



Energia eólica e seus impactos ambientais

MEYER, M.F. ¹, SEIXAS, A.S. ², MELO, I.M.L. ³, CASSIANO, L.J.S. ⁴, RAPOSO, L.Q. ⁵

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
(mauro.meyer@hotmail.com)

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
(alineiseixas13@hotmail.com)

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
(i.de.lima@hotmail.com)

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
(lauana_cassiano@hotmail.com)

⁵Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
(luluzinha_raposo@hotmail.com)

Resumo

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade. Porém o aproveitamento dos ventos para geração de energia elétrica apresenta, como toda tecnologia energética, algumas características ambientais desfavoráveis e favoráveis, as quais serão explanadas no decorrer do artigo. Os equipamentos de pequeno porte têm impacto ambiental geralmente desprezível. Já os impactos ambientais de parques eólicos podem ser classificados em: uso da terra, ruídos, impactos visuais, aves e interferência eletromagnética. A dinâmica ambiente/sociedade mostra-se equilibrada quando tratada de maneira racional. O estudo voltado para a atenuação dos impactos existentes torna-se inevitável.

Palavras-chave: Aerogerador. Energia eólica. Impacto ambiental.

Área Temática: Energia e Energias Renováveis.

Wind energy and its environmental impacts

Abstract

Called wind kinetic energy contained in moving air masses (wind). Its use occurs through the conversion of kinetic energy into translational kinetic energy of rotation, with the use of wind turbines, also called wind turbines to generate electricity. But harnessing the wind to generate electricity has, like all energy technology, some favorable and unfavorable environmental characteristics, which will be explained throughout the article. The small equipment are generally negligible environmental impact. Already the environmental impacts of wind farms can be classified as: land use, noise, visual impacts, electromagnetic interference and birds. The dynamic environment / society shows itself balanced when treated rationally. The study focused on mitigating existing impacts becomes inevitable.

Key words: Turbine. Wind energy. Environmental impact.

Theme Area: Energy and Renewables.



1 Introdução

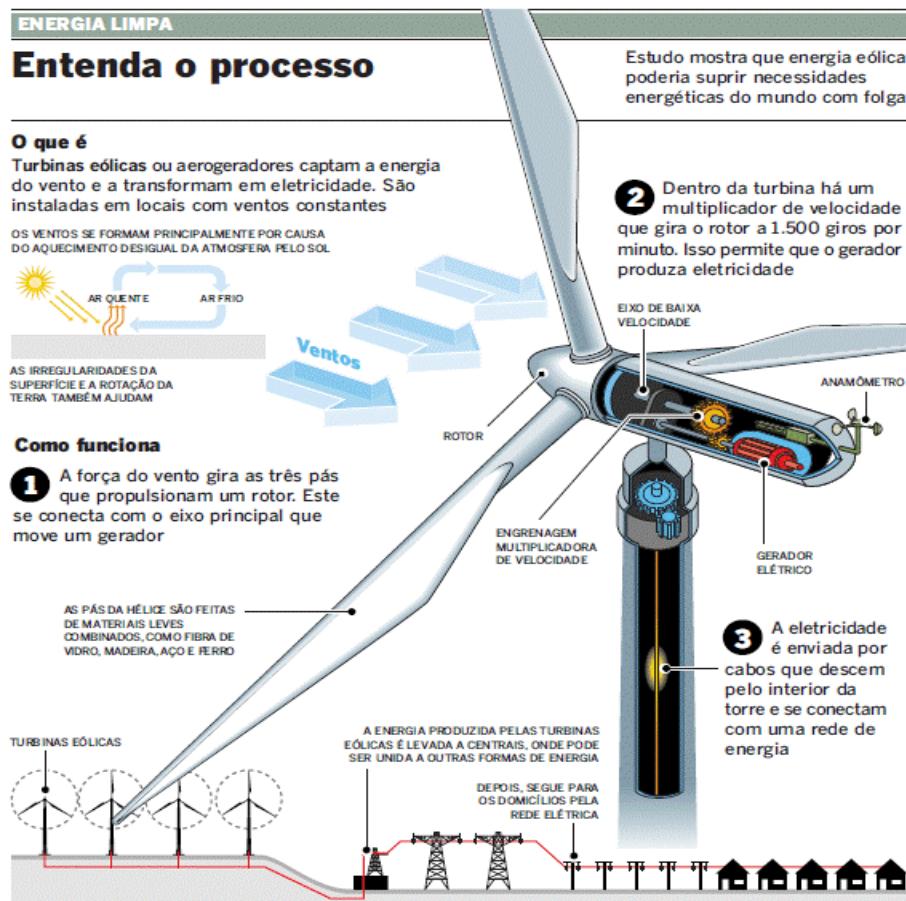
Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade. Porém o aproveitamento dos ventos para geração de energia elétrica apresenta, como toda tecnologia energética, algumas características ambientais desfavoráveis e favoráveis, as quais serão explanadas no decorrer da pesquisa.

