamento bibliográfico para um aprofundamento sobre o tema, tendo como cenário virtual os sites de buscas como o Google Acadêmico, sites específicos sobre o tema e acervos de obras bibliográficas no espaço temporal entre 2000 a 2012 na qual no ano de 2000 foram os mais pesquisados, seguindo uma ordem de exposição ao meio



eletrônico ao relacionar este periódico ao Atlas. Pesquisas feitas recentemente também foram publicadas, porém com a data ao que consta de 2000, 2003 e 2012 no referencial bibliográfico.

II - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MAS AFINAL, O QUE É ENERGIA EÓLICA?

A energia eólica é a energia adquirida pelo movimento do ar (vento). É uma grandiosa fonte de energia, renovável, limpa e podendo estar presente em todos os lugares.

Foram criados na Pérsia no séc. V os moinhos de vento e eram utilizados para bombear água para irrigação. Os mecanismos fundamentais de um moinho de vento não modificaram desde esse tempo: o vento alcançava uma hélice que ao movimentar-se girava um eixo que impulsionava uma bomba (gerador de eletricidade).

2.2 ORIGEM

Os ventos são produzidos pela diferença de temperatura da terra e das águas, das planícies e das montanhas, das regiões equatoriais e dos pólos do planeta Terra.

A abundância de energia presente no vento varia de acordo com as estações do ano e as horas do dia. A descrição de um lugar e a rugosidade do solo também têm bastante interferência na repartição de presença dos ventos e de sua agilidade em um local. Além disso, a quantidade de energia eólica que se retira numa região se sujeita das características de função, altura de operação e lacuna horizontal dos sistemas de conversão de energia eólica estabelecidos. A avaliação necessita do potencial de vento em uma região é o primeiro e essencial passo para o aproveitamento do recurso eólico como fonte de energia.

Para a análise do potencial eólico de uma região é preciso a coleta de dados dos ventos com exatidão e qualidade, capaz de providenciar um mapeamento eólico da região.

As hélices de uma turbina de vento são desiguais aos das lâminas dos antigos moinhos, pois são mais aerodinâmicas e eficientes. As hélices têm o formato de asas de aviões e usam a mesma aerodinâmica. As hélices em movimento acionam um eixo que está conexo à caixa de mudança. Por meio de uma série de engrenagens a velocidade do eixo de rotação



crece. O eixo de rotação está ligado ao gerador de eletricidade que com a rotação em alta velocidade gera energia.

Um aero-gerador incide num gerador elétrico movimentado por uma hélice, que por sua vez é movimentada pela força do vento. A hélice pode ser notada como um motor a vento, cuja quantidade de energia que pode ser produzida pelo vento depende de quatro fatores: da abundância de vento que passa pela hélice, do diâmetro da hélice, da dimensão do gerador e do proveito de todo o sistema.

2.2.1 Ventos e meio ambiente

A energia eólica é denominada a energia mais limpa do planeta, estando disponível em vários lugares e em diferentes magnitudes, uma boa opção às energias não-renováveis.

2.2.2 O vento e a energia eólica

O vento é o ar em circulação por causa do aquecimento diferente da superfície da terra pelo sol. O solo e a atmosfera recebem mais calor solar junto ao Equador do que nas regiões polares. Mesmo dessa maneira, as regiões equatoriais não ficam mais quentes a cada ano, nem as polares ficam mais frias. É a movimentação do ar ao redor da terra que suaviza a temperatura extrema e gera ventos na superfície tão proveitosos para a produção de energia.

Como todos os gases, o ar se espalha ou estende de volume quando aquecido, e contrai e diminui de volume quando se resfria. No ambiente o ar quente é mais leve e menos pesado do que o ar frio e se ergue a altas altitudes quando intensamente acalorado pelo sol. O ar aquecido perto do Equador correrá para cima, e então, no sentido dos pólos onde o ar junto a superfície é mais frio. As regiões terrestres adjacentes aos pólos agora possuem mais ar, pressionando-as, e o ar da área mais fria tende a desligar dessas áreas e movimentarem-se no curso do Equador.

Muita energia está sendo invariavelmente transferida do sol para a superfície terrestre, portanto, somente ventos das camadas atmosféricas mais baixas são acessíveis para converter a sua energia.



2.2.3 Como funciona a energia eólica?

O vento contorna uma hélice gigante ligada a um gerador que gera eletricidade. Quando vários mecanismos como esse - conhecido como turbina de vento - são conectados a uma central de transmissão de energia, tem-se uma central eólica. A quantidade de energia gerada por uma turbina varia conforme o tamanho das suas hélices e, claro, do conjunto de ventos na região em que está instalada. Engana-se quem pense que o ideal é contar simplesmente com ventos fortes. "Além da velocidade dos ventos, é importante que eles sejam regulares, não sofram turbulências e nem estejam sujeitos a fenômenos climáticos como tufões", diz o engenheiro mecânico Everaldo Feitosa, vice-presidente da Associação Mundial de Energia Eólica.

O Brasil tem um dos maiores potenciais eólicos do planeta e, apesar de hoje o vento ser responsável por míseros 29 megawatts (MW) dos cerca de 92 mil MW fixados no país, há planos pretensivos para explorar essa fonte de energia. Amparado no Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (Proinfa), difundido pelo Ministério de Minas e Energia, o Brasil pretende chegar, em 2008, cerca de 1.500 MW produzidos pelo vento - um terço disso será instalado no Ceará e deve suprir mais da metade da demanda do estado.

