

Gerência de Energia e Mudanças Climáticas
Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento
Fundação Estadual do Meio Ambiente

Utilização da Energia Eólica no Estado de Minas Gerais: **ASPECTOS TÉCNICOS E O MEIO AMBIENTE**

Comunicado Técnico nº 2
GEMUC/DPED/FEAM

Comunicado Técnico

GEMUC/DPED/FEAM

Os Comunicados Técnicos da Gerência de Energia e Mudanças Climáticas tem por finalidade divulgar resultados preliminares e informações técnicas obtidas a partir da análise de dados primários, levantamentos bibliográficos, normas e procedimentos, estudos e projetos, visando esclarecimento ou comentários quanto ao assunto selecionado.

Cada volume abordará um assunto reunindo informações consolidadas e validadas por meio de Pesquisa e Desenvolvimento de temas relevantes e atuais e de importância para o Estado na área de Energia e Mudanças Climáticas. Os resultados serão apresentados em linguagem técnica simples, de caráter informativo e elucidativo.

Os temas dos Comunicados serão apresentados de diferentes formas dependendo do tipo de estudo realizado podendo conter análises de séries históricas, estado da arte de setores, descrições detalhadas de tecnologias, resultados preliminares de pesquisas inéditas, entre outros.

O Comunicado Técnico GEMUC/DPED/FEAM nº 2/2012 apresenta um estudo sobre a utilização da energia eólica para Minas Gerais, envolvendo aspectos técnicos, impactos ambientais e discussões normativas quanto ao licenciamento ambiental de Usinas Eólicas. Também descreve a participação da FEAM junto ao Grupo de Trabalho do Ministério do Meio Ambiente visando à formatação de planos, projetos e programas de energia eólica, conforme o disposto na Carta dos Ventos.

UTILIZAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Comunicado Técnico da Gerência de Energia e Mudanças Climáticas
Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento
Fundação Estadual do Meio Ambiente

N.2

Fevereiro - 2013

Belo Horizonte

Utilização da Energia Eólica no Estado de Minas Gerais: aspectos técnicos e o meio ambiente	Belo Horizonte	N 2	p.4-77	Fev 2013
--	----------------	-----	--------	----------

© 2013 Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM

É permitida a reprodução desde que seja citada a fonte.

Governo do Estado de Minas Gerais
Antônio Augusto Junho Anastasia
Governador

Secretaria do Estado do Meio Ambiente
e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD
Adriano Magalhães Chaves - Secretário

Disponibilização Online

Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM
Zuleika Stela Chiacchio Torquetti - Presidente

Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento
Janaina Maria Franca dos Anjos

Gerência de Energia e Mudanças Climáticas
Felipe Santos de Miranda Nunes

Equipe Técnica
Wilson Pereira Barbosa Filho (Coordenador)
Abílio César Soares de Azevedo
Marcos Vinícius Eloy Xavier
Felipe Santos de Miranda Nunes

Revisão, Diagramação e Normalização:
Andréa Brandão Andrade
Consuelo Ribeiro de Oliveira
Felipe Santos de Miranda Nunes
Wilson Pereira Barbosa Filho

Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n – 1º andar -Bairro Serra Verde - Belo Horizonte - Minas Gerais
Brasil - CEP: 31630-90

Home page: <http://www.feam.br/mudancas-climaticas>

F981u Fundação Estadual do Meio Ambiente.
Utilização da energia eólica no Estado de Minas Gerais: aspectos
técnicos e o meio ambiente / Fundação Estadual do Meio Ambiente. --- Belo
Horizonte: FEAM, 2013.
77 p.; il.

Comunicado técnico nº 2/2013 – GEMUC/DPED/FEAM.

1. Energia eólica. 2. Energia eólica – aspectos construtivos.

AGRADECIMENTOS

Aos integrantes do Grupo de Trabalho de pesquisa em energia eólica do Ministério do Meio Ambiente, pelas contribuições oferecidas ao longo deste estudo. Em especial, a Sra. Ana Lúcia Lima Barros Dolabella (Gerente de Mudanças do Clima e Sustentabilidade do MMA), o Sr. Pedro Alexandre Rodrigues Christ (Analista Ambiental do MMA) e a Sra. Clarice Glufke (Analista Ambiental da Fepam).

LISTA DE SIGLAS

AAF – Autorização Ambiental de Funcionamento

a. C. – Antes de Cristo

Ademe – *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie*

Aneel – Agência Nacional de Energia elétrica

APP – Área de Preservação Permanente

CF – Constituição Federal

CIMGC – Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima

Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COP – Conferência das Partes

Conjur – Consultoria Jurídica

Copam – Conselho Estadual de Política Ambiental (MG)

Cresesb – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito

DN – Deliberação Normativa

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

Enerfín – *Enerfín Sociedad de Energía, S.L.*

EWEA – *European Wind Energy Association*

Fatma – Fundação do Meio Ambiente (SC)

Feam – Fundação Estadual do Meio Ambiente (MG)

Fepam – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (RS)

GWEC – *Global Wind Energy Council*

GWR – *Global Wind Report*

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

Idema – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN (Rio Grande do Norte)

IEF – Instituto Estadual de Florestas (MG)

Igam – Instituto Mineiro de Gestão das Águas (MG)

Iema – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (BA)

Ineti – Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação (Portugal)

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

MMA – Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal

MP – Ministério Público

ONU – Organização das Nações Unidas

PCA – Plano de Controle Ambiental

Rada – Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental

RAS – Relatório Ambiental Simplificado

RBF – Ruído de Baixa Frequência

RCA – Relatório de Controle Ambiental

Rima – Relatório de Impacto Ambiental

Seama – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (ES)

Semace – Superintendência Estadual do Meio Ambiente (CE)

Semad – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (MG)

Semar – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (PI)

Sisema – Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (MG)

SMCQ – Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental do MMA

Sudema – Superintendência de Administração do Meio Ambiente (PB)

Supram – Superintendência Regional de Regularização Ambiental (MG)

Unesco – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*

WEC - *Wind Energy Converter*

LISTA DE SÍMBOLOS

dB(A) – Decibéis, na escala A do aparelho medidor da pressão sonora

GW – Gigawatt

GWh – Gigawatt -hora

Hz – Hertz

km - Quilômetro

km/h – Quilômetro por hora

kW – Quilowatt

m – Metro

m/s – Metro por segundo

MW – Megawatt

MWh – Megawatt-hora

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Deslocamento de massas de ar.....	2
Figura 2 - Função de Weibull.....	4
Figura 3 - Rosa dos ventos.....	4
Figura 4: Moinho Persa	6
Figura 5: Panêmona Chinesa.....	6
Figura 6: Moinho de vento Primitivo Utilizado na Moagem de Grãos.....	7
Figura 7: Moinho de vento primitivo preservado	8
Figura 8: Os moinhos americanos (bombagem)	9
Figura 9: Primeira Turbina eólica.....	9
Figura 10: Futuros Modelos.....	10
Figura 11: Estrutura genérica de um sistema de conversão de energia eólica.....	11
Figura 12: Esquema do princípio de funcionamento do rotor de Savonius	12
Figura 13: Modelo Savonius	12
Figura 14: Modelo Darrieus.....	13
Figura 15: Esquema de um aerogerador.....	14
Figura 16: Potencial de geração eólica em MG para cenários de 50, 75 e 100 m.....	15
Figura 17: Função dos Componentes.....	16
Figura 18: Fundação de torre de eólica com estaca metálica.....	17
Figura 19: Fundação de torre eólica com estaca de concreto.....	18
Figura 20: Preparação para construção do bloco de coroamento	18
Figura 21: Armação de estrutura do bloco de coroamento de torre eólica - vista lateral ..	19
Figura 22: Armação de estrutura do bloco de coroamento de torre eólica - vista superior	19
Figura 23: Concretização do bloco de coroamento de torre eólica - vista lateral	20
Figura 24: Montagem do mastro na fundação.....	21
Figura 25: Peças de encaixe para edificação da torre eólica.....	21

Figura 26 - Preparação e encaixe das seções da torre eólica	22
Figura 27 - Encaixe das Seções da Torre Eólica	22
Figura 28: Vista lateral da construção da torre eólica com auxílio de grua	23
Figura 29: Pá estocada no canteiro de obra	24
Figura 30: Parte posterior da nacele	24
Figura 31: Montagem das pás na parte anterior da nacele	25
Figura 32: Acoplamento das partes anterior e posterior da nacele.....	25
Figura 33: Torre eólica montada	26
Figura 34: Interconexão da subestação com a linha de transmissão	27
Figura 35: Projeto de vias de acesso aos aerogeradores	28
Figura 36: Canteiro de Obras – Parque Eólico Alegria	29
Figura 37: Rota migratória de aves e aerogerador	32
Figura 38: Convívio de animais com aerogeradores	33
Figura 39 - Nível de ruído.....	37
Figura 40: Pintura das torres	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distância da Torre para as Residências/Política Adotada	38
Tabela 2: Determinação da classe do empreendimento a partir do potencial poluidor da atividade e do porte.....	47
Tabela 3: Determinação de potencial poluidor/degradador geral.....	47
Tabela 4: Estudo sobre licenciamento ambiental por estado brasileiro	51

SUMÁRIO

1	ENERGIA EÓLICA	1
1.1	Introdução	1
1.2	Energia Eólica	1
1.3	Evolução.....	5
1.4	Conversores de Energia Eólica	11
1.4.1	Turbinas Eólicas.....	11
1.4.2	Aerogerador	13
1.5	Aspectos Construtivos	16
1.5.1	Fundação	16
1.5.2	Montagem da torre de eólica	20
1.5.3	Montagem das pás e dos aerogeradores	23
1.5.4	Cabos Subterrâneos.....	27
1.5.5	Subestação	27
1.5.6	Acessos.....	27
1.5.7	Canteiro de Obra.....	28
1.5.8	Recuperação ambiental.....	29
2	IMPACTOS AMBIENTAIS	31
2.1	Principais impactos sobre o meio biótico.....	31
2.1.1	Supressão da vegetação.....	31
2.1.2	Fauna.....	31
2.2	Principais impactos sobre o meio físico	33
2.2.1	Degradação da área afetada	33
2.2.2	Alteração do nível hidrostático do lençol freático	34
2.3	Principais impactos sobre meio socioeconômico.....	34
2.3.1	Emissão de ruído	35
2.3.2	Impacto visual	39
2.3.3	Corona visual ou ofuscamento	41
2.3.4	Interferências eletromagnéticas.....	41
2.3.5	Efeito estroboscópico dos aerogeradores.....	41
2.3.6	Interferências locais.....	42
3	LICENCIAMENTO AMBIENTAL	44
3.1	Marco Regulatório	44
3.2	Estudos Ambientais	48
3.3	Discussões com o MMA	50
4	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 ENERGIA EÓLICA

1 – ENERGIA EÓLICA

1.1 Introdução

A Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, considerando sua atribuição legal de fomentar e orientar boas práticas de gestão ambiental, disponibiliza o presente Comunicado Técnico Nº 2 – Utilização da Energia Eólica no Estado de Minas Gerais: aspectos técnicos e o meio ambiente, elaborado pela Gerência de Energia e Mudanças Climáticas - GEMUC.

Esta publicação foi motivada pelo crescimento do cenário de aproveitamento da energia eólica em âmbito nacional e internacional e conseqüentemente da necessidade para a compilação das informações técnicas relativas ao tema, assim como um maior esclarecimento por parte do público leigo no assunto. Busca ainda identificar e descrever sucintamente os aspectos técnicos e ambientais relativos à implantação e licenciamento ambiental de usinas eólicas no Estado de Minas Gerais visando auxiliar a tomada de decisão de equipes técnicas ligadas a políticas públicas, bem como de empresas privadas que vislumbram participar desse mercado econômico emergente.

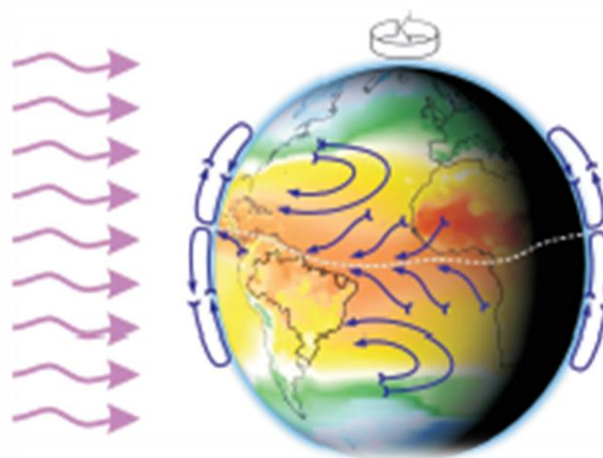
Esse Comunicado técnico não tem a pretensão de ser definitivo e esgotar o assunto, extremamente vasto e em constante processo de aperfeiçoamento, mas sim contribuir para uma avaliação preliminar estruturada e consistente para análise e apreciação de oportunidades e implementação de projetos custo-efetivos, tanto atuais, quanto futuros. Também não visa ser usado como ferramenta única para basear as decisões finais de aprovação de projetos e investimentos, sendo altamente recomendado que sejam realizadas análises adicionais detalhadas e obtida orientação profissional qualificada, antes de qualquer decisão de investimento.

1.2 Energia Eólica

Na busca pela ampliação da oferta de energia “limpa” e transição para uma economia de baixo carbono, a energia eólica confirma-se como uma fonte crescente de aproveitamento energético no mundo, apresentando incremento de cerca de 230% nos cinco últimos anos (GWEC, 2011).

Além da incidência reconhecida de baixos impactos ambientais, as usinas ou parques eólicos proporcionam a geração de empregos e desenvolvimento socioeconômico nas regiões onde são instaladas.

A energia eólica tem origem na energia solar. É um tipo de energia renovável que tem como fonte o vento, resultante do deslocamento de massas de ar, originado pelos efeitos das diferenças de pressão atmosférica entre duas regiões distintas e influenciadas por efeitos naturais como continentalidade, maritimidade, latitude, altitude, e a rugosidade do solo, entre outros. As formas de aproveitamento dessa energia estão associadas à conversão da mesma em energia mecânica e elétrica.



Fonte: GWEC, 2011

Figura 1: Deslocamento de massas de ar

Para entendermos o deslocamento de massas de ar, devemos compreender que a atmosfera da Terra age como uma gigantesca máquina térmica. A maior incidência de radiação na região do equador do que nas regiões polares, propiciam o aquecimento do ar tropical que se eleva, cedendo lugar ao ar polar mais frio que se move para tomar-lhe o lugar.

Se por um lado a radiação solar aquece o ar, a água e a terra de um lado do planeta, o

outro lado é resfriado por perda de calor para o espaço. Esse ciclo de aquecimento e resfriamento sobre a superfície ocorre diariamente, devido à rotação da Terra, muito embora nem toda a superfície do planeta responda igualmente ao aquecimento, visto que a água tem capacidade maior de estocar o calor do que a superfície terrestre, gerando assim diferentes aquecimentos.

Devido a essas diferentes taxas de aquecimento e resfriamento, surgem enormes massas de ar com temperatura, mistura e características de massas de ar oceânicas ou terrestres, ou seja, quentes e frias. Por fim, os movimentos destas massas de ar geram os ventos no planeta Terra.

O recurso eólico provém do aproveitamento da energia cinética dos ventos. Assim, pode-se dizer que a energia eólica é uma forma de aproveitamento indireta da energia solar.