É uma forma de energia influenciada pelo movimento de rotação da Terra sobre o seu eixo e depende significativamente de influências naturais. As formas de aproveitamento dessa energia estão associadas à conversão da mesma em energia mecânica e elétrica. Este trabalho tem como objetivos gerais fazer um estudo sobre os princípios básicos da energia eólica envolvendo a temática ambiental, pondo em discussão os impactos gerados pela referida.

2 Energia eólica

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas. A energia dos ventos transformada em eletricidade por meio do uso de aerogeradores constitui-se em uma das fontes renováveis mais interessantes e promissoras mundialmente. O funcionamento desse sistema é constituído por vários componentes que devem trabalhar em harmonia de forma a propiciar um maior rendimento final como mostra a figura 1.

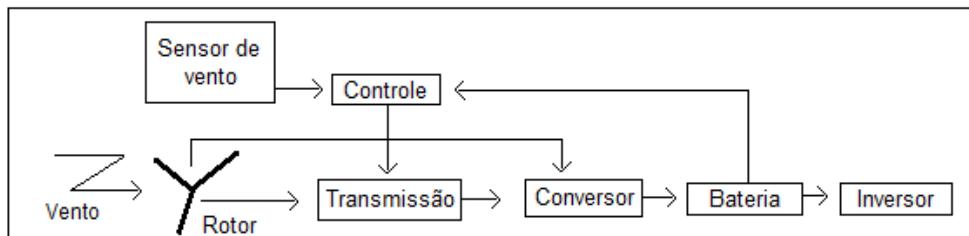
Figura 1 – Aerogerador – como funciona.





Os principais componentes de um sistema eólico autônomo são: turbina, transmissão, controle, conversor e sistema de armazenamento. A figura 2 mostra a configuração básica.

Figura 2 - Diagrama de bloco de um sistema eólico



Fonte: Ricardo Aldabó, 2002. Adaptado.

O conjunto aerogeradores é constituído pelo rotor, hélice, transmissão e conversor de energia mecânica em eletricidade. O rotor capta a energia cinética dos ventos e a converte em energia mecânica no eixo. A transmissão é o mecanismo que transmite a energia mecânica do eixo do rotor ao eixo do gerador.

Para a geração de energia elétrica é necessária multiplicar a velocidade. Para aplicações isoladas, o gerador mais utilizado é o do tipo síncrono associado a um retificador para obtenção de corrente contínua. Este processo possibilita a aplicação direta de um sistema de armazenamento em baterias.

No sistema de controle é constituído por sensores que possibilitam o funcionamento equilibrado e seguro do sistema, como o melhor aproveitamento possível do vento. O suporte estrutural é constituído pela torre e pela gávea giratória. E o sistema de armazenamento é constituído pelas baterias, que armazenem energia nas horas que a potência disponível for maior que a requerida pela carga e fornecem energia na situação inversa.

Portanto a disponibilidade de energia eólica está ligada a fatores físicos e geológicos. A energia eólica se forma devido à diferença de aquecimento da superfície terrestre. Isso acontece por vários motivos, entre os quais a inclinação do eixo terrestre sob a incidência dos raios solares. Finalmente, a disponibilidade de energia eólica depende da hora, dia, estação do ano e de outros aspectos climáticos.