O que dificulta a instalação de mais centrais eólicas ainda é o valor. O valor da energia produzida por uma central eólica está entre 60% e 70% a mais que a mesma quantidade produzida por uma usina hidrelétrica. Por outro lado, a energia do vento tem o grande proveito de ser inesgotável e causar muito pouco impacto ao ambiente.

2.3 A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Com um nível de consumo equiparado ao da Itália e da Espanha, o Brasil é atualmente o 12º maior consumidor de energia do mundial. Na maior parte dos casos, o emprego da energia eólica incide com o propósito de gerar eletricidade para, provavelmente, usos caseiros ou de empresas de pequeno porte, sovar grãos, ligar diferentes maquinários, aquecer ambientes, bombeamento de água, entre outros. Isso acontece pelo fato da eletricidade ser utilizado frequentemente na distribuição de energia.

Ainda que a aplicação dos recursos eólicos tenha sido cometido tradicionalmente com o emprego de cata-ventos multipás para bombear água, algumas avaliações concisas de



vento, desempenhadas de modo recente em vários locais da região brasileira, apontam a existência de um imenso potencial de energia eólica ainda não especulado.

Grande atenção tem sido conduzida para o estado do Ceará, pelo fato de ter sido uma das primeiras regiões a desempenhar plano de recenseamento do potencial de energia eólica por meio de aferição de vento com modernos sensores especiais. Contudo, não foi somente na costa do Nordeste que âmbitos de amplo potencial eólico foram encontrados. Por exemplo, uma central de energia eólica está funcionando, em Minas Gerais, desde 1994, numa área distante (mais de 1000 km da costa), com perfeitas condições de vento.

A capacidade construída no Brasil está acima de 20 MW, com turbinas eólicas de médios e grandes portes vinculados ao circuito elétrico. Do mesmo modo, existem dezenas de turbinas eólicas de pequeno porte funcionando em locais isolados da rede convencional para aplicações diversas, tais como eletrificação, carregamento de baterias, bombeamento, e telecomunicações.

Pelo aspecto econômico e ambiental a Ilha de Fernando de Noronha no estado de Pernambuco contribui de forma positiva para a implantação de energia eólica. Aspecto econômico - Pelo fato de ser uma ilha, o fornecimento de energia elétrica é realizado através do diesel transportado do continente, tornando o abastecimento muito oneroso. Referente ao aspecto ambiental – com uma natureza vasta e exuberante, a brisa do mar e o vento constante.

Desde julho de 1992, a turbina que trabalha na Ilha de Fernando de Noronha, apresenta potência nominal de 75Kw, diâmetro do rotor de 17m (3 pás) e uma torre de 23 m de altura.

2.4 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS

A estimativa do potencial eólico de uma região exige tarefas metódicas de coleta e pesquisa de dados sobre a atividade do vento, sua a velocidade e o regime.

Em regra, uma estimativa estrita exige recenseamentos específicos, mas dados coletados em aeroportos, estações meteorológicas e outros aproveitamentos semelhantes podem ministrar uma primeira avaliação do potencial bruto ou teórico da aplicação da energia do vento.

A fim de que a energia eólica seja qualificada tecnicamente aproveitável, é obrigatório que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m², a uma altura de 50 m, o que requer uma

velocidade menor do vento de 7 a 8 m/s (GRUBB; MEYER, 1993). Segunda a Organização Mundial de Meteorologia, em apenas 13% da camada terrestre o vento descreve uma velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m. Essa dimensão modifica demais entre regiões e continentes, atingindo a 32% na Europa Ocidental, como apontado na Tabela 1.

TABELA 1 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
Total do Globo	13.650	10	9.550	7	8.350	6

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

Apesar de tudo, avalia-se que o potencial eólico bruto no mundo seja da classe de 500.000 TWh por ano. Devido, não obstante, a advertências socioambientais¹, apenas 53.000 TWh (cerca de 10%) são qualificados tecnicamente aplicáveis (Tabela 2). Ainda assim, esse potencial líquido satisfaz a cerca de quatro vezes o consumo de energia elétrica no mundo.

TABELA 2 Estimativas 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
Total do Globo**	23	498.400	-	53.000

Fonte: GRUBB, M. J; MEYER, N. I. Wind energy: resources, systems and regional strategies. In: JOHANSSON, T. B. *et. al.* Renewable energy: sources for fuels and electricity. Washington, D.C.: Island Press, 1993p. (*) Em relação ao potencial bruto; (**) Excluindo-se Groenlândia, Antártida, a maioria das ilhas e os recursos *offshore*.

¹ Existência de áreas densamente povoadas e/ou industrializadas e outras restrições naturais, como regiões muito montanhosas, por exemplo.



Nos inícios dos anos 1990, os primeiros anemógrafos computadorizados e sensores especiais para energia eólica foram montados no Ceará e em Fernando de Noronha (PE), Brasil. Houve a possibilidade de determinar o potencial eólico e a instalação das primeiras turbinas eólicas do brasileira como consequência dessas avaliações na região.