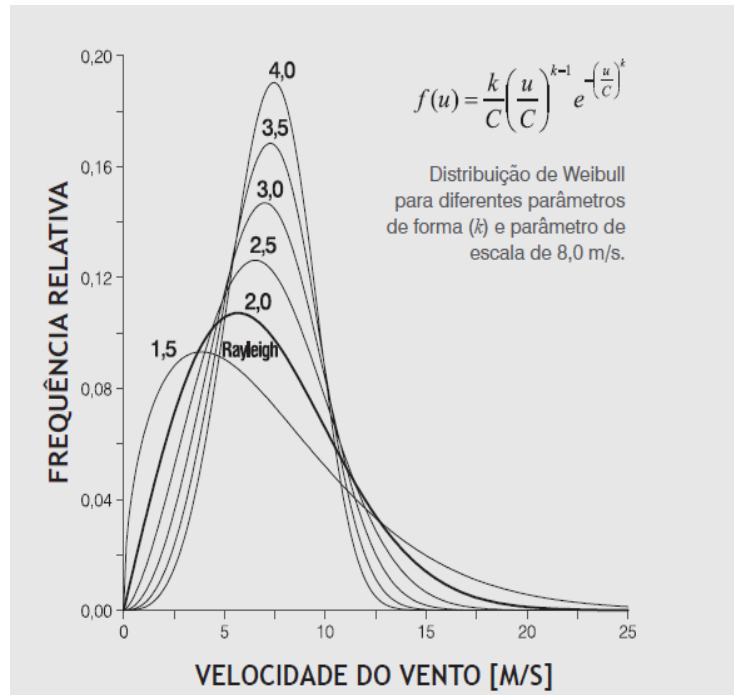
Outra importante força que atua no movimento do ar é a força de *Coriolis* ou efeito *Coriolis*. Trata-se da aceleração aparente provocada pela rotação da terra que altera a velocidade e principalmente a direção do vento. O efeito da força de *Coriolis* sobre o vento faz com que este apresente movimentos tipicamente circulares, ou em espirais, em torno dos centros de pressão que tendem a provocar deslocamento de massas de ar entre o equador e os polos (CUSTÓDIO, 2009).

Dada à incerteza do comportamento da velocidade do vento ao longo do tempo, esta pode ser representada por uma função densidade de probabilidade. A função mais apropriada à distribuição de vento é a função de Weibull. Esta função é importante para avaliar a velocidade média do vento (c) e a variância da velocidade do vento (k). Quanto menor o fator de forma menor será a variância da velocidade do vento, melhorando o fator de capacidade de uma determinada região.

$$f(v) = \frac{k}{c} * \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$$

Onde:

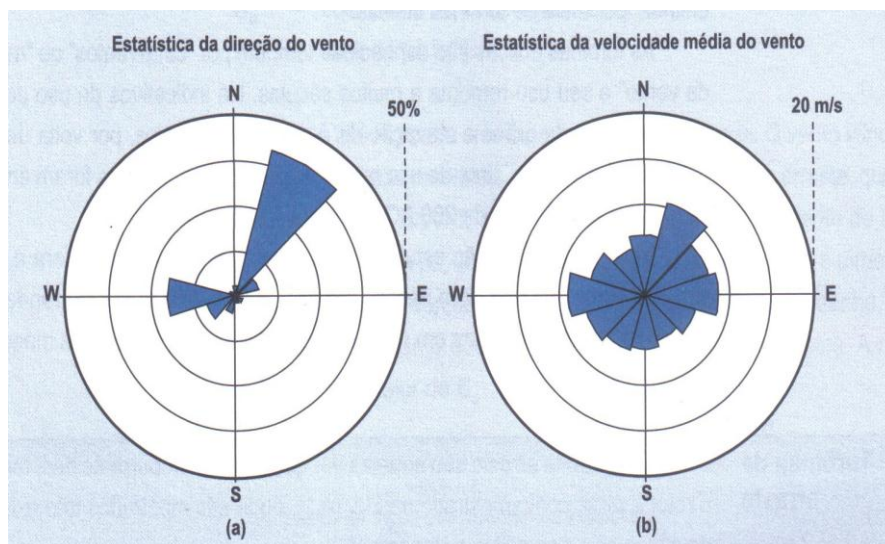
- v : velocidade do vento [m/s]
- c : fator de escala [m/s] (velocidade média do vento)
- k : fator de forma [adimensional] (variância da velocidade do vento)



Fonte: CEMIG, 2010

Figura 2 - Função de Weibull

Com esta função pode se determinar qual é a frequência da velocidade do vento em cada direção, o que é importante para a realização dos estudos do desempenho de turbinas eólica nos parques eólicos (CUSTÓDIO, 2009).



Fonte: CUSTÓDIO, 2009

Figura 3 - Rosa dos ventos

A velocidade do vento é medida em m/s, podendo ainda ser medida em outras unidades, tais como nós e km/h. O principal resultado a ser obtido é a velocidade média do vento,

mas é importante conhecer também a velocidade máxima, intensidade de turbulência, e a distribuição estatística das velocidades, que possuem influência nos projetos de aproveitamento energético.

A velocidade do vento aumenta com a altura em relação à superfície da Terra e de forma dependente da rugosidade do terreno. Por isso, as máquinas eólicas são geralmente instaladas em torres elevadas, onde as velocidades são significativamente maiores do que na superfície. O instrumento usado para medir a velocidade do vento é o anemômetro.

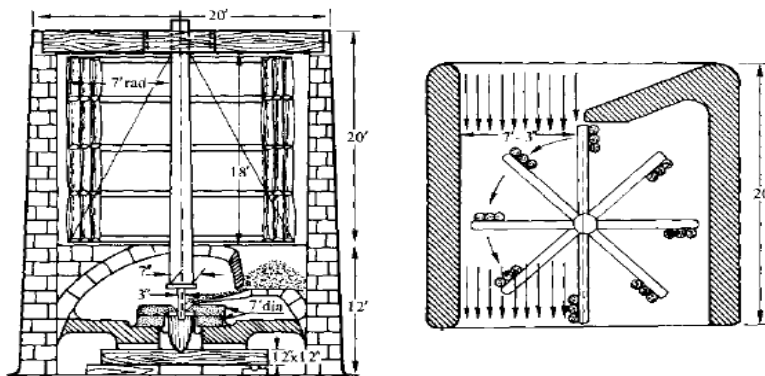
A turbina eólica, ou aerogerador, é uma máquina para produção de energia elétrica a partir da energia cinética do vento. Seus principais componentes são a turbina eólica e o gerador, mas também se incluem outros equipamentos como:

- Pás: são os equipamentos responsáveis pela interação com o vento convertendo parte de sua energia cinética em trabalho mecânico.
- Eixo: responsável pelo acionamento do gerador, fazendo a transferência da energia mecânica da turbina.
- Nacele: é a carcaça montada sobre a torre, onde se situam o gerador, a caixa de acoplamento e demais dispositivos localizados no alto.
- Torre: estrutura com a função de elevar e sustentar a turbina do solo até uma altura adequada.

É necessário que se faça uma investigação da velocidade do vento na área onde pretende-se implantar o projeto de usina eólica, por um período superior a doze meses, de forma a contemplar as variações de velocidade durante as estações do ano.

1.3 Evolução

A utilização da energia eólica não é um fato recente. A energia dos ventos já era utilizada há milhares de anos para bombeamento de água, moagem de grãos e aplicações que envolviam energia mecânica. O primeiro registro histórico da utilização da energia eólica para moer grãos e bombear água é originário da Pérsia, 200 a.C. (DUTRA, 2003).

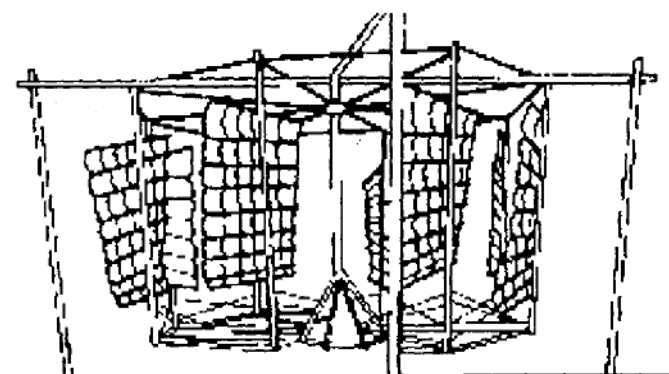


Fonte: INETI, 2003

Figura 4: Moinho Persa

Entretanto, especula-se que antes da invenção dos cata-ventos na Pérsia, a China e o Império Babilônico (2000 a.C. e 1700 a.C., respectivamente), utilizavam cata-ventos rústicos para irrigação. Os cata-ventos primitivos, mesmo com a baixa eficiência, eram essenciais nos processos de moagem de grãos e bombeamento de água, pois substituíam a força motriz humana ou animal (DUTRA, 2003).

Com o passar do tempo a tecnologia primitiva se desenvolveu e foram encontrados nas ilhas gregas do Mediterrâneo os primeiros modelos que utilizavam velas de sustentação em eixo horizontal.



Fonte: INETI, 2003

Figura 5: Panêmona Chinesa

O contato da Europa com os cata-ventos ocorreu, especificamente, no retorno das Cruzadas, há 900 anos. Os cata-ventos foram largamente utilizados na Europa, principalmente na Inglaterra, França e Holanda. Estes e outros países começaram a utilizar moinhos de eixo horizontal, do tipo “holandês”. Os moinhos de vento na Europa

influenciaram a economia agrícola por vários séculos, além disso, leis foram criadas envolvendo a concessão de moinhos e o “direito ao vento” (lei que proibia a plantação de árvores próximas ao moinho). E com o desenvolvimento tecnológico das pás e do sistema de controle, o uso dos moinhos de vento promoveu a otimização de diversas atividades (INETI, 2003).

Entre os séculos XVII e XIX, na Holanda, os moinhos de vento eram utilizados em grande escala para a drenagem de terras cobertas pela água. A área de *Beemster*, por exemplo, foi drenada por 26 moinhos de vento, entre os anos de 1608 e 1612. O mesmo aconteceu com a região de *Schermer Polder*, alguns anos depois, drenada por 36 moinhos de vento. Além da drenagem, os moinhos eram aplicados na produção de óleos vegetais, na fabricação de papel e no processamento de madeiras (INETI, 2003).

A Revolução Industrial, no final do Século XIX, foi de suma importância para a questão eólica na Europa. Com o surgimento da máquina a vapor, a energia dos ventos ficou em desuso, principalmente na Holanda.

A figura 6 mostra a região de *Kinderdijk*, onde localiza-se o maior conjunto de moinhos existente da Holanda. Ao todo, foram 19 moinhos construídos nas primeiras décadas do século XVIII. Em 1997, a Unesco tombou o local tornando-o patrimônio Histórico-cultural da Humanidade.



Fonte: Windmills photos, wallpapers and pics, 2012

Figura 6: Moinho de vento Primitivo Utilizado na Moagem de Grãos

Para preservar os moinhos de vento, foi criada, em 1923, uma sociedade holandesa para a conservação, melhoria de desempenho e utilização efetiva dos moinhos (DUTRA, 2003).



Fonte: Windmills photos, wallpapers and pics, 2012

Figura 7: Moinho de vento primitivo preservado

Os cata-ventos de múltiplas pás destinados ao bombeamento de água também se desenvolveram de modo efetivo em diversos países, principalmente nas áreas rurais. Acredita-se que, desde a segunda metade do século XIX, mais de 6 milhões de cata-ventos teriam sido fabricados e instalados somente nos Estados Unidos para o bombeamento de água e abastecimento de bebedouros para o gado. Outras regiões também utilizaram os cata-ventos, tais como a Austrália, Rússia, África e América Latina (DUTRA, 2003).

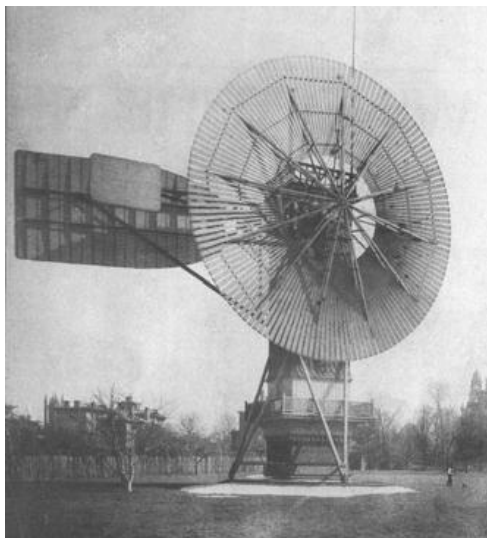
Os cata-ventos adaptaram-se muito bem às condições rurais, pela facilidade na sua manutenção e operação. A estrutura era toda feita de metal e o sistema de bombeamento era feito por meio de bombas e pistões, sendo estes favorecidos pelo alto torque do grande número de pás. Este tipo de sistema é utilizado até hoje, em várias partes do mundo, para o bombeamento de água.



Fonte: INETI, 2003

Figura 8: Os moinhos americanos (bombagem)

Para a geração de energia elétrica, as primeiras tentativas feitas com o uso da energia eólica datam no final do século XIX. A primeira turbina eólica para geração de eletricidade foi construída em 1888 por Charles Brush, tinha capacidade de 12 kW e visava alimentar sua mansão de energia elétrica (FAVRE, 1998).



Fonte: INETI, 2003

Figura 9: Primeira Turbina eólica

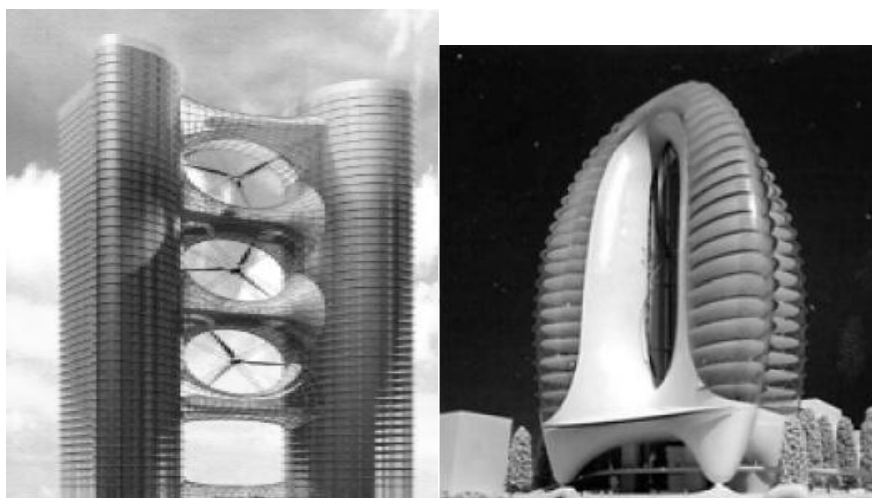
Outro grande pioneiro foi o dinamarquês *Poul de la Cour* (1846 -1908), com destaque para o trabalho experimental na aerodinâmica e na aplicação prática das plantas de energia eólica. Sua principal contribuição foi no sentido de produzir uma potência constante com objetivo de acionar um gerador, por meio da criação de um regulador de diferencial chamado *Kratostate*, que mais tarde foi simplificado ("*vippeforlaget*") e amplamente utilizado na produção de eletricidade, através de moinhos de vento nos

países nórdicos e Alemanha. Também lhe é conferido o fato de ter lecionado em 1904, o primeiro curso para engenheiros eólicos.

A crise internacional do petróleo ocorrida na década de 1970 despertou o interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e a aplicação de equipamentos de geração de energia eólica (em escala comercial). O mundo então começou a utilizar o vento como fonte de energia em escala comercial, passando por um intensivo desenvolvimento tecnológico nos anos 90. Hoje, além de ser reconhecida como uma das fontes de energia que mais cresce no mundo, a taxas superiores a 28% ao ano, é reconhecida mundialmente por ser uma importante fonte de energia renovável para geração de eletricidade sem emissão de dióxido de carbono e gases poluentes durante sua operação (GWEC, 2010).