É uma forma de energia influenciada pelo movimento de rotação da Terra sobre o seu eixo e depende significativamente de influências naturais, como: continentalidade, maritimidade, latitude, altitude. As formas de aproveitamento dessa energia estão associadas à conversão da mesma em energia mecânica e elétrica. Os equipamentos de pequeno porte têm impacto ambiental geralmente desprezível. Já os impactos ambientais de parques eólicos podem ser classificados em:

- Uso da terra
- Ruído
- Impactos Visuais
- Aves
- Interferência Eletromagnética

2.1 Uso da terra

As informações do local, levando em consideração a fauna, vegetação e população possibilitam a elaboração de projetos que venham diminuir os impactos sobre o espaço destinado à instalação de sítios eólicos. Além disso, o estudo de impactos ambientais (EIA) e o relatório de impacto de meio ambiente (RIMA) são exigências para a concessão de licenças, como a licença de uso e ocupação do solo, licença de instalação e licença de operação. Caso



seja necessário o desmatamento para a instalação do parque também é exigida uma licença denominada de supressão vegetal.

De acordo com Fadigas (2011) a instalação de parques eólicos acarretam perturbações as espécies da região, podendo consistir em esmagamento ou ferimento de vários animais (tais como répteis, anfíbios e pequenos mamíferos), assim como interferências na alimentação e reprodução. Outro problema diz respeito à flora, devido ao desmatamento e emissão de poeiras provocadas pela movimentação de terras e circulação de veículos, principalmente durante a fase de obra.

Estes impactos podem ser reduzidos por meio do planejamento do futuro da geração eólica, considerando aspectos de conservação da natureza (EWEA, 2004) como "evitar a instalação de parques eólicos em áreas importantes de habitat; evitar áreas de corredor de migração; adotar arranjo adequado das turbinas no parque eólico; usar torres de tipos apropriados (tubulares); e utilizar sistemas de transmissão subterrâneos".

A lei se torna mais exigente com relação à energia eólica e ao uso da terra devido à questão ambiental, um exemplo disso é a determinação dos espaçamentos, variando de 5 a 10 vezes a altura da torre, entre as turbinas a fim de evitar a perturbação causada no escoamento do vento entre uma unidade e outra.

Entretanto essa área de espaçamento pode ser aproveitada para a produção agrícola ou atividades de lazer, sendo consideradas formas de mitigar os problemas.

2.2 Ruído

O ruído é definido como um som indesejável, ou seja, que incomoda. O incômodo ou o transtorno causados pelo ruído dependem da frequência, intensidade, distribuição da frequência e modelo da fonte de ruído.

O ruído causado por uma turbina eólica ou parque eólico está presente tanto na fase de construção como na de operação. Na primeira, o ruído é causado pelo maquinário pesado em operações de escavação, terraplanagem, betonagem e circulação de veículos pesados para transporte de materiais e equipamentos.

Pelo possível uso de explosivos para abertura de buracos para as fundações dos aerogeradores, subestação, entre outros. A magnitude do impacto depende, em grande parte, da proximidade de povoações à zona do parque eólico, nos percursos até o parque eólico e a intensidade de tráfego já existente nessas mesmas vias de comunicação.

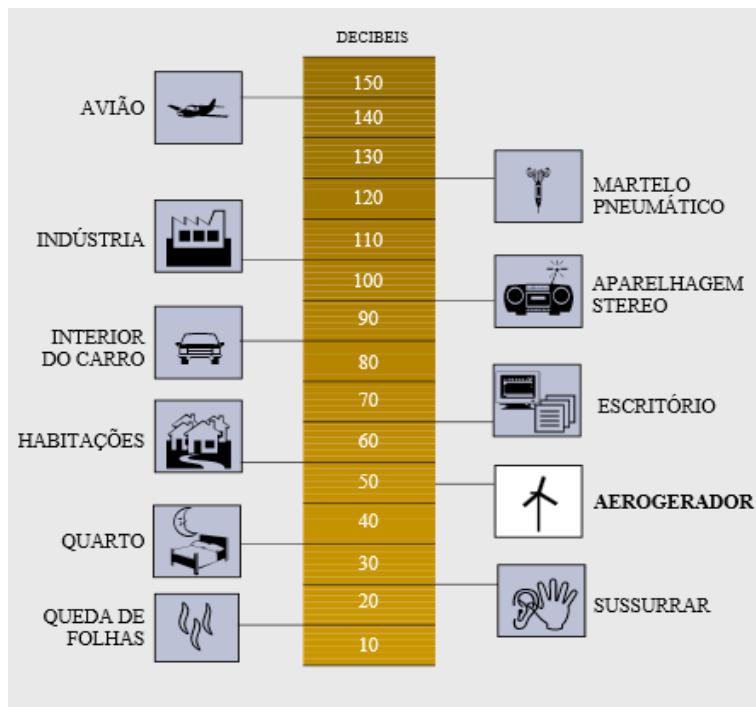
Além disso, na fase de operação, o ruído é causado pelo funcionamento dos aerogeradores. Esse ruído pode ser dividido em dois tipos: ruído aerodinâmico e o ruído mecânico. No ruído mecânico, ele é causado pelos componentes mecânicos em funcionamento.