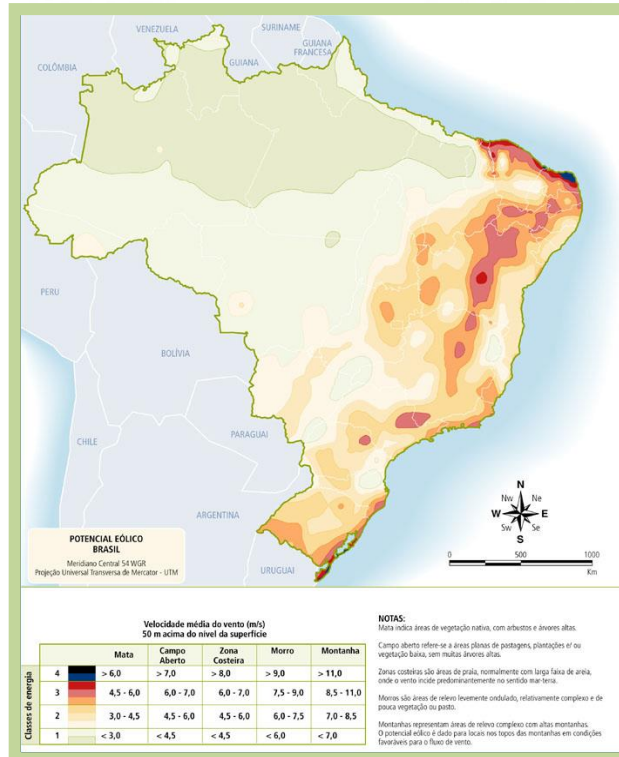
2.4.1 Potencial eólico brasileiro

Diversos estudos apontam projeções extremamente significativas, ainda que haja divergências entre instituições e especialistas na avaliação da força dos ventos no Brasil. Antigamente, as avaliações eram da prescrição de 20.000 MW. Nos dias atuais a maior parte dos estudos aponta projeções maiores que 60.000 MW. Essas divergências derivam, sobretudo, da carência de informações (subsídios da superfície) e das diferentes metodologias empregadas.²

Em diversas partes do mundo, assim como no Brasil, quase não existem estudos de vento com características para uma estimativa do potencial eólico. Os primeiros aparelhos sensórios especializados para energia eólica foram estabelecidos no Ceará e em Fernando de Noronha, no estado de Pernambuco, somente no princípio dos anos 90. Os bons resultados alcançados com aquelas avaliações beneficiaram a decisão exata do potencial de energia eólica daquelas localidades e a instalação de aerogeradores. Alguns estados do Brasil transcreveram as pesquisas do Ceará e de Pernambuco e principiaram projetos de recenseamento de estudos dos ventos.

A primeira versão do *Atlas Eólico da Região Nordeste* foi publicada em 1998, com apoio da ANEEL e do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT, o Centro Brasileiro de Energia Eólica – CBEE, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. O prosseguimento desse trabalho resultou no *Panorama do Potencial Eólico no Brasil*, conforme Figura 3.

² Também o conceito de potencial eólico pode ser interpretado de diferentes maneiras, devido à complexidade na determinação das restrições técnico-econômicas e, principalmente, socioambientais ao aproveitamento eólico.



INSTITUTO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO
ABILIDADE SOCIAL APLICADA.
29 e 30 de setembro de 2016.

Figura 3 – Velocidade média anual do vento a 50m de altura
Fonte: FEITOSA, E. A. N. et al. Panorama do Potencial Eólico no Brasil. Brasília: Dupligráfica, 2003. (adaptado)

Os recursos correspondentes na legenda da Figura 3 fazem menção à velocidade média do vento e energia eólica média a uma altura de 50m acima da superfície para cinco categorias topográficas diferenciadas: *zona costeira* – extensão praiana, normalmente com ampla faixa de areia, onde o vento prevalece do sentido mar-terra; *campo aberto* – locais planos de pastagens, plantações e /ou vegetação baixa com poucas árvores altas; *mata* – áreas de vegetação natural com arbustos e árvores altas, porém de baixa densidade, espécie terreno que acarreta mais obstruções ao curso de vento; *morro* – locais de relevo ligeiramente sinuoso, relativamente complexo, sem muita vegetação ou pasto; *montanha* – locais de relevo complexo, com montanhas altas.

A classe 1 que se encontra na legenda mostra territórios de baixo potencial eólico, de pouca ou nenhuma importância para o aproveitamento da energia dos ventos.

As classes 2 e 3 podem ser favoráveis ou desfavoráveis, sujeitos as situações topográficas. Por exemplo: um local de classe 3 no interior do Maranhão (mata) descreve somente valores entre 4,5 e 6 m/s, enquanto que um local da mesma classe 3 na costa do



Nordeste (zona costeira) pode ter velocidades médias anuais entre 6,5 e 8 m/s. A classe 4 concebe aos melhores locais para emprego da energia eólica no país.

A disposição das velocidades de vento e regiões topográficas usadas no mapa é apresentada na Tabela 3.

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.

Ainda em termos de áreas no Brasil, outro estudo valioso, foi publicado pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica – CRESESB/CEPEL. Versa-se do *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro*, onde os resultados estão disponíveis no seguinte endereço eletrônico: www.cresesb.cepel.br/atlas_eolico_brasil/atlas-web.htm. Nesse curso apreciou-se um potencial eólico brasileiro da ordem de 143 GW. Há também outras pesquisas específicas por unidades da Federação, realizadas por iniciativas locais.

2.5 ENERGIA EÓLICA NO CONTEXTO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Ainda é pouco expressiva a participação da energia eólica para transformação em energia elétrica no país. Em setembro de 2003 havia apenas 6 centrais eólicas funcionando no Brasil como mostrado na Tabela 4.