Segundo a projeção do Painel Intergovernamental das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (IPCC) deverão ser instalados aproximadamente 30.000 MW de energia eólica no mundo até 2030. O Brasil possui um imenso potencial eólico, porém ainda não aproveitado, podendo, segundo dados do Atlas Eólico Brasileiro, atingir a marca de 143.000 MW (CRESESB, 2011).

As projeções para o futuro da energia eólica são otimistas, indicando um caminho positivo no uso dessa fonte alternativa de energia, visto que as tecnologias setoriais vêm demonstrando um desenvolvimento potencial, permitindo penetrações mais elevadas e redução dos custos unitários. Novos modelos de aerogeradores surgem a cada dia com potências cada vez maiores.

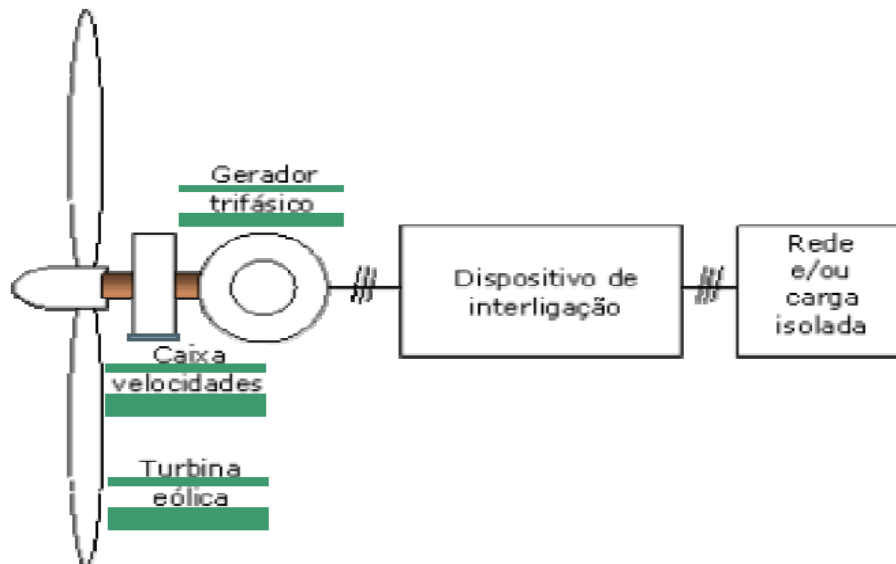


Fonte: INETI, 2003

Figura 10: Futuros Modelos

1.4 Conversores de Energia Eólica

Os elementos da cadeia de conversão de energia podem ser combinados de diversas formas. Os elementos que estão, imperativamente, presentes são: uma turbina eólica, um gerador trifásico e um dispositivo de interligação à rede de distribuição elétrica (BRIZON, 2012).



Fonte: BRIZON, *et al*, 2012

Figura 11: Estrutura genérica de um sistema de conversão de energia eólica

1.4.1 Turbinas Eólicas

As turbinas eólicas são classificadas quanto à sua forma construtiva:

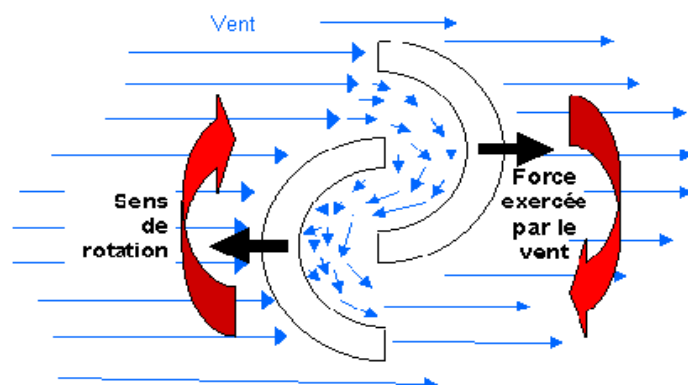
- Turbinas eólicas de eixo horizontal (TEEH), ou HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*).
- Turbinas eólicas de eixo vertical (TEEV), ou VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*).

E quanto à sua potência nominal:

- Pequeno Porte (até 50kW).
- Médio Porte (potência de 50 a 1000kW).
- Grande Porte (acima de 1MW).

As turbinas de eixo vertical não necessitam de mecanismos direcionais e o gerador não gira seguindo a direção do vento, apenas o rotor gira enquanto o gerador fica fixo, mas

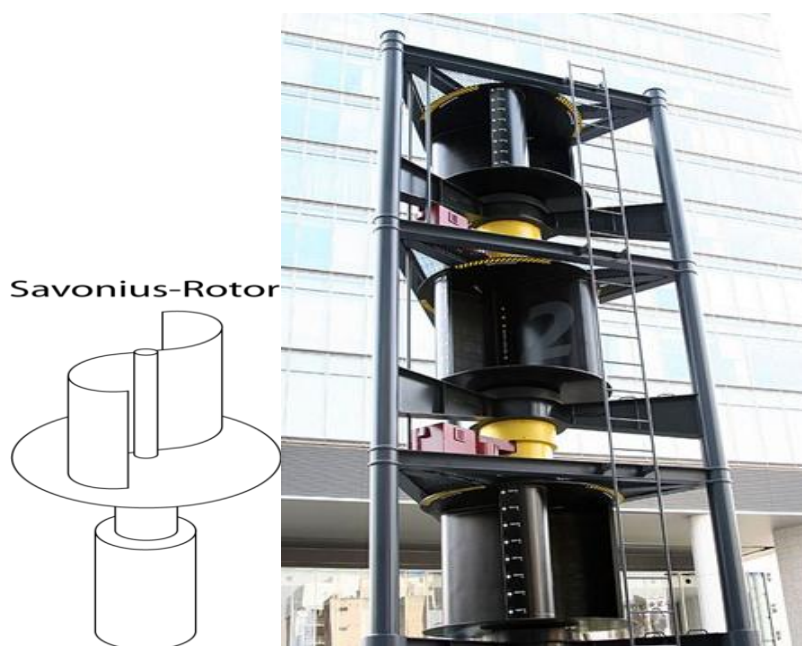
seu desempenho é inferior. Como exemplos de rotores de eixo vertical citam-se o Modelo *Savonius* e o Modelo *Darrieus*.



Fonte: BRIZON, et al, 2012

Figura 12: Esquema do princípio de funcionamento do rotor de Savonius

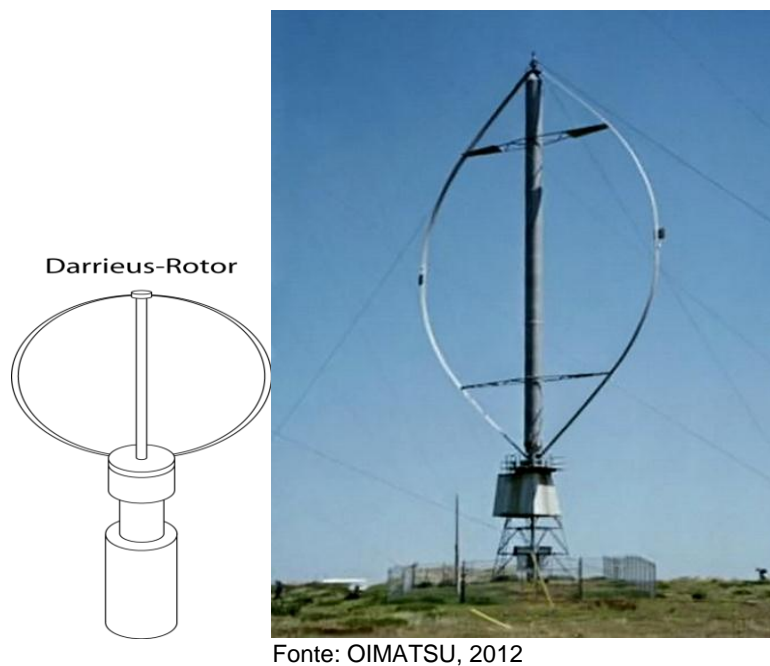
A turbina de *Savonius* baseia-se no princípio do acionamento diferencial. Os esforços exercidos pelo vento em cada uma das faces do corpo oco são de intensidades diferentes, resultando um binário responsável pelo movimento rotativo do conjunto. Sua maior eficiência se dá em ventos fracos e pode chegar a 20%. Sendo que a eficiência se refere a percentagem da energia cinética do vento que passou pelo rotor que será transmitida ao gerador.



Fonte: OIMATSU, 2012

Figura 13: Modelo Savonius

Já a turbina do tipo *Darrieus* funciona através de força de sustentação, onde um perfil colocado ao vento segundo diferentes ângulos e fica submetido a forças de intensidade e direção variáveis. A resultante destas forças gera um binário motor responsável pela rotação do dispositivo.



Fonte: OIMATSU, 2012

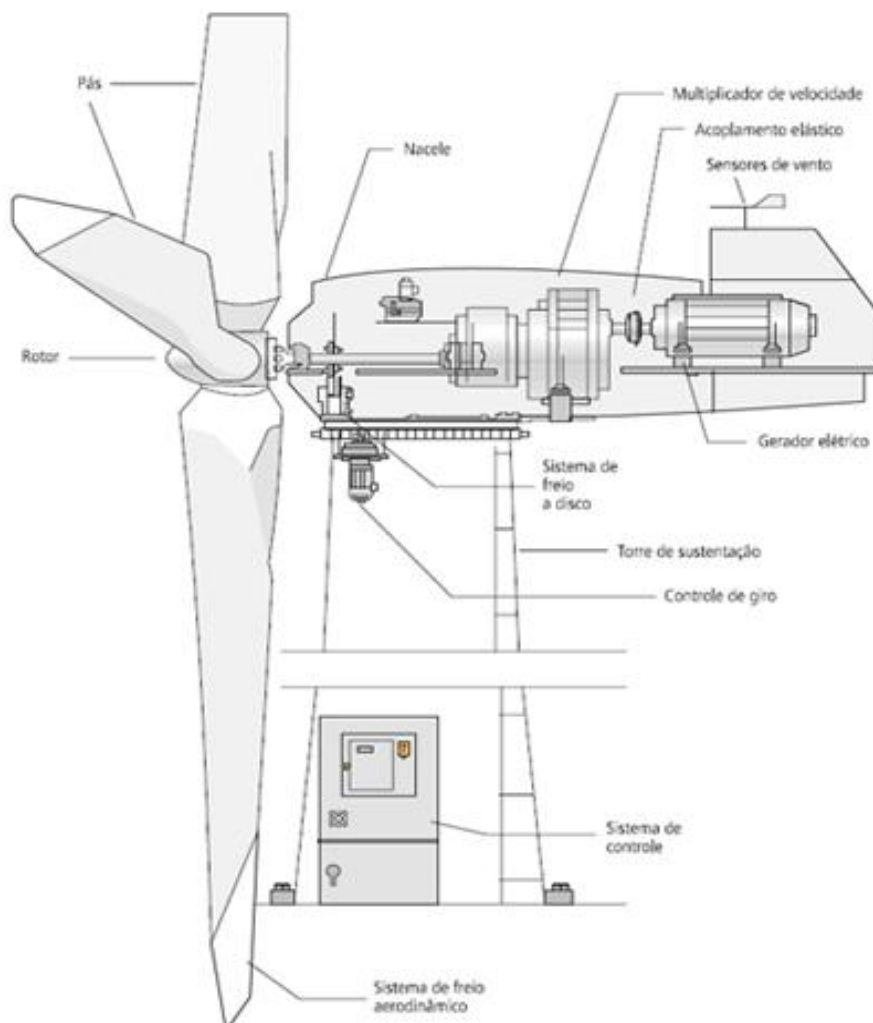
Figura 14: Modelo Darrieus

As turbinas são movidas por forças aerodinâmicas chamadas de forças de sustentação (*lift*) e forças de arrasto (*drag*). Um corpo que obstrui o movimento do vento sofre a ação de forças que atuam perpendicularmente ao escoamento (forças de sustentação) e de forças que atuam na direção do escoamento (forças de arrasto). Ambas são proporcionais ao quadrado da velocidade relativa do vento. Adicionalmente, as forças de sustentação dependem da geometria do corpo e do ângulo de ataque (formado entre a velocidade relativa do vento e o eixo do corpo) (CRESESB, 2008).

As pás da turbina devem sempre ser orientadas conforme a direção do vento. O perfil da pá é essencial para uma melhor eficiência na conversão da energia. A resistência deve ser alta com referência a fadiga mecânica, que está ligada a resistência estrutural. Quanto ao número de pás, existem aerogeradores de uma pá, duas pás, três pás, a partir deste número são conhecidos como multi-pás (CRESESB, 2008).

1.4.2 Aerogerador

Os aerogeradores são equipamentos para produção de energia elétrica a partir da energia cinética do vento. Seus principais componentes são a turbina eólica e o gerador, mas também se incluem outros componentes, dispositivos e sistemas (CUSTÓDIO, 2009).



Fonte: Fonte: CBEE, 2001, apud ANEEL, 2002

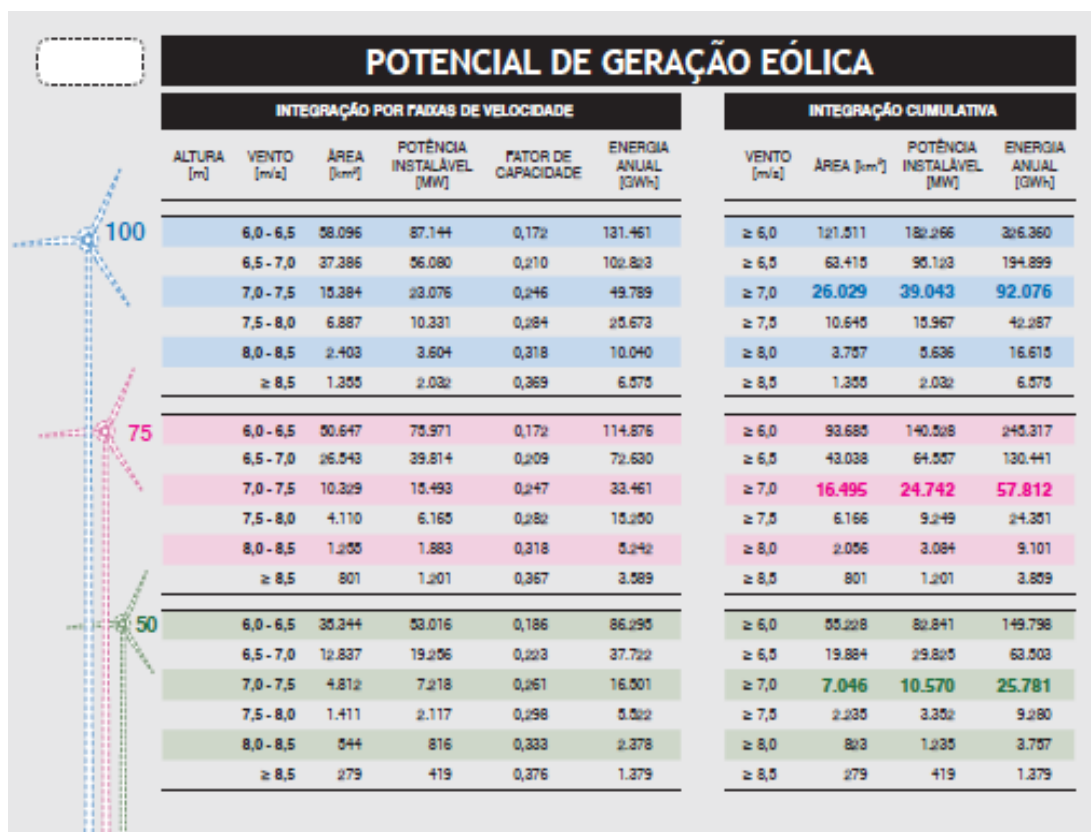
Figura 15: Esquema de um aerogerador

A turbina eólica quando acionada pelo vento produz energia mecânica no eixo, que por sua vez movimentada o gerador elétrico responsável por converter a energia mecânica produzida pela turbina em energia elétrica por meio de conversão eletromagnética. As pás são perfis aerodinâmicos, fabricados em fibra de vidro e reforçadas com epoxi e/ou madeira, responsáveis pela interação com o vento. São fixadas na ponta do eixo da turbina, denominado cubo. Esse eixo é constituído de aço ou liga metálica de alta resistência, e é responsável por acionar o gerador. A nacela é a carcaça montada sobre a

torre junto a turbina, onde se situam o gerador, a caixa de acoplamento e os demais dispositivos do aerogerador. O tamanho e o desenho variam de modelo para modelo e conforme o fabricante.