Ruído aerodinâmico é um fator influenciado diretamente pela velocidade do vento incidente sobre a turbina eólica. Nos últimos anos, devido ao melhoramento do perfil das pás dos aerogeradores, o ruído aerodinâmico vem diminuindo.

Para uma melhor percepção do ruído que os aerogeradores apresentam, a figura 3 mostra um esquema sobre o seu enquadramento comparado aos diversos ruídos do nosso cotidiano.



Figura 3 - Comparação dos níveis sonoros emitidos por um aerogerador (a uma distância de 250 m) com outras fontes de ruídos



Fonte: AWEA apud Mendes *et al*, 2002.

2.3 Impactos visuais

De acordo com Fadigas (2011, p. 259), hoje os aerogeradores, do ponto de vista paisagístico são elementos de apreciação subjetiva. Há quem reaja de modo positivo ou negativo, influenciando inclusive as ideias sobre o conhecimento da tecnologia.

A distribuição das torres no parque é feita objetivando minimizar efeitos que as turbinas possam causar umas nas outras, modificando o perfil do vento. Procura-se também reduzir a área de ocupação do parque, reduzindo assim o custo do terreno. É importante no micrositing (estudo de microposicionamento) levar em consideração o impacto visual que a implantação irá causar na área, levando em consideração paisagem local, número dos aerogeradores, cor, configuração de arranjo, número de pás, tipo e altura das torres. Frequência e número de observadores a partir de locais acessíveis, como estradas, conglomerados populacionais, também influenciam na magnitude do impacto visual.

Para Fadigas (2011, p. 260), os recursos visuais são ligados às características naturais e culturais de um ambiente, que são de interesse público. Em um projeto eólico é levado em consideração os diferentes arranjos, para a simulação da avaliação da compatibilidade entre as características do projeto e entorno. Para isto, são considerados os seguintes parâmetros:

- Alteração da paisagem: mudanças no terreno natural ou na paisagem;
- Consistência da paisagem: substancial desvio causado à forma, à cor e à textura dos elementos pré-existentes da paisagem, diminuindo sua qualidade visual;
- Degradação da paisagem;
- Conflito com a preferência do público;
- Compatibilidade com a designação do local.



Para isso é analisado o número de turbinas e características do terreno, para o arranjo de turbinas, além deste podem ser usadas diferentes soluções, mas, vale salientar que no aspecto de impactos visuais, os julgamentos são muito subjetivos.

Durante a implantação do parque eólico a paisagem sofre um maior impacto, porém momentâneo, até que tudo seja finalizado.

Fadigas (2011, p. 264), enfatiza que tanto nos EUA quanto na Europa existem inúmeros estudos para minimizar o impacto visual dos parques eólicos. Manwell *et al.* (2004) apresentam um resumo dessas referências.

2.4 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 específicos para cada espécie e para cada lugar.

Estudos da Avifauna são imprescindíveis para analisar o comportamento das aves em áreas propícias para a instalação desses equipamentos. Pois, durante as migrações algumas aves orientam-se principalmente através da capacidade de reconhecer características topográficas, como rios, árvores ou características do litoral. Outras espécies têm sua migração, durante o dia, orientada principalmente pela posição do sol e durante a noite pelo eixo estrelar de rotação. E ainda existem outras espécies que se orientam principalmente através do campo magnético terrestre.