TABELA 4 Centrais eólicas em operação no Brasil - situação em setembro de 2003

Nome da Usina	Potência (kW)	Município - UF	Destino da Energia	Proprietário
Eólica	75	Fernando de Noronha - PE	SP	100% para Companhia Energética de Pernambuco
Eólica de Bom Jardim	600	Bom Jardim da Serra - SC	PIE	100% para Parque Eólico de Santa Catarina Ltda.
Eólica de Fernando de Noronha	225	Fernando de Noronha - PE	PIE	100% para Centro Brasileiro de Energia Eólica - FADE/UFPE
Eólica de Prainha	10.000	Aquiraz - CE	PIE	100% para Wobben Wind Power Indústria e Comércio Ltda.
Eólica de Taiba	5.000	São Gonçalo do Amarante - CE	PIE	100% para Wobben Wind Power Indústria e Comércio Ltda.
Eólica Olinda	225	Olinda - PE	PIE	100% para Centro Brasileiro de Energia Eólica - FADE/UFPE
Eólica-Elétrica Experimental do Morro do Camelinho	1.000	Gouveia - MG	SP	100% para Companhia Energética de Minas Gerais
Eólico - Elétrica de Palmas	2.500	Palmas - PR	PIE	100% para Centrais Eólicas do Paraná Ltda.
Mucuripe	2.400	Fortaleza - CE	PIE	100% para Wobben Wind Power Indústria e Comércio Ltda.

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Banco de Informações de Geração - BIG. 2003. Disponível em: www.aneel.gov.br/15.htm.

Portanto, os incentivos em vigor para o setor elétrico brasileiro deverão despertar o interesse de empreendedores. Evidencia-se, aqui, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA). Outro fator relevante, como apoio, é a probabilidade de se complementar a geração hidrelétrica e a geração eólica, já que o mais alto potencial eólico, na região Nordeste, acontece no período de menor disponibilidade hídrica, conforme mostrado na Figura 3.

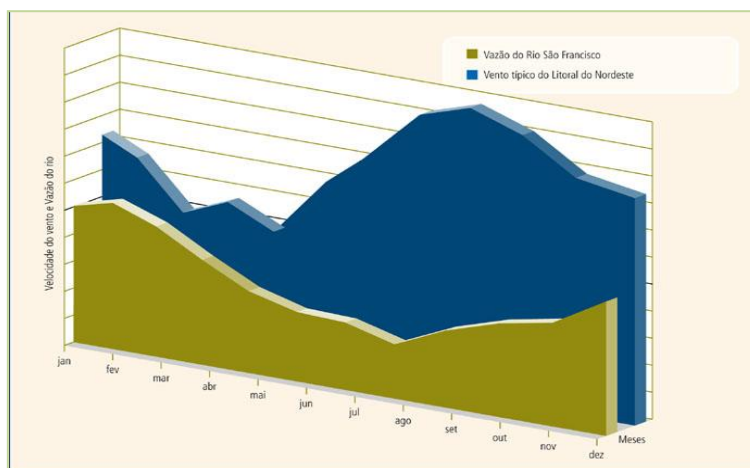


Figura 3 - Hidrelétrica e eólica complementaridade entre a geração
Fonte: CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA - CBEE / UFPE. 2000. Disponível em: www.eolica.com.br.

2.6 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

A geração de eletricidade através de aerogeradores compõe uma opção para diferentes condições de demanda. As pequenas centrais podem abastecer pequenos lugarejos afastados



da rede, colaborando para a técnica de globalização do atendimento. As centrais de grande porte apresentam potencial para dar atendimento uma expressiva parcela do Sistema Interligado Nacional (SIN) com interessantes vantagens: cooperando para a diminuição da emissão de poluentes pelas centrais térmicas; reduzindo a necessidade da instalação de grandes reservatórios; e diminuindo o risco promovido pela sazonalidade das chuvas, à luz da complementaridade mencionada anteriormente.

Tendo em vista o contexto do meio ambiente, observa-se que é extremamente recomendável este tipo de energia para todos os países, em qualquer região, já que é uma energia limpa, renovável, não danifica a camada de ozônio, não há influência no aquecimento global, além de não intervir com grande impacto nas regiões em que é implantada, já que quase toda a área onde foi implantada pode ser reaproveitada para outros propósitos, como por exemplo, para pecuária e agricultura.

Apesar de as usinas eólicas não emitirem poluentes atmosféricos e não queimarem combustíveis fósseis, estas centrais podem ocasionar impactos tanto sociais quanto ambientais. Os impactos sonoros e visuais são os principais transtornos socioambientais das centrais eólicas.

Os impactos sonoros ocorrem por causa do ruído dos rotores e modificam conforme as especificações dos equipamentos (ARAÚJO, 2000). De acordo com o autor, os aerogeradores de múltiplas pás são ineficientes e os ruídos são mais fortes que as turbinas de hélices de velocidade mais rápida. Com a finalidade de não prejudicar a população vizinha, o nível de ruído dos aerogeradores deve satisfazer às normas e padrões constituídos pela legislação vigente.

Os impactos visuais são decorrentes da concentração de torres e aerogeradores, principalmente no caso de centrais eólicas com numerosas turbinas, também denominadas como fazendas ou parques eólicas.