A torre tem a forma tubular cônica ou treliçada, e é uma estrutura com função de elevar a turbina do solo até uma altura conveniente ao projeto, atendendo a maior velocidade do vento e o desempenho do aerogerador. O sistema de mudança de direção é montado dentro da nacele e tem função de alinhar a turbina com o vento. Já o sistema de freio é usado para paradas de emergência ou em tempestades. Fora da nacele são observados vários componentes como o sistema de para-raios, o sistema de medição de vento, o gerador e o transformador.

O gerador é o responsável pela produção de energia, enquanto o transformador tem a função de elevar a tensão de geração ao valor da rede elétrica ao qual o gerador está conectado. A figura 16 é parte integrante do Atlas Eólico do Estado de Minas Gerais e serve para exemplificar o potencial de geração de energia eólica variando conforme altura da torre e velocidade do vento.



Fonte: Cemig, 2011

Figura 16: Potencial de geração eólica em MG para cenários de 50, 75 e 100 m

Também faz parte do aerogerador a respectiva fundação, que é evidenciada no item 1.4 desse estudo devido aos impactos ambientais gerados. A figura 17 traz um resumo dos componentes e de suas respectivas funções.

COMPONENTE	FUNÇÃO
Pás do Rotor	Capturar a energia eólica e convertê-la em energia rotacional no eixo
Eixo	Transferir a energia de rotação para o gerador
Nacele	Carcaça onde são abrigados os componentes
Caixa de Engrenagens	Aumentar a velocidade de rotação do eixo entre o gerador e o cubo do rotor
Gerador	Usar a energia rotacional para gerar eletricidade utilizando eletromagnetismo
Unidade de Controle Eletrônico	Monitorar todo o sistema, realizar o desligamento da turbina em caso de falha e ajustar o mecanismo de alinhamento da turbina com o vento
Controlador	Alinhar o rotor com a direção do vento
Freios	Em caso de falha no sistema ou sobrecarga de energia, detêm a rotação do eixo
Torre	Sustentar o rotor e a nacele, além de erguer todo o conjunto a uma altura onde as pás possam girar com segurança e distantes do solo
Equipamentos Elétricos	Transmitir a eletricidade do gerador pela da torre e controlar os elementos de segurança da turbina

Fonte: GARBE, MELLO, TOMASELLI, 2007

Figura 17: Função dos Componentes

A energia produzida pelos aerogeradores é transportada para a subestação, através de cabos subterrâneos e aéreos.

1.5 Aspectos Construtivos

A usina eólica é composta por torres com aerogeradores, postos de transformação, cabos subterrâneos para transporte da energia elétrica, central de comando, subestação e acessos às torres, instalações de interligação e outras infraestruturas, instalações e equipamentos complementares ou acessórios dos mesmos.

1.5.1 Fundação

As técnicas de fundação visam não somente a autossustentação, mas a capacidade de sustentar estruturas que sobre as mesmas serão colocadas. A fundação é considerada como infraestrutura, e a parte a ser edificada, a qual irá sustentar, é chamada de

superestrutura. Além do tipo de material a ser utilizado na fundação, concreto e aço, outros aspectos devem ser considerados, como:

- topografia da área;
- dados geológicas e geotécnicos do subsolo;
- águas subterrâneas;
- águas superficiais;
- sistema estrutural a ser utilizado;
- solicitações excessivas do solo, na concepção da superestrutura ou da infraestrutura;
- avaliação de taludes instáveis;
- qualidade do material utilizado;
- qualidade da mão de obra;
- avaliação antecipada de construções vizinhas, e cuidado com a integridade das mesmas.

No caso de fundações de torres de eólica, em usinas eólicas implantadas no Rio Grande do Sul e estados do Nordeste, o tipo utilizado é de fundação mista, ou seja, àquelas que associam fundações superficiais e profundas. Existem três tipos principais de fundações profundas, que são: estaca, tubulão e caixão. As estacas podem ser: metálicas, tipo raiz, pré-moldadas de concreto, tipo *Franki*, tipo *Strauss* e escavadas. As figuras 18 e 19 mostram o uso de estacas metálicas e de concreto na confecção de fundações.



Fonte: FEPAM, 2010

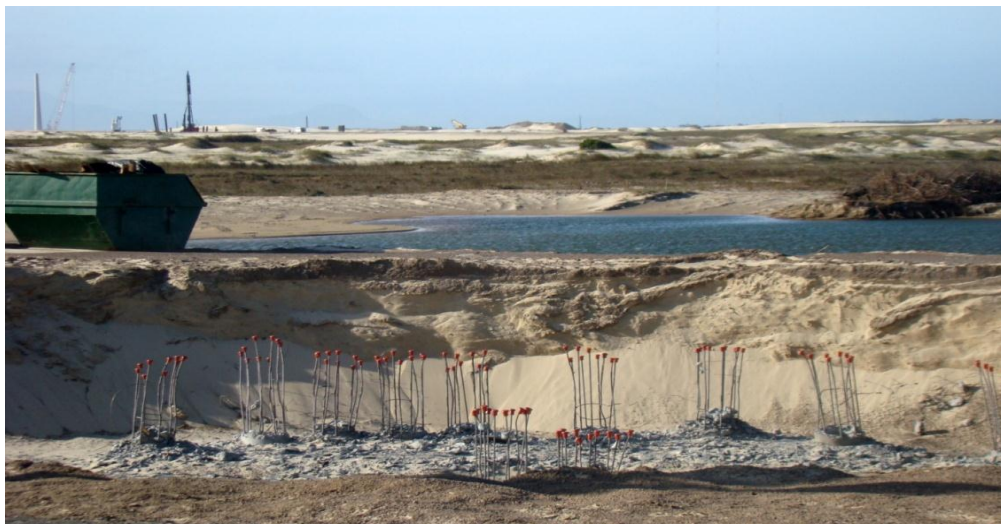
Figura 18: Fundação de torre de eólica com estaca metálica



Fonte: FEPAM, 2010

Figura 19: Fundação de torre eólica com estaca de concreto

Após execução das estacas, inicia-se a construção dos blocos de coroamento que são elementos maciços de concreto armado que solidarizam as "cabeças" de uma ou de um grupo de estacas, distribuindo para elas as cargas da superestrutura. Previamente as estacas devem ser preparadas realizando o corte da parte excedente (rasá-la), para que fique exatamente na cota ou nível previsto para receber o bloco. Esta cota é chamada de cota de arrasamento. Na Figura 20, observa-se o uso de protetores para ponta de ferro (capsulas de cor vermelha na ponta das barras de aço das estacas), que visam garantir a proteção evitando acidentes na obra.



Fonte: FEPAM, 2010

Figura 20: Preparação para construção do bloco de coroamento

As figuras 21 e 22 mostram a armação da estrutura do bloco de coroamento.



Fonte: FEPAM, 2010

Figura 21: Armação de estrutura do bloco de coroamento de torre eólica - vista lateral

Com o local que irá receber o bloco de coroamento, nivelado e limpo, inicia-se o processo de armação da estrutura do bloco. Os blocos de coroamento têm também a função de absorver os momentos produzidos por forças horizontais, excentricidade e outras solicitações (CAPUTO, 1973).



Fonte: ENERFÍN, 2011

Figura 22: Armação de estrutura do bloco de coroamento de torre eólica - vista superior

Terminada a armação da estrutura do bloco, inicia-se a confecção das formas para o recebimento e confinamento do concreto. Cada bloco de coroamento incluirá uma secção circular de aço para acomodar o perfil da base da coluna de apoio da turbina eólica. Esta base de fundação irá conter vários condutos de serviço para permitir conexões de cabo elétrico e de comunicação a serem feitas na turbina.



Fonte: FEPAM, 2010

Figura 23: Concretização do bloco de coroamento de torre eólica - vista lateral

1.5.2 Montagem da torre de eólica

Na conclusão da concretagem da fundação serão colocados parafusos de ajuste para acoplar a seção inferior da torre ou mastro. Em alguns casos os parafusos de ajuste são fixados na própria seção, e essa é acomodada na parte superior da fundação, para então a fundação receber a concretagem, conforme Figura 24.

O mastro consiste em elementos pré-fabricados com diâmetro variados, dependendo da necessidade do projeto. É planejado de forma que possa ser dividido em seções de diâmetros variados. As seções de grande diâmetro são fabricadas em duas, ou três, meias-seções objetivando facilitar o transporte.



Fonte: ENERCON, 2011

Figura 24: Montagem do mastro na fundação



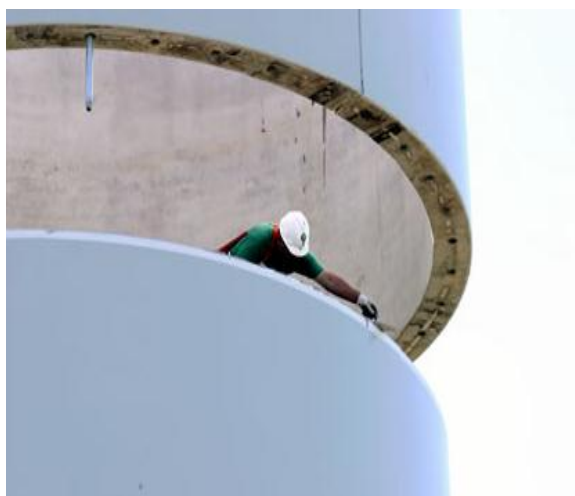
Fonte: FEPAM, 2010

Figura 25: Peças de encaixe para edificação da torre eólica

As seções pré-fabricadas do mastro são executadas com rigoroso controle de qualidade na fábrica de pré-moldado. As junções de cada seção pré-fabricada recebem um produto especial à base de resina epóxi, para transmissão de maneira uniforme das forças de pressão de seção em seção. Na montagem das seções pré-fabricadas, os cabos de tensão são passados através de dutos instalados na própria seção e tensionados com a fundação. Depois de aplicadas tensões nos cabos, uma argamassa ou um microconcreto

fluido (graute) é injetada nos espaços entre os cabos e os dutos, de modo que fiquem permanentemente protegidos contra a corrosão.

Por meio das tensões exercidas pelos cabos alojados na parede do mastro, as seções, após conclusão da montagem, se transformam em uma unidade inseparável e resistente aos esforços horizontais. A montagem das seções (e meias-seções) pode ser observada nas Figuras 26 e 27, como também, na Figura 28 o trabalho das gruas auxiliando o acoplamento das mesmas.



Fonte: ENERFIN, 2011

Figura 26 - Preparação e encaixe das seções da torre eólica



Fonte: ENERFIN, 2011

Figura 27 - Encaixe das Seções da Torre Eólica



Fonte: FEPAM, 2010

Figura 28: Vista lateral da construção da torre eólica com auxílio de grua

1.5.3 Montagem das pás e dos aerogeradores

A elevação de cada turbina é realizada em múltiplos estágios, incluindo: a montagem da nacelle, montagem e elevação do rotor, conexão dos cabos internos e inspeção e teste do sistema elétrico antes da sua operação. Uma elevação através de grua é necessária para as etapas finais. A Figura 29 contempla uma pá estocada no canteiro de obra. A parte posterior da nacelle, onde se aloja o aerogerador, pode ser observada na figura 30.



Fonte: FEPAM, 2010

Figura 29: Pá estocada no canteiro de obra



Fonte: FEPAM, 2010

Figura 30: Parte posterior da nacele

O conjunto de pás é montado na parte anterior da nacele, ainda no chão, e posteriormente por meio das guias é içado e acoplado a parte posterior da nacele, conforme mostrado nas Figuras 31 e 32.



Fonte: ENERFÍN, 2011

Figura 31: Montagem das pás na parte anterior da nacele



Fonte: ENERFÍN, 2011

Figura 32: Acoplamento das partes anterior e posterior da nacele

A Figura 33 contempla a finalização do processo de montagem da torre de eólica.



Fonte: ENERFÍN, 2011

Figura 33: Torre eólica montada

Uma das características da usina eólica é o desenvolvimento e avanço tecnológico. Em todas as usinas eólicas visitadas pela equipe técnica da Feam, os componentes e ações do aerogerador são monitorados em tempo real por uma central de comando instalada na própria usina, o que propicia uma verificação constante do desgaste e mau funcionamento de seus componentes. Tudo é monitorado e enviado via satélite para a empresa matriz, que através de um sistema de logística apura qual local mais próximo da usina possui a peça de reposição, providenciando o envio. Desta forma é reduzido o tempo de paralisação de determinado aerogerador.

1.5.4 Cabos Subterrâneos

Os cabos subterrâneos entre as turbinas seguem o caminho de acesso entre estas, a fim de minimizar os impactos ecológicos e garantir a facilidade de manutenção e reparação de cabos. Em geral, as valas criadas tem aproximadamente 1 metro de profundidade com largura suficiente para acomodar os cabos elétricos, e também o cabo de fibra óptica para monitorizar e controlar as turbinas. A maior parte do material de enchimento das valas é material da própria escavação.

1.5.5 Subestação

A interconexão entre a usina eólica e a rede elétrica é feita através da ligação entre essa e uma subestação, que transmitirá a energia eólica produzida para o consumidor.



Fonte: FEPAM, 2010

Figura 34: Interconexão da subestação com a linha de transmissão

1.5.6 Acessos

Um dos fatores mais importantes na construção de uma usina eólica é o acesso à área de implantação. As estradas e caminhos de acesso devem ser suficientemente largas e estáveis para o transporte de equipamentos para a construção inicial. Essas vias de acesso têm um papel importante na operação e manutenção das usinas. Nos casos em

que não existem vias adequadas para a construção do empreendimento, estas terão de ser construídas.

A Figura 35 é referente ao Parque Eólico Alegria da empresa *NewEnergy* Geração de Energia, situado no município de Guimarães, Rio Grande do Norte. As linhas em vermelho correspondem às vias de acesso aos aerogeradores, no interior da usina eólica. Esses acessos são essencialmente importantes para a construção e manutenção dos aerogeradores.

