



**RENATO VIANNA BARRADAS**

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NAS  
APLICAÇÕES DE ENERGIA EÓLICA PARA  
GERAÇÃO DE ELETRICIDADE**

**LAVRAS - MG**

**2014**

**RENATO VIANNA BARRADAS**

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NAS APLICAÇÕES DE ENERGIA EÓLICA  
PARA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, para a obtenção do título de Especialista em Formas Alternativas de Energia.

Orientador

Prof. Dr. Gilmar Tavares

**LAVRAS - MG**

**2014**

**RENATO VIANNA BARRADAS**

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NAS APLICAÇÕES DE ENERGIA EÓLICA  
PARA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, para a obtenção do título de Especialista em Formas Alternativas de Energia.

APROVADO em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014.

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

---

Prof. Dr. Gilmar Tavares  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2014**

A minha Esposa e Filhos:

Marília, Rafael, Mônica e Bárbara,  
pela ajuda constante e compreensão  
nos momentos de ausência.

Aos meus Netos e meu Irmão:

Eric, Juliana e Ricardo , pelo carinho  
nas horas de maior trabalho.

A meus pais:

Anthero (in memorium) e Edyala pelo  
exemplo de vida e amor.

Com a participação de Vocês, em minha  
vida reina a harmonia e a realização.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço profundamente ao meu orientador, não somente pelo estímulo, pela confiança e pela compreensão que fizeram com que eu conseguisse chegar até aqui mas também pela vontade de empreender e predisposição para vencer desafios, características que tornaram possível a criação e realização desse curso pela Universidade Federal de Lavras.

Ao Corpo Docente, pela disponibilização de suas horas para ajudar-nos em nossa busca por mais conhecimento.

Aos colaboradores do Corpo Administrativos da UFLA e do Curso Formas Alternativas de Energia , pela presteza e empatia com que sempre fomos acolhidos.

Aos colegas do Curso FAE turma 112, agradeço pela amizade, companhia, horas de estudo e incentivo pela continuidade no programa.

De forma muito especial, agradeço a minha esposa Marília , pela presença constante em minha vida, pelo amor, pela paciência e pelo incentivo nos momentos mais estressantes e angustiantes.

E, por fim, a Deus que colocou todas essas pessoas e oportunidades no meu caminho.

A razão ou a proporção de tudo que já sabemos, não é a mesma que será quando soubermos mais.

WILLIAM BLAKE

## RESUMO

Este TTC foi desenvolvido com o propósito de estudar aspectos associados aos impactos socioambientais de empreendimentos eólicos. Embora exista na atualidade o grande desafio de produzir cada vez mais energia de forma limpa e inesgotável e a fonte eólica seja uma fonte inesgotável, suas aplicações produzem impactos socioambientais que precisam ser reconhecidos e acompanhados, apesar da fonte eólica para geração de eletricidade causar relativamente pequenos impactos socioambientais quando comparados com os impactos gerados por outras fontes de energia. Estimulado pela falta de um amplo consenso na sociedade sobre o grau de compatibilidade entre as instalações de empreendimentos eólicos e as práticas de desenvolvimento sustentável e fundamentado em uma abordagem que explica o desenvolvimento sustentável além das questões socioeconômicas, foi questionado se a recuperação natural dos ecossistemas e as modificações na vida da comunidade local onde o empreendimento eólico é instalado podem ser intensamente afetadas. Assim, apoiado em pesquisa bibliográfica, neste trabalho, aborda-se quatro impactos socioambientais que têm sido destacados como aspectos conflitantes na gestão de empreendimentos eólicos, ou seja: o uso da terra, a alteração da paisagem, a mortalidade de pássaros e morcegos e o ruído provocado pelos aerogeradores. Foram também sugeridas ações que podem prevenir as repercussões negativas para o desenvolvimento sustentável decorrentes de cada impacto socioambiental estudado neste trabalho.

Palavras - chave: Energia Eólica. Energia Renovável. Impactos Ambientais.

## **ABSTRACT**

This paper was developed with the purpose of studying aspects associated to the socio-environmental impacts caused by wind power stations. Although we currently find ourselves with the challenge of producing more and more clean and inexhaustible energy, with the wind being an inexhaustible source, its use produces socio-environmental impacts which must be recognized and monitored, despite electricity generation by wind causing relatively little socio-environmental impacts when compared to those caused by other energy sources. Stimulated by the lack of consensus from society on the degree of compatibility between the installation of wind power stations and the practices of sustainable development, and based on an approach which explains sustainable development as well as socio-economic issues, we questioned if the natural recuperation of the ecosystems and the changes in the life of the local community in which the wind power system is installed may be intensely affected. Thus, supported by bibliographical research, this paper approaches four socio-environmental impacts which have been highlighted as conflicting aspects in the management of wind power systems, that is, the use of land, the change of the scenery, bird and bat mortality and the noise caused by the windmills. We also suggested actions which may prevent negative repercussions for the sustainable development derived from each socio-environmental impact studied.