Outra desvantagem das instalações de turbinas eólicas é a possibilidade de intervenções eletromagnéticas, que podem ocasionar transtornos nos sistemas de comunicação e transmissão de dados (rádio, televisão etc.) (TAYLOR, 1996). Segundo este autor, essas intervenções modificam bastante, de acordo com localização da montagem da usina e suas especificações técnicas, em particular o material utilizado na fabricação das pás. Também a possível intervenção nas rotas migratórias de aves precisa ser devidamente analisada nos estudos e relatórios de impactos ambientais (EIA/RIMA).



2.7 IMPACTOS E PROBLEMAS

Ainda que não queimem combustíveis fósseis e não lancem poluentes, fazendas eólicas não são completamente carentes de impactos ambientais. Elas mudam paisagens com suas torres e hélices e podem ameaçar pássaros se instaladas em rotas de migração. Enviam um certo grau de ruído (de baixa frequência), que pode gerar algum incômodo. Além disso, podem causar interferência na transmissão de televisão.

O custo dos geradores eólicos poderá ser elevado, porém o que se verá a seguir, não é o custo o problema, pois os valores são acessíveis a todos os meios. E as plantas eólicas têm um retorno financeiro a um curto prazo.

Outro problema que poderia até ser mencionado é que a questão dos ventos em que algumas regiões não é constante, ou a intensidade é muito fraca, adquirindo-se pouca energia ou quando ocorrem chuvas muito fortes, há desperdício de energia. Porém, a realidade é outra uma vez em que a inovação dos equipamentos se renovam, há a possibilidade sim que se manter essa energia por muito tempo através de um sistema de bateria que é implantado.

III - ESTUDO DE CASO EM CABO FRIO – RJ

3.1 A CIDADE DE CABO FRIO – UM BREVE HISTÓRICO

O processo que iniciou a ocupação da sede da cidade foi à decorrência da rápida transformação funcional ocorrida nos últimos quarenta anos, durante os quais o pequeno núcleo pesqueiro e salineiro se transformou em relevante centro turístico do município. O núcleo de Cabo Frio encontra-se em área de topografia plana, com pequenas elevações, tendo sido seu crescimento fortemente condicionado pela presença do canal que liga a Lagoa de Araruama ao mar, cortando a cidade.

Um clima excelente, com tantas belezas naturais e das vias de fácil acesso, nada mais natural do que a cidade ser descoberta por turistas, principalmente cariocas e mineiros que fixaram residências de veraneio na região, dessa forma aumentando as expectativas para economia local.

Reconhecida tanto no âmbito nacional e quanto internacionalmente é uma cidade badalada por suas praias tranquilas e aprazíveis, tendo a Praia do Forte a mais famosa. É o ponto de convergência para muitas cidades que disponham de melhores vias de acesso. Sua



ligação com o Rio de Janeiro é fácil. As estradas são em qualidade e quantidade bem planejadas, havendo trecho privatizado com boa manutenção.

O sol brilha em média 315 dias por ano, numa temperatura que varia entre 40° na época do verão e 16° no inverno. O clima é úmido e quente. Os fatores responsáveis pela frequência e intensidade do vento nordeste, que sopra quase o ano inteiro e afasta as nuvens carregadas são pouquíssima chuva, muito calor e baixa umidade do ar. Acrescente a isso as águas frias da ressurgência e está formado um legítimo sistema de ar condicionado natural que ameniza o calor do verão e, dando lugar ao vento sudoeste, suaviza o frio no inverno.

3.1.1 Características Geográficas

O município de Cabo Frio está situado na região litorânea a 155 km da capital do Rio de Janeiro. Suas características geográficas podem ser observadas no quadro 2.

• Área	410.415 Km ²
• População	186.227 hab. (IBGE 2010)
• Densidade	453,75 hab./Km ²
• Altitude	4 metros
• Clima	Tropical litorâneo
• Fuso horário	UTC-3

Quadro 2: Características geográficas da cidade de Cabo Frio
Fonte: IBGE-2010

A cidade é arranjada com construções de estruturas baixas e com edificações de no máximo seis andares. É composto de térreo, pilotis, quatro pavimentos e uma cobertura como ordena a lei 109, de 16 de novembro de 1979. Nos arredores, fora do centro cidade, existem sítios e fazendas com vegetação rasteira e com algumas atividades agropecuárias. Avaliando a resistência do sistema dos ventos, toda obstáculo que impede, desvia e que diminui ou aumenta a passagem do ar.

A mudança da velocidade com a altura, a rugosidade do solo, que é caracterizada pela vegetação, aproveitamento da terra, estrutura das construções, a presença de barreiras nas adjacências e o relevo que pode implicar na aceleração ou desaceleração da passagem do fluxo de ar, são fatores que terão influência no regime dos ventos e resultando na propensão de geração de energia.



A velocidade média do vento em Cabo Frio é maior que 6m/s, levando em consideração que a turbina eólica do projeto comece a produzir energia, a velocidade do vento deve ser a partir de 3m/s, conclui-se que há a possibilidade da instalação do aerogerador.

3.1.2 Custo do equipamento

Avaliando o grande potencial eólico que há no Brasil, é possível gerar eletricidade a custos concorrentes com centrais termoelétricas, nucleares e hidroelétricas.

Apreciações dos recursos eólicos examinados em vários locais do Brasil, mostram a possibilidade de produção elétrica com custos em torno de US\$ 70 - US\$ 80 por MWh.

O custo da energia elétrica produzida por meio de novas usinas hidroelétricas erguidas na região amazônica será bem mais alto que os custos das usinas instaladas até hoje.