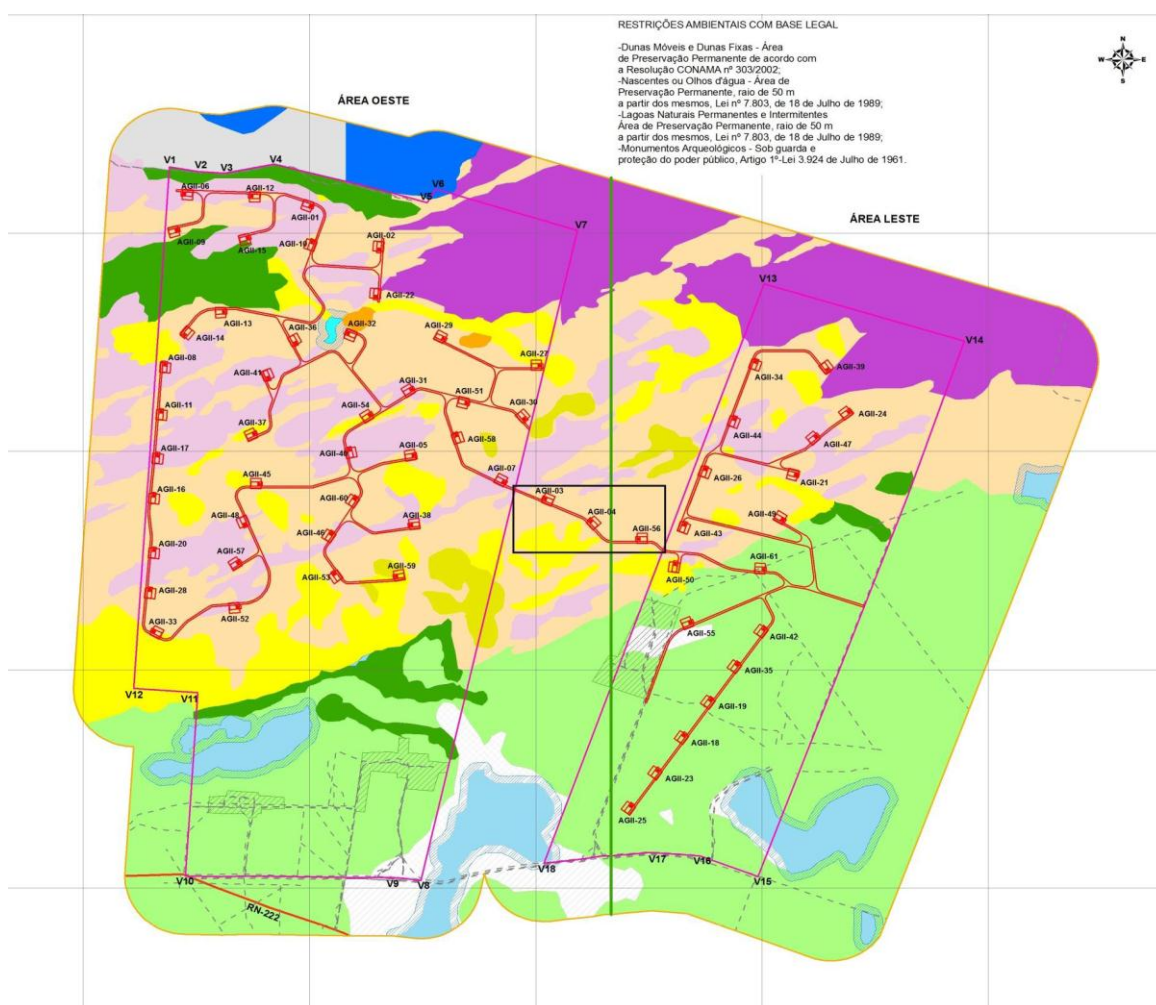


Figura 35: Projeto de vias de acesso aos aerogeradores

1.5.7 Canteiro de Obra

O canteiro de obra deve ter um tamanho suficiente para acomodar os componentes da torre, os aerogeradores, as pás, a usina de concretagem, areia, brita, as guas, o

estaleiro de construção, enfim, todos os materiais a serem utilizados na logística da construção da usina eólica.

Durante o período da construção recomenda-se que um único estaleiro seja construído na área de implantação. Esse deve conter alojamento, cozinha, instalações sanitárias, almoxarifado, escritório, estacionamento e demais dependências que se fizerem necessárias. A Figura 36 contempla um canteiro de obra de uma usina eólica, onde podemos observar todo um processo de organização de material, equipamentos e serviços.



Fonte: PIRES, 2011

Figura 36: Canteiro de Obras – Parque Eólico Alegria

1.5.8 Recuperação ambiental

Após a conclusão da construção, deve ser iniciada a recuperação ambiental da área das plataformas para as gruas e dos estaleiros. Todos os edifícios de escritórios, contentores, máquinas e equipamentos serão retirados após o início da fase de operação das usinas eólicas.

As áreas degradadas no processo de implantação, tais como as bermas das estradas, as plataformas para guias e as fundações das turbinas devem ser reconformadas e receberem cobertura vegetal. Essa restauração deve ser programada, gerida e executada para permitir a restauração de áreas perturbadas com mais brevidade possível e de maneira progressiva. Sempre que possível e necessário, o restabelecimento deve ser realizado ao avançar do projeto.

2 IMPACTOS AMBIENTAIS

2 IMPACTOS AMBIENTAIS

A utilização da energia eólica configura-se como uma importante alternativa, sobretudo quando tratamos de mudanças climáticas e a necessidade de redução na emissão de gases de efeito estufa do setor energético. Os impactos ambientais gerados estão relacionados principalmente ao impacto visual e ao potencial impacto sobre a fauna e flora.

2.1 Principais impactos sobre o meio biótico

2.1.1 Supressão da vegetação

A construção de usinas eólicas pode provocar impactos na fauna e na flora local durante a fase de construção e durante a permanência do empreendimento ou sua exploração. Os impactos recorrentes são: supressão da vegetação, remoção de terra e compactação do terreno por máquinas.

O desmatamento promove a supressão de ambiente com fauna e flora e a fragmentação local dos ecossistemas relacionados. Estudos demonstram que essas atividades geralmente são realizadas em um sistema ambiental de preservação permanente podendo gerar a extinção de setores fixados pela vegetação, bem como a supressão de ecossistemas antes ocupados por fauna e flora específicas (MEIRELES, 2008).

2.1.2 Fauna

A implantação de uma usina eólica tem o potencial de causar os seguintes impactos ambientais sobre a avifauna: risco de colisão com os aerogeradores; colisão com as linhas de transporte de energia; alteração do sucesso reprodutor; perturbação na migração (mudanças nos padrões de migração); perda de *habitat* de reprodução e

alimentação; alteração dos padrões de movimentação e utilização do *habitat* devido à perturbação associada à presença das turbinas.

Os empreendimentos eólicos fora de rotas de imigração não disturbam os pássaros, e eles tendem a mudar sua rota de voo entre 100 a 200 metros, passando acima ou ao redor da turbina (VILLEY MIGRANE, 2004).



Fonte: APGVN, 2010

Figura 37: Rota migratória de aves e aerogerador

Com relação à mastofauna, as turbinas de vento para geração de energia eólica podem representar uma grande ameaça para as populações de morcegos. A rotação das turbinas causa uma queda da pressão atmosférica na região próxima à extremidade das lâminas, e quando um morcego passa por essa zona de baixa pressão seus pulmões sofrem uma expansão repentina, o que resulta no rompimento dos vasos capilares do órgão causando hemorragia interna, algo similar ao que acontece com mergulhadores que experimentam mudanças repentinas de pressão (VILLEY MIGRANE, 2004).

Embora alguns sejam afetados por golpes diretos desferidos pelas hélices das turbinas, a principal causa de morte é a queda repentina de pressão próxima dessas estruturas. As aves são menos impactadas que os morcegos, pois, graças ao seu sistema respiratório mais robusto, não sofrem com o problema de despressurização (VILLEY MIGRANE, 2004).

Pintar as pás em cores mais visíveis pode aumentar a sua visibilidade, reduzindo o número de colisões. Mas em termos de mortalidade de aves, a localização da usina eólica, é considerada mais importante (SARAIVA, 2003).

A correta localização de empreendimentos eólicos pode reduzir os efeitos negativos no meio ambiente em alguns grupos faunísticos. Entretanto, os estudos com foco nesses impactos ainda são incipientes (NOISE ASSOCIATION, 2006).

A implantação da usina eólica pode implicar na interferência da fauna terrestre, primeiro por atingir seus habitats, e, segundo, pelo aumento da movimentação e ruído na fase de implantação, que tende a afugentar a fauna para outras localidades, podendo esta, sofrer atropelamentos nas rodovias. Porém, nota-se o retorno da fauna terrestre quando do término das obras. Visitas técnicas realizadas em áreas fundiárias que receberam a construção de usinas eólicas evidenciam o bom convívio de animais com as torres, conforme pode ser notado na Figura 38.



Fonte: ENERFÍN, 2011

Figura 38: Convívio de animais com aerogeradores

2.2 Principais impactos sobre o meio físico

2.2.1 Degradação da área afetada

As atividades necessárias para instalação e operação das usinas eólicas, quais sejam retirada de cobertura vegetal, terraplanagem, entre outras, tem um potencial gerador de impactos negativos no meio ambiente.

Os impactos gerados pela terraplanagem estão relacionados com atividades de retirada e soterramento da cobertura vegetal, abertura de cortes transversais e longitudinais e aterros, para a abertura de vias de acesso, área de manobra para caminhões, pás mecânicas e tratores de esteira, e preparação do terreno para a instalação do canteiro de obras. Outro impacto é o da introdução de material sedimentar para impermeabilização e compactação do solo, quando da etapa do processo de implantação visando proporcionar o tráfego de veículos sobre a rede de vias de acesso aos aerogeradores, ao canteiro de obras, ao depósito de materiais, do escritório e do almoxarifado.

A implantação de usinas geradoras de energia eólica podem também promover interferência em sítios arqueológicos, o que justifica a elaboração de estudos prévios e monitoramento da implantação e operação da atividade.

2.2.2 Alteração do nível hidrostático do lençol freático

As atividades de terraplanagem podem alterar o nível hidrostático do lençol freático, influenciando no fluxo de água subterrânea, visto que os cortes e aterros possivelmente serão submetidos a obras de engenharia para a estabilidade dos taludes e as vias compactadas com o objetivo de permitir o tráfego contínuo de caminhões. Outro fator de alteração do nível hidrostático do lençol freático está vinculado à produção de concreto para confecção das fundações das torres eólicas, visto que é elevado o volume de material a ser utilizado. Ou seja, há interferência na disponibilidade hídrica local devido ao elevado consumo de água na fabricação do concreto.

Esse conjunto de impactos ambientais poderá interferir no controle da erosão, dinâmica hidrostática e disponibilidade de água doce, supressão de habitats e alterações da paisagem vinculadas aos aspectos cênicos e de lazer (MEIRELES, 2008).

2.3 Principais impactos sobre meio socioeconômico

Das vantagens atribuídas à energia eólica, destaca-se o fato de que ela não utiliza a água como elemento chave para a geração da energia elétrica e não apresenta resíduos

radioativos ou emissões gasosas nocivas. Além destes aspectos, é relevante salientar que cerca de 99% da área utilizada para a implantação da usina eólica pode ser utilizada para outros fins como a agricultura, pecuária, etc.

Os principais impactos negativos sobre o meio socioeconômico causados pela geração da energia eólica estão relacionados aos seguintes aspectos:

- emissão de ruído;
- impacto visual;
- corona visual ou ofuscamento;
- interferência eletromagnética;
- efeito estroboscópico;
- interferências locais.

Esses aspectos podem ser minimizados ou mesmo eliminados através de planejamento e estudos adequados, aliados aos avanços e inovações tecnológicos sempre em desenvolvimento.

2.3.1 Emissão de ruído

As turbinas eólicas produzem dois tipos de ruído: o ruído mecânico de engrenagens e geradores e ruído aerodinâmico das pás. Os ruídos mecânicos têm sido praticamente eliminados através de materiais de isolamento.

O ruído aerodinâmico é produzido pela rotação das pás gerando um som sibilante que é proveniente da velocidade de ponta. Os projetos modernos de usinas eólicas estão sendo otimizados com escopo de reduzir o ruído aerodinâmico.

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 (MACHADO, 2008).

Níveis de ruído diminuem à medida que aumenta a distância entre turbinas eólicas e são mais comumente expressos em dB(A), decibéis medidos na escala A de compensação do aparelho medidor por ser essa a escala que mais se aproxima da percepção humana do ruído. As previsões dos níveis sonoros em usinas eólicas futuras são de extrema importância a fim de prever o impacto do ruído.

Quando há pessoas que vivem perto de uma usina eólica, os cuidados devem ser tomados para garantir que o som das turbinas de vento seja em um nível razoável em relação ao nível de som ambiente na área. Devido a grande variação dos níveis de tolerância individual ao ruído, não há nenhuma maneira completamente satisfatória para se medir os seus efeitos subjetivos, ou as reações correspondentes de aborrecimento e insatisfação (NOISE ASSOCIATION, 2006).

O aborrecimento individual para o ruído é um tema muito complexo, mas estudos demonstraram uma correlação entre o ruído incômodo com a interferência visual e a presença de características de som intrusivo. Da mesma forma, o incômodo é maior na área rural do que na periferia e também mais elevados em terreno complexo, em comparação com o solo plano em um ambiente rural (JACOBSON e MASTERS, 2001).

Ruído de baixa frequência (RBF), também conhecido como infrassom, é usado para descrever a energia sonora na região abaixo de 200 Hz. O RBF pode causar desconforto e incômodo para as pessoas sensíveis e por isso tem sido amplamente analisado. O achado mais importante é que as turbinas eólicas modernas com o rotor colocado contra o vento produzem níveis muito baixos de infrassom, geralmente abaixo do limiar de percepção (MACHADO, 2008).

Um levantamento dos resultados nas medições de infrassom de turbinas eólicas publicados, conclui que, com turbinas *upwind*, o infrassom pode ser negligenciado na avaliação dos efeitos ambientais (JACOBSON e MASTERS, 2001).

A comparação entre o número de reclamações de ruído em usinas eólicas e sobre outros tipos de ruído indica que o ruído da usina eólica é um problema de pequena escala, em termos absolutos (JACOBSON e MASTERS, 2001).

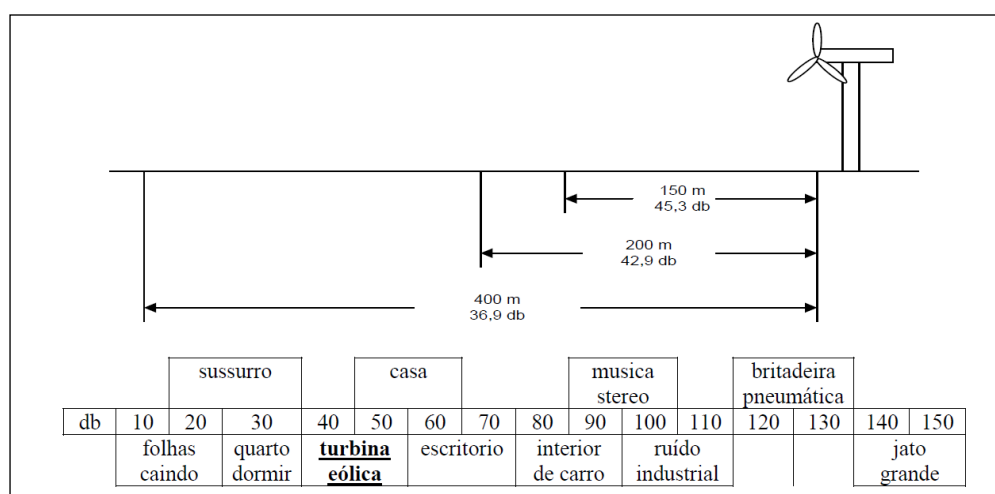
Decibéis do tipo B e C, chamados de infrassom, embora inaudíveis são sentidos como uma vibração no corpo, mesmo dentro das casas, sendo prejudiciais à saúde tanto

quanto ou mais do que o tipo A, e podem causar falta de sono, náuseas, tonturas, dores de cabeça, aumento de pressão arterial, agressividade e outros (NOISE ASSOCIATION, 2006). As emissões de ruídos são regulados por normas técnicas da ABNT (nº 10.151 e 10.152).