De acordo com Fadigas (2011), algumas medidas podem ser tomadas para mitigar o problema como remover ninhos com a aprovação das agências de proteção ambiental, projetar torres de forma alternativas para que não facilitem que as aves fiquem empoleiradas, evitar micro-habitats ou zonas de voo ao instalar turbinas e instalar redes elétricas subterrâneas ou técnicas que evitem que as aves possam ser eletrocutadas.

A NASA (Agência Espacial Americana) criou um radar capaz de prevenir os acidentes, a tecnologia permite a detecção da aproximação dos animais no ar (inclusive indicando a altitude em que eles voam) e analisa, em tempo real, as condições do tempo - se forem desfavoráveis às aves, as turbinas são desligadas automaticamente. O equipamento é religado assim que os pássaros alcançam uma área segura do céu. O sistema está sendo testado no estado do Texas, no parque eólico chamado Peñascal.

Apesar disso, ambientalistas argumentam que os parques eólicos deveriam ser construídos longe da rota de aves migratórias, e que o uso do radar não elimina o incômodo que essas instalações trazem à vida das aves e ao seu habitat.

2.5 Interferência eletromagnética

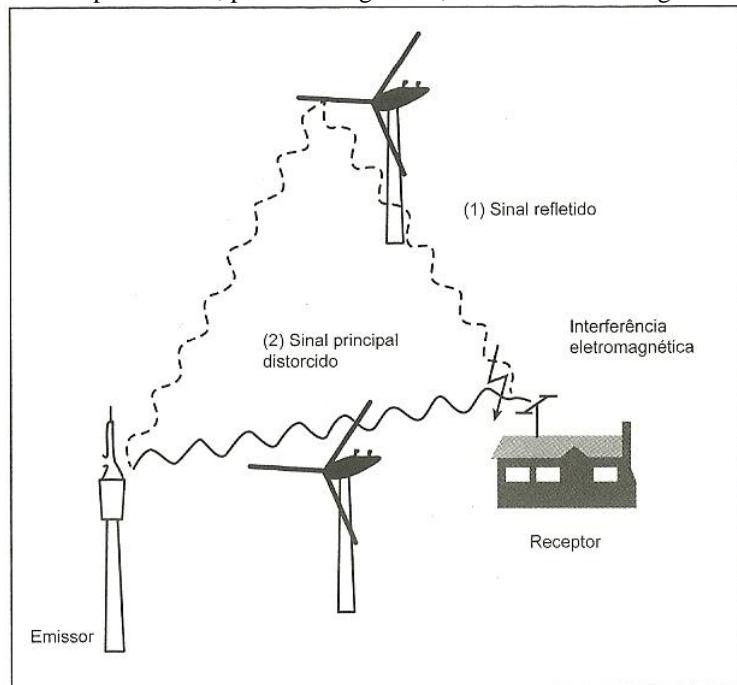
A partir da interpretação de Fadigas (2011, p. 268), ao se instalar uma turbina eólica entre um transmissor e um receptor de rádio, micro-ondas ou televisão, uma parcela da radiação eletromagnética pode ser refletida a tal ponto que o sinal refletido interfere no sinal que chega ao receptor, podendo causar uma distorção expressiva no sinal recebido.

Como parâmetros que interferem na extensão da interferência eletromagnética, temos: tipo de aerogerador; dimensão do aerogerador; rotação do aerogerador; material em que são feitas as pás; geometria e ângulo de torção das pás; e, geometria da torre.

As pás do aerogerador, as quais possuem papel significante na interferência, podem espalhar um sinal direto à medida que giram e também podem espalhar o sinal refletido pela torre (Figura 4).



Figura 4 – Espalhamento, por um aerogerador, dos sinais eletromagnéticos.



Fonte: Manwell *et al.*, 2004, *apud* Fadigas, 2011, p. 269.

Em termos práticos, a velocidade do rotor e os materiais utilizados na confecção das pás são os parâmetros-chave da questão.