De acordo com a ELETROBRÁS quase 70% dos projetos prováveis deverão ter custos de produção maiores do que a energia produzida por turbinas eólicas. Outra vantagem das centrais eólicas relacionadas às usinas hidroelétricas é que uma boa área preenchida pela central eólica pode ser utilizada (para agricultura, pecuária, etc.) ou preservada como habitat natural (CBEE, 2012).

3.1.3 Sistemas de energia eólica

Um sistema eólico é composto por diversos fatores que devem trabalhar em harmonia de modo a oferecer um maior efeito final. Para resultado de estudo geral da conversão eólica devem ser avaliados os seguintes componentes:

- Vento: Disponibilidade energética do local destinado à instalação do sistema eólico.
- Rotor: Responsável por transformar a energia cinética do vento em energia mecânica de rotação.
- Transmissão e Caixa Multiplicadora: Responsável por transmitir a energia mecânica entregue pelo eixo do rotor até a carga. Alguns geradores não utilizam este componente; neste caso, o eixo do rotor é acoplado diretamente à carga.
- Gerador Elétrico: Responsável pela conversão da energia mecânica em energia elétrica.
- Mecanismo de Controle: Responsável pela orientação do rotor, controle de velocidade, controle da carga, etc.

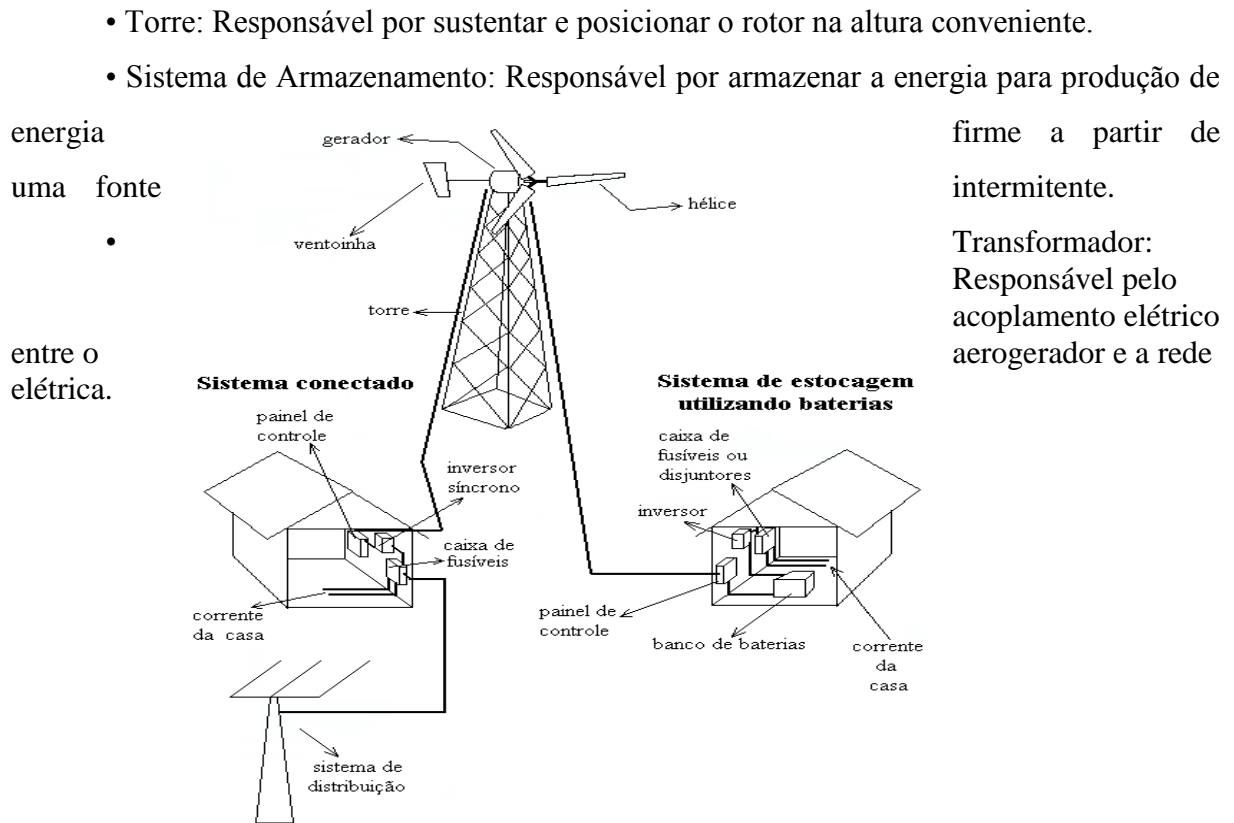


Figura 4 – Exemplo de uma instalação eólica.

Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/energia-eolica/energia-eolica-14.php>

3.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE DA ENERGIA EÓLICA NA ACADEMIA

A academia na qual se pretende implantar a energia eólica está localizada na Região dos Lagos, mais precisamente em Cabo Frio onde se fez um estudo acerca da área.

A área onde está localizada a academia, possui características promissoras para a implantação de aproveitamento de energia eólica, podendo aumentar a perspectiva de viabilidade do projeto à esta pesquisa. A academia se encontra numa zona aberta, há 600m da orla praiana em torno existem construções baixas, fatores esses que proporcionam o alto fluxo do vento, assim, estabelecendo área apropriada para a instalação do aerogerador. Outro fator é



altura da instalação da turbina, pois quanto mais alta a altura da torre, menores serão as barreiras para o fluxo do vento, e isso poderá aumentar a rentabilidade da implantação do projeto eólico.