Um observador, se exposto por um tempo curto ao ruído é limitado a uma percepção instantânea deles, mas é incapaz de assumir os verdadeiros efeitos em longo prazo. A exposição distribuída por um período de tempo, pelo menos de duas semanas, pode causar a maioria dos efeitos sentidos em seres humanos. Os impactos do ruído dependem de vários fatores: direção e força do vento, altura e tipo de vento, topografia, pressão do ar, obstáculos e fenômenos físicos específicos (NOISE ASSOCIATION, 2006).

A emissão de ruídos nos aerogeradores é devida ao funcionamento mecânico e ao efeito aerodinâmico. Para aerogeradores com diâmetro do rotor superior a 20 m os efeitos aerodinâmicos são os que mais contribuem para a emissão de ruídos. Valores mais altos que 30 dB(A) podem provocar efeitos psíquicos sobre o homem, sendo o nível de ruído recomendável inferior a 40 dB(A) (MASCOTRO E DILBURT, 2011).

A agência ambiental francesa, *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* – ADEME, sugere um afastamento mínimo de 250 m entre a torre de eólica e uma residência humana, sendo entretanto, essa distância definida em audiência pública. A Academia Nacional de Medicina da França e do Reino Unido *Noise Association* recomenda uma distância de 1,5 km (MIGRAINE, 2004).



Fonte: MASCOTRO E DILBURT, 2011

Figura 39 - Nível de ruído

Vários estudos registraram um conjunto comum de efeitos adversos à saúde de pessoas que vivem próximas aos aerogeradores. Esses sintomas começaram após o funcionamento das usinas eólicas, e incluem:

- distúrbios do sono;
- dor de cabeça;
- zumbido nos ouvidos;
- pressão no ouvido;
- náuseas;
- tonturas;
- taquicardia;
- irritabilidade;
- problemas de concentração e memória;
- episódios de pânico com sensação de pulsação interna ou trêmula que surgem quando acordado ou dormindo.

Esses distúrbios tem sua principal causa o efeito da baixa frequência do ruído de turbinas eólicas nos órgãos do ouvido interno (PIERPONT, 2010).

Na tabela 1 consta um resumo das pesquisas realizadas sobre a distância a ser definida entre a torre de eólica e residências próximas, sendo esses valores, em sua maioria de ordem prática, pois nem todos foram regulamentados.

Tabela 1: Distância da Torre para as Residências/Política Adotada

PAÍS	Distância da torre para as residências/Política adotada
Bélgica	150 a 500 metros
República Checa	400 a 800 metros
Dinamarca	4 vezes a altura da torre
França	250 a 500 metros, conforme Ademe
Alemanha	- "Região tranquila" [35 dB (A)]: 1000-1500 m - "Região média" [(40 dB (A)]: 600-1,000 m - "Região padrão" [(45 dB (A)]: 300-600 m
Itália	Algumas regiões têm definido distâncias, outras não. Calabria e Molise: 5 vezes a altura da torre. Basilicata: 2.000 metros. Campania: 10 vezes a altura da torre. Molise: 20 vezes a altura da torre.
Países Baixos	4 vezes a altura da torre
Irlanda do Norte	Mínimo de 500 metros

Romênia	3 vezes a altura do torre, podendo ser menor conforme decisão em audiência pública
Escócia	<ul style="list-style-type: none"> - Bankend Rigg (aguardando aprovação): pouco mais de 1.000 m - Chapelton (aguardando aprovação): 750 m - Dungavel (aguardando aprovação): 1.000 m - Whitelee (construído): cerca de 1.000 m - Gathercauld Ceres (aguardando aprovação): 572 m - Auchtermuchty (aprovado): 650 m
Espanha	Nacional: legislação aplicada em função do nível do ruído. Regional: as políticas de energia eólica são variadas. Exemplos: Valência: 1.000 metros de qualquer pedaço de terra que pode ser aproveitada. Andaluzia: 500 metros.
Suécia	Aplicável legislação em função do nível de ruído [40 dB (A)]. Na prática, utiliza-se 500 metros.
Reino Unido	Existe um projeto de lei com o seguinte teor: se a altura do gerador de turbina de vento é: superior a 25 metros, mas não exceder 50 metros, há exigência de distância mínima é de 1000 metros; superior a 50 metros, mas não exceder 100 metros, há exigência de distância mínima é de 1.500 metros; superior a 100 metros, mas não exceder 150m, há exigência de distância mínima é 2.000 metros; superior a 150 metros, a exigência de distância mínima é de 3.000 metros. A altura do gerador de turbina de vento é medido desde o solo até o final da ponta da lâmina no ponto mais alto. Não há nenhuma exigência distância mínima se a altura da torre não exceda 25 metros.
Suíça	Documentação de <i>Suisse Eole</i> menciona 300 m da torre, mas cada Cantão ainda está trabalhando em uma política própria.

Fonte: Elaboração própria e adaptada da Plataforma Europeia Contra Windfarms, 2011

Apesar da ausência de estudos conclusivos, o princípio da precaução justifica a cessação do funcionamento de qualquer usina eólica em zonas habitadas, mesmo que a comunidade local a tenha aceito.

2.3.2 Impacto visual

Os modernos aerogeradores, com alturas das torres superiores a 100 m e comprimento das pás de acima de 30 m, constituem obviamente uma alteração visual da paisagem. Os estudos de impacto ambientais devem identificar, descrever e avaliar os efeitos diretos e indiretos do projeto sobre a paisagem.

Nota-se que o impacto visual diminui com a distância. As zonas de visibilidade teórica podem ser definidas como (EWEA, 2009):

- Zona I - Visualmente dominante: as turbinas são percebidas como de grande porte e o movimento das lâminas é óbvio. A paisagem imediata é alterada. Distância de até 2 km.
- Zona II - visualmente intrusivas: as turbinas são elementos importantes na paisagem e são claramente percebidas. O movimento das lâminas é claramente visível e pode atrair os olhos. As turbinas não são necessariamente os pontos dominantes na visão. Distância entre 1 e 4,5 km, em condições de boa visibilidade.
- Zona III - Notável: as turbinas são claramente visíveis, mas não intrusivas. A usina eólica é perceptível como um elemento na paisagem. O movimento das lâminas é visível em boas condições de visibilidade, mas as turbinas parecem pequenas no panorama global. Distância entre 2 e 8 km, dependendo das condições meteorológicas.
- Zona IV - Elemento na paisagem distante: o tamanho aparente das turbinas é muito pequeno. As turbinas são como qualquer outro elemento na paisagem. O movimento de lâminas geralmente é imperceptível. Distância de mais de 7 km.



Fonte: ENERFÍN, 2011

Figura 40: Pintura das torres

Embora o impacto visual seja muito específico para o local, algumas características no design e implantação das usinas podem ser levadas em consideração de modo a minimizar seu impacto visual:

- o tamanho e tipo similares de turbinas em uma usina eólica ou de várias adjacentes;
- a seleção de *design* de turbinas eólicas (torre, cor) de acordo com as características da paisagem;
- seleção de cor neutra e pintura antirreflexo para torres e pás;
- pintura de camuflagem próximo a instalações militares, para evitar que os aerogerados constituam pontos de referência;
- o uso de três lâminas girando na mesma direção;
- o panorama visual melhora com a distribuição de turbinas em linha.

2.3.3 Corona visual ou ofuscamento

Corona visual ou ofuscamento é a quantidade de radiação eletromagnética deixando ou chegando em um ponto sobre uma superfície. Pode ser minimizado utilizando pinturas opacas nas torres e pás, conforme observado na Figura 38.

2.3.4 Interferências eletromagnéticas

Os aerogeradores, em alguns casos podem refletir as ondas eletromagnéticas. Isso implica que podem interferir e perturbar sistemas de telecomunicações. Os campos eletromagnéticos de turbinas de vento podem afetar a qualidade de rádio e telecomunicações, bem como comunicações de microondas, celular, internet e transmissão via satélite. A avaliação de impacto deve abordar o problema, mas nem sempre pode garantir a segurança da distribuição ótima do campo magnético.

A interferência eletromagnética com a comunicação aeronáutica não será um problema criado pela usina eólica, desde que o projeto contemple uma distância mínima do aeroporto e, ainda, uma área de servidão radioelétrica de ação da torre de eólica em relação à rota de navegação da aeronave.

2.3.5 Efeito estroboscópico dos aerogeradores

Esse efeito é devido à passagem da luz solar entre as pás, que ocorre no início ou no final do dia quando o sol está mais baixo no céu. O grau de sombreamento intermitente depende da distância da torre, da latitude do local, do período do dia e do ano. Torna-se

mais relevante quanto menor for a distância das pás e o receptor, bem como o fato de estar em uma mesma altitude.

O sombreamento intermitente pode causar incômodo e prejudicar pessoas que sofrem de epilepsia, além de náuseas e dores de cabeça nos moradores afetados. É o chamado efeito estroboscópico.

2.3.6 Interferências locais

Para a população situada no entorno da área de influência direta, os impactos mais significativos gerados pela execução das obras de construção da usina eólica se relacionam com as interferências locais e as expectativas geradas em razão da efetivação do empreendimento.

A implantação causa alguns desconfortos temporários à população residente próxima as obras, bem como pode interferir no cotidiano da comunidade local: aumento de fluxo de veículos, poluição sonora, insegurança no trânsito, aumento temporário da densidade demográfica local, geração de emprego, dinamização das atividades econômicas e aumento da especulação imobiliária.

O aumento do fluxo de veículos, principalmente de veículo pesado, pode gerar uma insegurança aos motoristas por eventuais desvios e interrupções do tráfego.

Para diminuir os transtornos, a empresa de engenharia responsável pela execução da obra deve elaborar um plano detalhado dos procedimentos relacionados à movimentação de veículos, estabelecendo um cronograma que oriente o fluxo destes de forma racional, como a sinalização das obras, o isolamento necessário, instalações de dispositivos de segurança e ainda a divulgação junto às comunidades das atividades que eventualmente interfiram no tráfego.

Nesse plano deve ainda ser observada a capacidade de suporte do pavimento, transportando tanto quanto possível cargas com peso compatível, evitando assim danos à pavimentação das vias, bem como às residências.

Para utilização parcial ou total das estradas e acessos existentes, além de um plano de logística de transporte, devem ser avaliadas as melhorias para que as estradas e

acessos possam garantir o caráter permanente de tráfego, incluindo alterações e novas construções na estrutura viária. Essas melhorias podem ser um legado do empreendimento à população local, visto que podem facilitar o escoamento de mercadorias e o acesso às propriedades.

O aumento temporário da densidade demográfica local é fator preocupante, pois pode gerar problemas de falta de moradia, vandalismo e prostituição. Para tanto é necessário a execução de um plano de medidas a ser implementado pela empresa responsável pelas obras e a prefeitura local, visando amenizar esses problemas, conscientizar a população e os empregados e garantir prioridade de emprego para a população local.

Outro impacto a ser gerenciado pela empresa responsável pela execução das obras é referente aos resíduos sólidos e líquidos provenientes das atividades do canteiro de obras e das atividades construtivas. Os resíduos sólidos devem ser manejados adequadamente de acordo com as suas características, ou seja, diferenciando-se os resíduos perigosos, os resíduos não inertes e os resíduos inertes.

Para mitigar este impacto deverá ser implantado o Programa de Gestão Ambiental dos Resíduos Sólidos e Efluentes Líquido, o qual abrangerá o projeto e construção de sistemas de tratamentos de efluentes líquidos e a realização de contrato de prestação de serviço com empresa licenciada para o recolhimento dos resíduos gerados na implantação da usina eólica.

Com relação aos resíduos provenientes da construção civil deverá ser seguido às instruções normativas referentes ao acondicionamento, transporte e destinação final dos diferentes tipos de resíduos gerados durante as obras, em especial a CONAMA nº. 307/2002.

3 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

3.1 Marco Regulatório

Diante do avanço das atividades humanas, que utilizam os recursos naturais, tanto de forma direta ou indireta, ou mesmo que impactam o meio ambiente, surgiu a necessidade de estabelecer-se normas e limites legais. Criou-se, então, o licenciamento ambiental, que consiste em uma ferramenta para conservar o meio ambiente frente ao desenvolvimento humano.

O licenciamento ambiental objetiva a obtenção da licença emitida pelo órgão ambiental responsável, atestando a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades potencialmente poluidoras. A licença ambiental é a permissão dada pelo Estado, para que determinada atividade seja desenvolvida por pessoas físicas ou jurídicas (empreendedores), de forma controlada, visando evitar danos irreparáveis ao meio ambiente, ou ainda, que permita a ação de mitigação ou compensação do dano, tendo como foco, a preservação do mesmo para as presentes e futuras gerações.

Essa licença passou a ser exigida sempre que a atividade for considerada poluidora, potencialmente poluidora ou ambientalmente poluidora, conforme preconiza o artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil (CF) de 1988.

Todas as leis, editadas anteriormente à CF/88 e que com ela não se choquem, foram recepcionadas pelo ordenamento jurídico vigente de forma integral, como é o caso da Lei Federal nº 6.938/1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente.

Essa lei regulamenta a Constituição Federal sobre competência em termos de matéria ambiental, e dispõe que o licenciamento ambiental deverá ser coordenado pelo órgão ambiental competente (Federal, Estadual, Municipal), cabendo ao empreendedor buscá-lo obrigatoriamente. Há que se salientar que, empreendedor é todo aquele que intervém no meio ambiente, e deve ser determinado desde o início de seu projeto, e passando por

todas as etapas legais previstas, até a entrada efetiva de funcionamento de atividade, obter as licenças necessárias.

Além da lei nº 6.938/1981, as Resoluções Normativas Conama nº 001/1986 e nº 237/1997, são normas indispensáveis e aplicáveis ao licenciamento ambiental, pois norteiam o órgão ambiental competente, no que tange ao procedimento administrativo aplicável a ser seguido. O artigo 1º da Resolução Normativa Conama nº 237/1997, define o licenciamento ambiental e a licença ambiental.

A norma supracitada dispõe em seu artigo 8º, que o processo de licenciamento ambiental possui três etapas distintas: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Cada uma delas autoriza o empreendedor a realizar alguma atividade, porém somente a LO concede direito de iniciar efetivamente as atividades próprias do empreendimento:

Caso seja o empreendimento de significativo impacto ambiental, o empreendedor deverá apresentar o Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto ambiental (EIA e RIMA), sendo para os demais empreendimentos exigidos estudos mais simplificados. Esses estudos deverão ser apresentados na etapa de LP, a qual também define medidas mitigadoras e compensatórias, de forma a estabelecer as condições para que o projeto se enquadre nos moldes do desenvolvimento sustentável.

A LI visa autorizar o início da obra ou a instalação do empreendimento de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes.

A LO deve ser solicitada antes da operação da atividade ou empreendimento, e após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação. Sua concessão está condicionada à vistoria, onde o órgão ambiental competente deverá verificar se todas as exigências e detalhes técnicos descritos no projeto aprovado foram atendidos e desenvolvidos ao longo da instalação e em acordo com o previsto nas LP e LI.

O licenciamento ambiental é sempre ato uno, contudo formado por três etapas. O órgão ambiental competente estabelecerá os prazos de validade de cada tipo de licença, especificando-os no respectivo documento, levando em consideração os aspectos dispostos no artigo 18 da Resolução Conama nº 237/1997.

Em Minas Gerais, a obrigatoriedade de licenciamento ambiental está atualmente disposta no Decreto estadual nº 44.844/2008, que estabelece normas para licenciamento ambiental e Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF), tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos, além de estabelecer procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades.