Explicando o primeiro, a velocidade do rotor do aerogerador e o número de pás determinam as frequências de modulação no sinal de interferência de rádio ou telecomunicações. De acordo com McGowan *et al* (2000 *apud* TERCIOTE, 2002, p. 5), a interferência ocorre porque o sinal refletido é atrasado devido à diferença entre o comprimento das ondas alterado por causa do movimento das pás.

No segundo parâmetro base, os materiais usados na fabricação podem ser significantes. A interferência eletromagnética é maior em materiais metálicos, que são refletores, e mínima para pás fabricadas em materiais compostos (fibra de vidro, fibra de carbono e compostos), presentes em aerogeradores modernos, os quais absorvem.

Contudo, uma proteção contra descargas elétricas é usada na superfície destas pás, o que acaba contribuindo para o aumento da interferência.

3 Metodologia

A energia eólica mostra-se promissora quanto aos benefícios apresentados. Contudo, como toda forma de energia existente, possui alguns pontos negativos, os impactos ambientais sobre o espaço a ser instalados os equipamentos.

Ao longo de todo o processo formador deste artigo, a pesquisa bibliográfica fez-se presente, praticamente, em todo ele, tomando como base estudos publicados, como artigos científicos e livros referentes ao tema proposto.

4 Resultados

Ao passo que a pesquisa tornou-se mais aprofundada, o conhecimento sobre o assunto acompanhou o ritmo, vindo a ser mais amplo no fim desta busca. A aplicação de fontes renováveis é sem dúvida um marco no quesito desenvolvimento sustentável.

De acordo com a página virtual do Ministério do Meio Ambiente, as grandes centrais eólicas do Brasil podem ser conectadas à rede elétrica uma vez que possuem um grande potencial para atender o Sistema Interligado Nacional (SIN).



Dentre essas e outras informações, percebemos o quanto a fonte energética em pauta é tratada de forma séria. A mesma se apresenta como uma atraente alternativa sustentável para suprir certa demanda da modernidade urbana.

5 Conclusão

O uso de energias renováveis mostra-se crescente e promissor quando o assunto é redução dos impactos estes sofrido pelo meio ambiente, como causa das ações antrópicas.

Todavia, os impactos ambientais causados pela fonte energética eólica não estão em grau de menor relevância, dependendo do porte dos equipamentos. São indiretos, originários da fase de preparação do sítio eólico, instalação dos aerogeradores e sua atividade propriamente dita.

Neste contexto, tem de ser ressalvado o seguinte ponto: mesmo apresentando os impactos abordados, as vantagens existentes conseguem vencer o embate entre a contribuição para o agravamento de problemas ecológicos e a implantação de fontes limpas e renováveis, conforme visto neste trabalho.

Dessa forma, o incentivo ao avanço tecnológico e à formação de atitudes acarreta um processo de reformulação e modernização das formas de ação, contribuindo para o desenvolvimento benéfico das partes envolvidas.

6 Referências

ALDABÓ, R. **Energia Eólica**. 1. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

AWEA – American Wind Energy Association. Disponível em: <www.awea.org>. Acesso em: 20/08/2013.

EWEA - European Wind Energy Association. Wind Energy and the Environment 2000. Disponível em: <<http://www.ewea.org/src/environment.htm>>. Acesso em: 28/09/2013.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia eólica**. 1 ed. Barueri, São Paulo: Manole, 2011. 285 p.

MANWELL, J.F. et al. **Wind Energy Explained: Theory, design and applications**. Londres: John Wiley & Sons, 2004.

McGOWAN, J. G., CONNERS, S. R. **Windpower: A Turn of the Century Review - Annual Review of Energy and the Environment**. Vol 25, p 147-197, 2000.

MENDES, L.; COSTA, M.; PEDREIRA, M. J. **A Energia Eólica e o Ambiente: Guia de Orientação para a Avaliação Ambiental**. Alfragide, Portugal, Instituto do Ambiente, 2002.

TERCIOTE, R. A Energia Eólica e o Meio Ambiente. **4º Encontro de Energia no Meio Rural**, Campinas, São Paulo, v. 1, p. 2-7, 2002. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/002.pdf>>. Acesso em: 25/09/2013.