Para se ter ou tiver uma ideia sobre o local, iniciar-se a detalhes e custos da academia.

O quadro 3 indica os aparelhos elétricos utilizados e a quantidade de horas em funcionamento. A tabela 6 indica o consumo de energia da academia no período de 1 ano.

A academia possui: 2 aparelhos de ar condicionados, um na sala I para spinning e outra na sala II para ginástica e lutas onde são utilizados na maior parte do tempo: 5 X por semana (segunda a sexta) em horários alternativos, totalizando 8 horas de uso alternados diários na sala I e 4 horas na sala II. Os demais aparelhos são utilizados de acordo com a necessidade dos alunos e funcionários. Aos sábados a academia está em funcionamento das 09:00 ao 12:00.

Esteira elétrica	04	07:00 às 11:00
Televisão	01	07:00 às 11:00
Bebedouro	02	07:00 às 11:00
Lanchonete	02	07:00 às 11:00
Geladeira vertical	01	07:00 às 11:00
Geladeira horizontal	01	07:00 às 11:00
Chuveiro elétrico	01	07:00 às 11:00
Bomba d'água	01	07:00 às 11:00
Luz	20	07:00 às 11:00
Ventiladores	10	07:00 às 11:00
Ar condicionado	2	07:00 às 11:00

Quadro 3 - Elementos que compõem a academia

Fonte: pesquisa de campo feita em agosto

De acordo com o parâmetro entre consumo da energia elétrica e o número de clientes, percebe-se que o consumo de energia elétrica aumenta na mesma proporção em relação ao número crescente de alunos, é uma ocorrência sazonal. A procura de pessoas para atividade física acontece no verão e no inverno há uma diminuição dessa demanda. O mesmo ocorre com o consumo da energia elétrica na academia. Resultando numa variação do custo da capacidade de energia ao longo do ano mostrado na tabela 5. Possuindo ainda para cálculos de gastos com energia elétrica convencional:



Tabela 5 – Consumo de energia elétrica da Academia de outubro de 2011 a setembro de 2012

Série	Mês	Ano	Valor Wh	Valor R\$
1	10	2011	228	1.424,47
2	11	2011	245	1.503,75
3	12	2011	266	1.521,72
4	01	2012	289	1.620,00
5	02	2012	281	1.730,72
6	03	2012	317	1.878,80
7	04	2012	281	1.743,62
8	05	2012	252	1.655,87
9	06	2012	252	1.612,99
10	07	2012	228	1.428,74
11	08	2012	228	1.456,78
12	09	2012	233	1.539,39
Total				19.116,85

Fonte: Academia – Histórico do consumo de energia elétrica (Outubro de 2011 a Setembro de 2012)

Tabela 6 – Média do Consumo de energia elétrica anual da academia

Série	Valor Wh	Valor
1	228	R\$ 1.424,47
2	245	R\$ 1.503,75
3	266	R\$ 1.521,72
4	289	R\$ 1.620,00
5	281	R\$ 1.730,72
6	317	R\$ 1.878,80
7	281	R\$ 1.743,62
8	252	R\$ 1.655,87
9	252	R\$ 1.612,99
10	228	R\$ 1.428,74
11	228	R\$ 1.456,78
12	233	R\$ 1.539,39
Total	3100	R\$ 19.116,85
Média	258,3333333	R\$ 1.593,07

Fonte: Academia – Histórico do consumo de energia elétrica (Outubro de 2011 a Setembro de 2012)

Por apresentar um gasto maior pelos equipamentos e aparelhos na academia, foi feito um levantamento acerca de gastos onde podemos concluir que, com a viabilidade em colocar em funcionamento a energia eólica no local, mais especificamente no terreno desocupado e livre situado atrás da academia e faz parte desta, a economia é visivelmente incrível, uma vez



que, o consumo elevado tem em média anual de 258,3 Wh o que equivale a um custo da mensal em torno de R\$ 1.593,07, como apresentado na tabela X. O custo da energia produzida pelos aerogeradores concentra-se no investimento inicial, uma vez que para a operação e manutenção os custos são muito baixos, em torno de 2 % do custo total. Além de utilizar a energia renovável e limpa, a academia ganha novos aspectos e maior volume de clientes.

Em termos comparativos com outro tipo de energia alternativa e renovável, como exemplo a energia solar, o preço estimado do MW/h gerado por uma usina solar oscila atualmente entre R\$ 300,00 e R\$ 500,00 enquanto as eólicas já alcançam valores na casa dos R\$ 100. Além de outro dado econômico, a concessionária de energia elétrica no Brasil determina as tarifas residenciais de R\$ 400,00 a R\$ 600,00/KWh, enquanto com a energia eólica a tarifa é estabelecida a R\$ 300/KWh, já é uma boa justificativa para a utilização desse tipo de energia limpa.

CONCLUSÃO

De acordo com a pesquisa realizada neste estudo concluiu-se que a construção do sistema energia eólica ocorre do grande investimento em tecnologia. A utilização de novos materiais, novos métodos de planejamento e cálculo, os desenvolvimentos em aerodinâmica, o lançamento de materiais compostos, novas fibras e resinas mais resistentes, o grande progresso da eletrônica são os principais fatores que colaboram para que as turbinas tenham melhor desempenho, sejam mais seguros e mais baratos. Ou seja, tornando-se um excelente empreendimento em diversos aspectos.