Para a regularização ambiental, considera-se a classificação dos empreendimentos nos termos da Deliberação Normativa (DN) do Copam nº 74/2004, que estabelece critérios de classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de AAF ou de licenciamento ambiental no nível estadual.

A DN nº 74/04, art. 6º, prevê que para fins de AAF, de licenciamento ambiental e fiscalização ambiental, os empreendimentos e atividades serão classificados em função de seu porte e potencial poluidor ou degradador, da seguinte forma:

- Classe 1 – pequeno porte e pequeno ou médio potencial poluidor.
- Classe 2 – médio porte e pequeno potencial poluidor.
- Classe 3– pequeno porte e grande potencial poluidor ou médio porte e médio potencial poluidor.
- Classe 4 – grande porte e pequeno potencial poluidor.
- Classe 5 – grande porte e médio ou médio potencial poluidor ou médio porte e grande potencial poluidor.
- Classe 6 – grande porte e grande potencial poluidor.

Segundo a norma supracitada, os empreendimentos e atividades modificadoras são enquadrados nas seis classes, ora descritos, que conjugam o porte e o potencial poluidor ou degradador do meio ambiente, conforme tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Determinação da classe do empreendimento a partir do potencial poluidor da atividade e do porte

		Potencial poluidor/degradador geral da atividade		
		P	M	G
Porte do Empreendimento	P	1	1	3
	M	2	3	5
	G	4	5	6

Fonte: Deliberação Normativa COPAM 74/2004

O porte do empreendimento é considerado pequeno (P), médio (M) ou grande (G) conforme os limites fixados nas listagens. Enquanto que o potencial poluidor/degradador da atividade é considerado pequeno (P), médio (M) ou grande (G), em função das características intrínsecas da atividade.

O potencial poluidor é considerado sobre as variáveis ambientais: ar, água e solo, incluindo sobre o ar os efeitos de poluição sonora, e sobre o solo os efeitos nos meios biótico e socioeconômico, e é obtido na tabela 3 a seguir:

Tabela 3: Determinação de potencial poluidor/degradador geral

	Potencial Poluidor/Degradador Variáveis									
	P	P	P	P	P	P	M	M	M	G
Variáveis Ambientais	P	P	P	M	M	G	M	M	G	G
Ari/Água/Solo	P	M	G	M	G	G	M	G	G	G
Geral	P	P	M	M	M	G	M	M	G	G

Fonte: DN 74/04

Os empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente, cujo potencial poluidor/degradador geral, após conjugação dos impactos nos meios físico, biótico e antrópico forem enquadrados nas classes 3, 4, 5 ou 6, serão passíveis de licenciamento ambiental. Enquanto que aqueles enquadrados nas classes 1 e 2, considerados de impacto ambiental não significativo, ficam dispensados do processo de licenciamento ambiental, mas sujeitos à AAF pelo órgão ambiental estadual competente, porém, sujeitos ao disposto no artigo 6º da Decreto estadual nº 44.844/2008:

Art. 6º - O Copam poderá convocar ao licenciamento ambiental qualquer empreendimento ou atividade, ainda que, por sua classificação em função do porte e potencial poluidor ou degradador, não esteja sujeito ao licenciamento ambiental.

Há que se salientar que a DN Copam nº 12/1994 prevê a realização de audiência pública nos processos em que o requerimento de licença é instruído por EIA/Rima.

A audiência pública é uma reunião aberta, realizada no município sede do empreendimento, com escopo de expor à comunidade as informações sobre a obra ou atividade potencialmente causadora de impacto ambiental, dirimindo dúvidas, colhendo críticas e sugestões, no sentido de dar subsídios necessários na tomada de decisão acerca do requerimento de licença.

A regularização ambiental de um empreendimento não termina, entretanto, com a obtenção da LO ou da AAF.

O fato de ter obtido um ou outro desses diplomas legais significa que o empreendimento atendeu a uma exigência legal, mas a manutenção da regularidade ambiental pressupõe o cumprimento permanente de diversas exigências legais e normativas, explícitas ou implícitas na licença ambiental ou na AAF. (SEMAD, 2010).

3.2 – Estudos Ambientais

Estudos Ambientais são todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco.

Os estudos ambientais solicitados na esfera estadual durante o processo de licenciamento ambiental são:

- EIA: deve ser elaborado por equipe multidisciplinar, visando demonstrar a viabilidade ambiental do empreendimento ou atividade a ser instalada, e é solicitado durante a LP.
- Rima: explicita as conclusões do EIA e necessariamente o acompanha. Deve ser elaborado por equipe multidisciplinar, redigido em linguagem simples, devidamente ilustrado com mapas, gráficos e tabelas, de forma a facilitar a compreensão de todas as conseqüências ambientais e sociais do projeto por parte de todos os segmentos sociais interessados, principalmente a comunidade da área diretamente afetada, atendendo assim, o princípio da informação.
- RCA: documento exigido em caso de dispensa de EIA/Rima. É por meio do RCA que o empreendedor identifica as não conformidades efetivas ou potenciais

decorrentes da implantação e da operação do empreendimento para o qual está sendo requerida a licença.

- PCA: documento no qual o empreendedor apresenta os planos e projetos capazes de prevenir e ou controlar os impactos decorrentes da instalação e da operação do empreendimento, para o qual está sendo requerida a licença. O PCA é sempre necessário, independentemente de ser exigido EIA/Rima ou RCA, sendo solicitado durante a LI.
- Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental do Sistema de Controle e demais Medidas Mitigadoras (RADA): tem como escopo subsidiar a análise do requerimento de revalidação de LO, de acordo com o artigo 3º, inciso III, da DN Copam nº 17/1996. O procedimento de revalidação da LO visa fazer com que o desempenho ambiental do empreendimento seja formalmente submetido a uma avaliação periódica, correspondente ao prazo de vigência da LO vincenda. A revalidação da LO é também a oportunidade para que o empreendedor explicita os compromissos ambientais voluntários porventura assumidos, bem como algum passivo ambiental não conhecido ou não declarado por ocasião da LP ou da LI, ou ainda da primeira LO, ou mesmo por ocasião da última revalidação.

Os estudos ambientais devem ser apresentados ao órgão licenciador acompanhados dos projetos e demais documentos exigidos. Esse analisa os estudos e realiza as vistorias que julgar necessárias, e se for o caso, solicita esclarecimentos adicionais e complementares. Depois disso, não sendo exigível a audiência pública para o licenciamento o órgão licenciador competente emite parecer técnico e, quando for o caso, parecer jurídico, deferindo ou indeferindo o pedido de licença.

Na esfera estadual, devem ser utilizados os Termos de Referência para o licenciamento de usinas eólicas. Os Termos de Referência são instrumentos de como fazer os estudos ambientais exigidos durante o processo de licenciamento ambiental.

A Feam disponibilizou, em 16 de dezembro de 2010, os seguintes documentos:

- Termo de Referência para elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (Rima) para usinas eólicas.
- Termo de Referência para elaboração Relatório de Controle Ambiental (RCA) para usinas eólicas.
- Termo de Referência para elaboração do Plano de Controle Ambiental (PCA) para usinas eólicas.

Atualmente esses documentos encontram-se à disposição pública no sítio da Feam: <http://www.feam.br/mudancas-climaticas/publicacoes>

3.3 Discussões com o MMA

Em julho de 2009 foi assinada pelo Ministério do Meio Ambiente, Ministério de Minas e Energia, Fórum de Secretários Estaduais para Assuntos de Energia e outras autoridades a Carta dos Ventos, documento, este, que define diretrizes para a fonte eólica de energia no Brasil. Segundo a diretriz VII, do referido documento, o MMA ficou responsabilizado por “Definir, em conjunto com os estados, diretrizes para aperfeiçoar o processo de licenciamento ambiental em usinas eólicas” (MMA, 2010).

Diante da necessidade de atualização e adequação do licenciamento ambiental aos empreendimentos eólicos por parte do governo federal foi criado um grupo de trabalho coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), visando à unificação dos critérios para o licenciamento ambiental de usinas eólicas em território brasileiro. Esse GT visando avaliar os procedimentos de Licenciamento Ambiental e Normatização de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir da fonte eólica realizou reuniões com representantes de órgãos estaduais de meio ambiente e com o Ibama, para que esses apresentassem os estudos solicitados, critérios e normas legais adotados para o licenciamento estadual.

A FEAM participa do grupo desde 2009, o que permitiu um importante aprofundamento do conhecimento técnico relacionado ao tema. Esse GT apontou, dentro das dificuldades encontradas pelas Secretarias Estaduais, a ausência de normas específicas, além da necessidade de diretrizes para os estudos ambientais e da identificação das áreas ideais para a instalação das usinas eólicas.

Quanto à normatização para o licenciamento ambiental das atividades do setor, foi questionado a necessidade de se constar em normas federais a definição e identificação dos impactos decorrentes do setor, os tipos de estudos para cada potencial/capacidade instalada e um enquadramento do setor nas Resoluções Conama. Outro ponto conflitante é relativo artigo 2º, inciso XI, da Resolução Conama nº 01/1986, que dispõe da obrigatoriedade de realização do EIA/Rima para usinas de geração de eletricidade de qualquer natureza com potencial instalado acima de 10 MW.

Também conflitante é o texto da Resolução Conama nº 279/2001, que em seu art. 1º, permite o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental, incluindo no inciso IV as Usinas Eólicas, não definindo, porém, a regra a ser seguida para enquadramento da intensidade do potencial de um impacto ambiental.

As discussões e informações obtidas pelo MMA, através do GT, foram consolidadas e analisadas de forma a gerar um documento para tomada de decisão e posteriormente publicado no sítio do MMA (Consolidação da Pesquisa Sobre Licenciamento de Parques Eólicos), que pode ser obtido pelo link: http://www.mma.gov.br/estruturas/164/publicacao/164_publicacao26022010101115.pdf.

A tabela 4 foi elaborada pelo MMA e lista o resultado obtido, quanto ao licenciamento ambiental adotado nos estados brasileiros.

Tabela 4: Estudo sobre licenciamento ambiental por estado brasileiro

ESTADOS QUE APRESENTAM EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA				
Estados	Órgão Licenciador	Estudos Solicitados	Critérios Adotados	Normas Legais
Bahia	IMA	RAS	Baixo Impacto Ambiental	Conama 01/86; Conama 237/97; Conama 303/02; Conama 369/06; Lei 4771/65; Lei 10431/06; Decreto 11235/08; Res. Aneel 245/99; Lei 9648/98
Ceará	SEMACE	RAS	Potência instalada, localização e tamanho da usina eólica	Conama 01/86; Conama 237/97; Conama 279/01; Coema 08/04
Espírito Santo	SEAMA	RCA	Número de aerogeradores e localização da usina eólica	Normas federais; e Decreto 1777-R
Minas Gerais	FEAM	EIA/RIMA; RCA; PCA	Potência instalada	Conama 01/86; Lei estadual Florestal; DN Copam 74/04
Paraíba	SUDEMA	RAS	Potência instalada e localização da usina eólica	Conama 01/86; Conama 279/01; Conama 237/97
Paraná	IAP	EIA/RIMA; RAS	Potência instalada, localização e tamanho da	Conama 01/86; Conama 279/01; Conama 237/97

			usina eólica	
Piauí	SEMAR	RAS	Conama 279/01	Lei 6938/81; Lei 9433/97; Lei est. 4854/96; Lei est.5165/00; Conama 237/97; Conama 279/01
Rio Grande do Norte	IDEMA	RAS	Localização da usina eólica	LC Estadual 272/04; Código Florestal; Conama 279/01 Conama 303/02; Conama 369/06; Legislação de Uso e Ocupação do Solo Municipal e Decreto 5300/04
Rio Grande do Sul	FEPAM	EIA/RIMA; RAS	Localização da usina eólica e um Termo de Referência existente	Conama 237/97; C Conama 369/06; Conama 302/02; Conama 303/02; Código Florestal; Lei Estadual 11520; Lei da Mata Atlântica; Código Florestal estadual;Decreto 6660/08
Santa Catarina	FATIMA	EIA/RIMA; RAS	Potência instalada	Res. Cosema 03/08; Código Estadual do Meio Ambiente
Sergipe	AEMA	RAS	Potência instalada, número de aerogeradores e localização da usina eólica	CONAMA 237/97; CONAMA 302/02; CONAMA 303/02; CONAMA 279/01 e NBR 10151 e NBR 10152

Fonte: MMA, 2010

Face aos conflitos identificados pelo grupo de trabalho, coordenado pelo MMA, foi realizada uma minuta de resolução para apreciação do Conama, específica para o licenciamento ambiental de usinas eólicas em superfície terrestre. Também foram realizados Termos de Referência unificados para o desenvolvimento dos estudos ambientais (EIA/RIMA e RAS) que subsidiarão a análise dos pedidos de licenciamento.

4 CONCLUSÃO

A geração de eletricidade a partir da energia eólica tem-se mostrado crescentemente convidativa, seja por constituir o aproveitamento de uma fonte renovável, seja por não apresentar a magnitude dos impactos ambientais geralmente associados às demais formas de aproveitamento energético.

Entretanto, os impactos ambientais decorrentes da implantação e operação de uma usina eólica não podem ser negligenciados. Ficando explícita a necessidade da localização da usina e a distribuição dos aerogeradores que a compõem serem definidas com base em apurado estudo ambiental.

Os aspectos jurídicos ligados ao tema evidenciaram a existência de dificuldades e lacunas, como o disposto na resolução Conama nº 01/1986 e o disposto na resolução Conama nº 279/2001, quanto a necessidade de elaboração de estudo ambiental RAS ou EIA/RIMA, gerando interferência em alguns estados pelo Ministério Público.

Esses problemas inerentes ao licenciamento levaram o MMA, juntamente com os representantes do setor elétrico e das Secretarias Estaduais, a constituírem um grupo de trabalho para desenvolvimento de um Termo de Referência unificado para o licenciamento ambiental de usinas eólicas e a criação de minuta de resolução Conama, que melhor atenda ao licenciamento em questão. Nesse GT, a Semad vem sendo representada pela Feam.

Em termos estaduais, está sendo realizada proposta de alteração do código que trata do licenciamento ambiental de usinas eólicas, de forma que essa deliberação possa estar alinhada aos termos definidos pelo GT e constantes na proposta de resolução Conama.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, S. M. S. **Análise Comparativa da Avaliação de Impacto Ambiental de Parques Eólicos em Portugal**, 2009. Disponível em: < http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1419/1/20479_ulfc080629_tm.pdf>. Acesso em: 16 out. 2011
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica, 2ª edição – Energia Eólica**, 2002. Disponível em < http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2012.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica, 2ª edição – Energia Eólica**, 2005. Disponível em < http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-Energia_Eolica%283%29.pdf>. Acesso em: 15 out. 2011.
- APGVN – ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE GUARDAS E VIGILANTES. Disponível em: <http://apgvn.blogspot.pt/2010/05/lagos-parque-eolico-de-barao-de-sao.html>. Acesso em: 10 de out. de 2011.
- BANCO MUNDIAL. **Estudo de Baixo Carbono para o Brasil – Relatório de Síntese Técnica**; Energia – Cenário de Baixa Emissão de Carbono no Brasil, 2010. Disponível em : http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/Relatorio_BM_Principal_Portugues_SumarioExecutivo.pdf . Acesso em: 29 out. 2011.
- BARRETO, E. J. F.; PINHO, J. T.. **Sistemas Híbridos: Soluções Energéticas para a Amazônia**, 2008. Disponível em: < <http://www.ufpa.br/inct-ereea/LivroHibridosFinal.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2011.
- BRIZON, D., *et all.* **Energia Eólica: Diferentes Tecnologias**. Disponível em: < [54](http://e-</div><div data-bbox=)

ee.ist.utl.pt/realisations/EnergiesRenouvelables/FiliereEolienne/Generalites/Generalites/GeneralitesEolien2.htm>. Acesso em: 16 jan. 2012.