Notou-se que alguns impactos negativos foram desfeitos com o decorrer do projeto e os pontos positivos foram fortalecidos favorecendo a sua aprovação.

A torre do projeto possui 15 m, portanto o som não vai causar transtornos na vizinhança, evitando o impacto sonoro. E com essa altura evita-se o contato com fios elétricos situados na rua.

Outro ponto negativo é o impacto visual que pode causar estranheza por quem passa pelo local, porém, nos dias atuais há o respeito com a sustentabilidade, acarretando maior credibilidade, chamando atenção e tornando-se um diferencial, podendo atrair um número maior de clientes para academia. Assim resultando num consumo consciente coletivo.



Não há a preocupação em ser ultrapassado com as pilhas de combustível ou com a técnica da bomba hidroelétrica porque o mecanismo não necessita de baterias, estando todo o sistema ligado à concessionária AMPLA.

Em relação aos aspectos geográficos foi comprovado que a cidade de Cabo Frio possui excelentes condições climáticas, ventos sopram ao longo de todas as estações do ano, é uma região litorânea, além de o terreno ser apropriado para a instalação da turbina eólica.

Observando as perspectivas econômicas, o valor do custo da implantação do produto é de R\$ 20.000,00. Observando o gasto de consumo de energia da academia (quadro 2), o total do gasto em um ano é de R\$19.116,85. Sendo a média anual de R\$ 1.593,07 (tabela Y). É fácil notar que em termos financeiros fica bastante viável, tendo um retorno do investimento em curto prazo de 18 meses, além dos gastos com a manutenção serem escassos, pois já está incluso no valor inicial do empreendimento. Passando esse período de menos de dois anos, o proprietário terá uma economia bastante significativa.

O aproveitamento da energia eólica na academia em Cabo frio comporta numerosos benefícios referentes às energias tradicionais em função do seu maior desenvolvimento. É uma fonte inesgotável, não produz resíduo e nem lança gases poluentes.

Conclui-se que todas as condições são favoráveis ao projeto de aproveitamento de energia eólica torna-se viável para a academia de Cabo frio, ressaltando as expectativas sobre a responsabilidade social empresarial.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Banco de Informações de Geração** - BIG. 2003. Disponível em: www.aneel.gov.br/15.htm.
- AMPLA ENERGIA E SERVIÇO ELÉTRICO. Disponível em: www.ampla.com. Acesso em 10 ago. 2012.
- ARAÚJO, M. S. M. **Relatório de análise do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: MDL: estudos de caso**. Rio de Janeiro: COPPE, UFRJ, 2000. 122 p.
- ARAÚJO, T.S. **Fontes alternativas de energia para a agricultura**. Curso de especialização por tutoria à distância, 1985.
- BOYLE, G. (Ed.). **Renewable energy: power for a sustainable future**. Oxford: Oxford University Press, 1996.
- CANOASEÓLICA. Disponível em: www.canoaseolica.com.br. Acesso em 10 out.2012
- CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA - CBEE / UFPE. 2000. Disponível em: www.eolica.com.br. Acesso em: 22 de mar. 2012.
- CENTRO DE REFERÊNCIA PARA A ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO - CRESESB. 2000. Disponível em: www.cresesb.cepel.br/cresesb.htm.
- ENERGIA DO VENTO E DA ÁGUA. **Energia**. São Paulo, gecho, 1994 64p.
- EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION (EWEA); GREENPEACE. **Wind force 12: a blueprint to achieve 12% of the world's electricity from wind power by 2020**. London: EWEA, 2003. Disponível em: http://www.ewea.org/documents/WF12-2004_eng.pdf. Acesso em: 31 maio 2005.
- FEITOSA, E. A. N. *et al.* **Panorama do Potencial Eólico no Brasil**. Brasília: Dupligráfica, 2003. 68p.
- GOLDENBERG, José. **Energia no Brasil**. São Paulo, 1976.
- 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, 1993p.
- KRANERT. **Energia Eólica**. Energia, v-4, n23, p 24-30, 1982.
- MEMÓRIA DA ELETRICIDADE. **Primeira turbina eólica de Fernando de Noronha: 2000**.
- NASCIMENTO, J. B. **Energia Eólica no Brasil e no mundo** - uma visão geral, (tese de doutorado em andamento - 1996).
- OIL&GAS. 2012. Disponível em:www.rioegas.com.br. Acesso em 10 out.2012
- SILVA JÚNIOR, César; SASSON, Zesar; BEDAQUE, Paulo Sérgio. **Entendendo a natureza**. O mundo em que vivemos. 1a ed., 1992.
- STONER, Carol Hupping. A produção de sua própria energia I. - **Manual prático de energias renováveis**, 1976.
- TAYLOR, D. Wind energy. In: BOYLE, G. (Ed.). **Renewable energy: power for a sustainable future**. Oxford: Oxford University Press, 1996. cap. 7, p. 267-314.
- WOBLEN. 2003. Disponível em: www.wobben.com.br/Espanhol/usinas.htm.
- WIND directions. [London]: EWEA, v. 20, may 2000.
- WINDPOWER monthly news magazine. [Knebel]: Windpower Monthly, v. 16, 2000.
- WIKIPÉDIA. Cabo Frio. Disponível em:< http://pt.wikipedia.org/wiki/Cabo_Frio>. Acesso em 15 mar. 2012.