- BUN-CA. **Manuales sobre Energia Renovable**, 2002. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/32573998/Manual-Energia-Eolica>>. Acesso em: 13 jan. 2012.
- BURTON, T., *et all.* **Wind Energy Handbook**, 2001. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/76134792/Wind-Energy-Handbook> >. Acesso em: 17 set. 2011.
- CAPUTO, H. P.. **Mecânica dos Solos e suas aplicações – Vol. 2.** São Paulo. Ed. Livros Técnicos e Científicos. 1973.
- CARPIE VIE. **Conexão de Parques Eólicos ao Sistema interligado Nacional (SIN)**, 2010. Disponível em: <http://www.ctgas.com.br/sqc/arquivos/img_upload/ciclo/Conexao_SIN-Alecio.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2011.
- CASTRO, N. J. , BUENO, D.. **Os Leilões de Energia Nova: Vetores de Crise ou de Ajuste Entre Oferta e Demanda**, 2007. Rio de Janeiro, Brasil.
- CEEETA – CENTRO DE ESTUDOS EM ECONOMIA DA ENERGIA, DOS TRANSPORTES E DO AMBIENTE. **Tecnologias de Micro-Geração e Sistemas Periféricos**, 2001. Disponível em <<http://www.ceeeta.pt/downloads/pdf/MicroEolicas.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2011.
- CEMIG. COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS S.A. **Atlas Eólico de Minas Gerais.** Disponível em: <http://www.cemig.com.br/Inovacao/AlternativasEnergeticas/Paginas/EnergiaEolica.aspx>. Acesso em: 10 set. 2012.
- CHAMBEL, S.. **Estudos de Impacte Ambiental em Parques Eólicos: uma verdadeira problemática?** 2007. Disponível em: <http://www.ideiasambientais.com.pt/artigos/EIA_eolicos_eternidade.pdf. >. Acesso em: 21 nov. 2011.

- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legi.cfm>. Acesso em: 20 nov. 2011.
- CRESESB. CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/atlas_eolico/index.php. Acesso em: 15 fev. 2012.
- CRESESB. CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Tutorial de Energia Eólica**. 2008. Disponível em: < http://www.cresesb.cepel.br/content.php?catid=3#cap_8>. Acesso em: 15 jan. 2012.
- C T Brasil. **Convenção Sobre Mudanças do Clima**. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/clima/pdf/convencao_onu.pdf>. Acesso em: 18 set. 2011.
- CUSTÓDIO, R. S.. **Energia Eólica para produção de energia elétrica**. 1ªed. Ed. Eletrobrás. 2009.
- *DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT.* **Comparação entre os mercados/incentivos para energia eólica da Alemanha e do Brasil**, 2010. Disponível em: < http://www.iiicbens.com.br/JohannesKissel_Eolica.pdf>. Acesso em 20 ago. 2011.
- DUTRA, R. M.. **Energia eólica – Princípios e tecnologias**. 2003. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABVOkAA/energia-eolica-principios-tecnologia#>>. Acesso em: 10 dez. 2011.
- DUTRA, R. M.. **Propostas de Políticas Específicas para Energia Eólica no Brasil após a Primeira Fase do PROINFRA**, 2007. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/download/teses_doutorado/200704_dutra_r_m_dr.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2012.
- *ENERCON – ENERGIE FÜR DIE WELT.* Disponível em: < <http://www.enercon.de/de-de/technologie%20.htm> >. Acesso em: 20 ago. 2011.

- *ENERFIN – ENERFIN ESPANHA*. Disponível em < www.enerfin.es >. Acesso em 15 ago. 2011.
- *ENERFIN – PARQUE EÓLICO DE OSÓRIO*. Disponível em: < www.ventosdosulenergia.com.br >. Acesso em 15 ago. 2011.
- *EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Wind Energy Development in Region 8*, 2007. Disponível em < <http://www.epa.gov/region8/WindEnergyDevelopmentInReg8Draft19Dec07.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2011.
- *EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Expansão da Geração Eólica no Brasil*, 2009. Disponível em < <http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%A3o%20de%20E%C3%B3lica%202009/NT-%20Eolica%20EPE-PRE01-2009-R1.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2011.
- *EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Matriz Energética Nacional 2030*, 2007. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/spe/galerias/arquivos/Publicacoes/matriz_energetica_nacional_2030/MatrizEnergeticaNacional2030.pdf>. Acesso em: 16 set. 2011.
- *EWEA. Wind energy The Facts: Environmental Issues. The European Wind Energy association*. 2009. Disponível em: <<http://translate.google.com.br/translate?hl=pt-BR&sl=en&u=http://www.ewea.org/&prev=/search%3Fq%3Dewea%26hl%3Dpt-BR%26tbo%3Dd%26biw%3D1440%26bih%3D782&sa=X&ei=npPcULugLoTA8ASi6ICIAQ&ved=0CDUQ7gEwAA>>. Acesso em: 15 jul. 2012.
- *FAVRE, J. L. Charles Brush and the Arc Light*, 1998. Disponível em: <<http://www.lafavre.us/brush/brushbio.htm>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- *FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTAL. Elaboração de Termo de Referência para Licenciamento de Usinas Eólicas*, 2010. Disponível em: <<http://www.feam.br/mudancas-climaticas/publicacoes>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

- FERREIRA, H. T.. **Energia Eólica: Barreiras a sua Participação no Setor Elétrico Brasileiro**, 2008. Disponível em: <<http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2008/Teses/HenriqueTavares.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2011.
- FONTENELE, R. E. S.. SOUZA, S. D.. **A energia eólica do Ceará e o mecanismo de desenvolvimento limpo do Protocolo de Quioto**, 2004. Disponível em < <http://www.sober.org.br/palestra/12/05P307.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2011.
- GARBE, E. A.; MELLO, R.; TOMASELLI, I.. **Projeto Conceitual e Análise de Viabilidade Econômica de Unidade de Geração de Energia Elétrica Eólica na Lagoa dos Patos – RS. 2007** Disponível em: http://ecen.com/eee83/eee83p/viabilidade_energia_eolica.htm Acesso em: 10 ago. 2012.
- GÓIS, W. P.. **Energia eólica: Aspectos gerais para a elaboração de projetos de centrais eólicas**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- GWEC – *GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL*. **Análise do Marco regulatório para a geração eólica no Brasil**, 2011. Disponível em:<http://www.gwec.net/fileadmin/documents/Publications/ANALISE_DO_MARCO_REGULATORIO_PARA_GERACAO_EOLICA_NO_BRASIL.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2012.
- GWEC – *GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL*. . **Análise do Marco regulatório para a geração eólica no Brasil**, 2012. Disponível em: <http://www.gwec.net/fileadmin/documents/Publications/Brazil_report_2011.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2012.
- GWEC - *GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL*.. **Global Wind Report**, 2010. Disponível em: < http://www.indianwindpower.com/pdf/gwecReport_2010.pdf>. Acesso em: 20jan. 2011.
- GWEC - *GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL*.. **Global Wind Report**, 2011. Disponível em: <<http://gwec.net/wp>>

- content/uploads/2012/06/Annual_report_2011_lowres.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2012.
- GWEC – GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL.. **Wind Power is Crucial for Combating Climate Change, 2010.** Disponível em: <http://www.gwec.net/uploads/media/Wind_climate_fact_sheet_low_res.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2011.
 - INETI – INSTITUTO NACIONAL DE ENGENHARIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Energia Eólica: Introdução. Perspectiva Histórica, 2003.** Disponível em: <<http://disciplinas.dcm.fct.unl.pt/cce/ficheiros%20pdf/eolica1.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2011.
 - INETI – INSTITUTO NACIONAL DE ENGENHARIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Energia Eólica: Identificação e Caracterização do Recurso, 2003.** Disponível em: <<http://disciplinas.dcm.fct.unl.pt/cce/ficheiros%20pdf/eolica2.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2011.
 - JACOBSON, M. Z., MASTERS, G. M. **Exploiting Wind Versus Coal** Science 293. August, 2001.
 - JUSTO, D. A.R.. **Estratégias em leilões de energia elétrica, 2010.** Disponível em < <http://www.ppge.ufrgs.br/anpecsul2010/artigos/25.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2011.
 - LEONARDO ENERGY. **Manual Prático Energia Eólica, 2006.** Disponível em: < http://www.bibliotecaverde.org/images/3/3b/Manual_eolica_es.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2011.
 - LTDA, MATOS FONSECA E ASSOCIADOS. S.A., EMPREENDIMENTO EÓLICOS VERDE HORIZONTE. **AIA, Estudo de Impacto Ambiental do Projeto da Ampliação do Parque Eólico do Passarinho, 2008.**
 - MACHADO, R. R. **ESTUDO DO POTENCIAL EÓLICO DO PONTAL DO ABREU – MUNICÍPIO DE VIAMÃO – RS, 2008.** Disponível em:

- <http://www.engenhariaoceanica.furg.br/arquivos/machado,r.r.pdf>. Acesso em: 10 de set. 2011.
- MASCIOTRO, J. C. DILBURT, J. L.. **MEDIÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO**, 2011. Disponível em: <<http://meusite.mackenzie.com.br/dilburt/Eolica200503.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2011.
 - MATHEW, S.. **Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics**, 2006. Disponível em: < http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=IWUcd_nQTl8C&oi=fnd&pg=PA89&dq=MATHEW,+Sathyajith.+Wind+Energy:+Fundamentals,+Resource+Analysis+and+Economics&ots=k-biKY7lQK&sig=ihUoU9x1TRGtL9yHqgN_w16F76g#v=onepage&q=MATHEW%2C%20Sathyajith.%20Wind%20Energy%3A%20Fundamentals%2C%20Resource%20Analysis%20and%20Economics&f=false>. Acesso em: 21 set. 2011.
 - MEGAJOULE. **Micrositing de Parques Eólicos**. Disponível em: <http://www.ctgas.com.br/sqc/arquivos/img_upload/ciclo/Micrositing-Ana_Pires.pdf>. Acesso em: 22 set. 2011.
 - MEIRELES, A. J. A.. **Impactos ambientais promovidos pela implantação e operação de usinas eólicas em áreas de preservação permanente (APP's) – Os campos de dunas fixas e móveis da planície costeira do Cumbe, município de Aracati**, 2008. Disponível em: <http://wp2.oktiva.com.br/portaldomar-bd/files/2010/08/usinasEolicas_impactos_CUMBE2.pdf>. Acesso em: 11 out. 2011.
 - MIGRAINE, M. V.. **Eoliennes, sons et infrasons: effets de l'eolien industriel sur la sante des hommes**, 2004. Disponível em: <http://docs.wind-watch.org/villey-migraine_eoliennesinfrasons.pdf>. Acesso em: 10 out. 2011.
 - MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER. **Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens**, 2010. Disponível em: <http://www.catpaisatge.net/fixers/guies/eolics/guide_eolien_finalv1.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2012.

- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Pesquisa Sobre Licenciamento Ambiental De Parques Eólicos**, 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao26022010101115.pdf> Acesso em: 10 dez. 2011.
- MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Guia de Habilitação de projetos de geração de Energia Elétrica: Centrais Eólicas**. Disponível em: <<http://www.bancor.com.br/Index/eolica.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2011.
- MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas**, 2011. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2011/Plano Nacional de Eficity Energia - PNEf - final.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2011/Plano_Nacional_de_Eficiency_Energxtica_-_PNEf_-_final.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- MONTEIRO, Á. G. M.. **Políticas: Investimentos e Utilidade Pública**, 2011. Disponível em: <<http://energia2020.fc.ul.pt/energia2020/apresentacoes/AMartins.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2011.
- OIMATSU, T.. Disponível: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Aerogerador>>. Acesso em: 15 set. 2011.
- OLADE - ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA. **Aerogeneracion de Energia**, 1981. Disponível em: <http://www.metabase.net/docs/itcr/01868.html>. Acesso em: 10 ago. 2011.
- PATEL, M. R. **Wind and Solar Power Systems: Design, Analysis, and operation**, 2006. Disponível em: <http://www.amazon.com/Solar-Power-Systems-Mukund-Patel/dp/0849316057#reader_0849316057>. Acesso em: 13 set. 2011.
- PAULA, R. L.. **Comercialização de Energia Elétrica no Brasil**. Universidade Estácio de Sá, Niterói, 2005.
- PIERPONT, N.. **Wind Turbine Syndrome**, 2010. Disponível em: <<http://www.windturbinesyndrome.com/img/WTSbrain-color.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2011.

- PIRES, L. F. A.. **Parque Eólico Alegria**. In: Seminário Brazil Windpower 2011, 1 e 2 setembro de 2011, Rio de Janeiro.
- PNDU - PROTOCOLO DE MONTREAL. **Pesquisa sobre licenciamento de parques eólicos**, 2009. Disponível em: < <http://protocolodemontreal.org.br/eficiente/repositorio/publicacoes/703.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2011.
- RAJA, A. K.; SRIVASTAVA, A. P.; DWIVEDI, M.. **Power Plant Engineering**, 2006. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/19245487/Power-Plant-Engineering>>. Acesso em: 14 dez. 2011.
- RODRÍGUEZ, C. R. C.. **Mecanismos Regulatórios, Tarifários e Econômicos na Geração Distribuída: O Caso dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**, 2002. Disponível em: <http://www.professores.uff.br/dulcemar/Doc_PDF/Tarifas_Energia.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2011.
- ROSA, A. V. R.. **Fundamentals of Renewable Energy Processes**, 2005. Disponível em: <<http://www.amazon.com/Fundamentals-Renewable-Energy-Processes-Aldo/dp/0120885107>>. Acesso em: 13 out. 2011.
- SÁ, A. L.. **Energia Eólica e Expansão do Setor Elétrico Nacional**, 2001. Disponível em < www.aneel.gov.br/aplicacoes/Audiencia_Publica/.../artigo.rtf>. Acesso em :13 out. 2011.
- SANTOS, A. A., *et all*. **Projeto de Geração de Energia Eólica**, 2008. Disponível em: <<http://cursos.unisanta.br/mecanica/polari/energiaeolica-tcc.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2011.
- SARAIVA, T. M. P. C. Avaliação do Impacto da Instalação de Parques Eólicos sobre a Avifauna, 2003. Disponível em: <http://www.icnf.pt/NR/rdonlyres/0C00E8B0-E2C8-4CC7-A735-EC69823AD629/0/PNSACVParquesEolicos_Impacto_Avifauna_2003.pdf>. Acesso em: 10 de out. de 2011.

- SOARES, L. T. **Planejamento e implantação de um parque eólico.** Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- *THE FIRST WIND TUNNEL.* Disponível em: <<http://www.poullacour.dk/engelsk/vindtunn.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2012.
- THE NOISE ASSOCIATION. ***Location, Location, Location, An investigation into wind farms and noise by The Noise Association***, 2006. Disponível em: <<http://www.countryguardian.net/Location.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2012.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. ***20% Wind Energy by 2030***, 2008. Disponível em: < <http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/41869.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2011.
- WENZEL, G. M.. **Projeto Aerodinâmico de Pás de Turbinas Eólicas de Eixo Horizontal,** 2007. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/viewFile/3490/2738>>. Acesso em: 18 nov. 2011.
- *WINDMILLS PHOTOS, WALLPAPERS AND PICS.* Disponível em: <<http://www.citypictures.org/k-windmills-234.htm>>. Acesso em 20 nov. 2011.