**Keywords:** Wind Energy. Renewable energy. Environmental impacts.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Matriz Energética Mundial e a Matriz Energética Brasileira.....	21
Figura 2	Primeiro aerogerador do Arquipélago de Fernando de Noronha .....	24
Figura 3	Segundo aerogerador do Arquipélago de Fernando de Noronha .....	25
Figura 4	Vista aérea parcial do Complexo Eólico Alto Sertão I.....	30
Figura 5	Vista aérea parcial do Parque Eólico de Osório .....	31
Figura 6	Turbina eólica Gedser .....	34
Figura 7	Modelo de Aerogerador atual.....	35
Figura 8	Principais componentes de um aerogerador.....	36
Figura 9	Evolução da potência em função do diâmetro do rotor.....	37
Figura 10	Curva do perfil de velocidades do vento .....	40

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Empreendimentos de geração de eletricidade em operação .....	22
Quadro 2	Evolução da capacidade instalada por fonte de geração no período de 2012 a 2022 .....	28
Quadro 3	Principais países em capacidade instalada de geração eólica.....	29
Quadro 4	Resultado da Pesquisa Licenciamento Ambiental de Parques Eólicos – impactos potenciais .....	49
Quadro 5	Resultado da Pesquisa Licenciamento Ambiental de Parques Eólicos – impactos encontrados .....	50
Quadro 6	Geração de postos de trabalho e suas características.....	69

## LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
BEM	Balanço Energético Nacional
BIG	Bando de Informações de Geração
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPE	Empresa de Pesquisa energética
GEE	Gases de efeito estufa
GWEC	Global Wind Energy Council
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IEA	International Energy Agency
MME	Ministério de Meio Ambiente
PDE	Plano de Desenvolvimento Energético
RAS	Relatório Ambiental Simplificado
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SIN	Sistema Interligado Nacional
WWEA	World Wind Energy Association

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
<b>2.1</b>	<b>Energia eólica no contexto da matriz energética brasileira</b> .....	18
<b>2.2</b>	<b>Aspectos técnicos das aplicações da energia eólica</b> .....	31
<b>2.3</b>	<b>Empreendimentos eólicos e Licenciamento para Impacto Ambiental</b> .....	42
<b>3</b>	<b>Impactos socioambientais de empreendimentos eólicos</b> .....	51
<b>3.1</b>	<b>O contexto das consequências dos impactos socioambientais</b> .....	51
<b>3.2</b>	<b>Impactos ambientais de empreendimentos eólicos</b> .....	57
<b>3.2.1</b>	<b>Mortalidade de pássaros e morcegos</b> .....	58
<b>3.2.2</b>	<b>Impacto sobre a Paisagem – Poluição Visual</b> .....	62
<b>3.2.3</b>	<b>Ruído – Poluição Sonora</b> .....	64
<b>3.2.4</b>	<b>Ocupação do Solo</b> .....	66
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	71
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	72
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	74

## 1 INTRODUÇÃO

Na busca pela sobrevivência, o homem sempre procurou entender a Natureza, a fim de buscar nela os recursos adequados para suprir suas necessidades e, desse modo, desenvolver melhores condições de vida.

Nas sociedades primitivas, quando o homem viveu em estado nômade, a satisfação de suas necessidades era obtida pela realização de atividades que buscavam primordialmente coletar insumos encontrados diretamente na Natureza. Por sua vez, para realizar essas atividades, ele somente contava com sua força muscular e transformava a energia contida em seus próprios músculos em outras formas de energia.

Entretanto, à medida que suas necessidades eram atendidas logo surgiam outras que, para serem satisfeitas, exigiam a execução de novas atividades e estas por sua vez exigiam mais energia para serem realizadas.

Nesse ciclo contínuo, a energia muscular do homem passou a não ser mais suficiente para prover a energia necessária para que suas necessidades fossem atendidas e o homem buscou na Natureza novos recursos, a fim de que sustentassem a demanda de energia que precisava.

Com esse breve comentário sobre a evolução da vida em sociedade é fácil verificar que a dualidade “atividades para satisfazer necessidades-energia necessária” acompanha a evolução da humanidade desde os primórdios e ganha especial destaque quando se considera que a energia é o meio pelo qual se constrói toda a cultura humana.

Goldemberg (2010) e Tessmer (2013) destacam essa dependência crescente ao associarem os estágios de desenvolvimento das civilizações e o consumo médio estimado de energia per capita em cada estágio: homem nômade possuía consumo estimado de 5.103 kcal/dia; na era agrícola o consumo médio

foi cerca de 12.103 kcal/dia; na era industrial cerca de 77.103 kcal/dia e o homem tecnológico cerca de 220.103 kcal/dia.

Vários outros autores apresentam claramente essa relação entre o desenvolvimento da civilização e a necessidade de energia, como Hinrichs e Kleinbach (2003) que comentam que a energia permeia todos os setores da sociedade - economia, trabalho, ambiente, relações internacionais - assim como as nossas vidas pessoais – moradia, alimentação, transporte, lazer e muito mais.

Hinrichs e Kleinbach (2003) complementam suas observações salientando que “o uso dos recursos energéticos nos libertou de muitos trabalhos penosos e tornou nossos esforços mais produtivos”. Segundo esses autores os seres humanos dependeram no passado de sua força muscular para gerar a energia necessária para a realização de suas atividades, mas hoje, menos de 1% do trabalho feito nos países industrializados depende da força muscular como fonte de energia.”

Entretanto, embora ao longo da história das civilizações tenham sido utilizadas várias formas de energia para atender à crescente necessidade de energia, após a Segunda Revolução Industrial, vários fatores provocaram alterações no modo como essa conjunção de ações e recursos - “atividades para satisfazer necessidades-energia necessária”- vinha sendo atendida. Como consequência, induziram grandes implicações na relação entre a sobrevivência do homem e o uso dos recursos naturais.

Tomando como referência as questões afetas ao desenvolvimento sustentável e às atividades socioeconômicas, podemos destacar nessa relação que o crescimento da população mundial e o uso predatório dos recursos naturais – em especial os derivados de fontes fósseis - gradativamente passaram a provocar mudanças ao meio ambiente em um ritmo que não correspondia à capacidade que este possuía de retornar a uma situação de equilíbrio, gerando

assim graves interferências com a preservação do meio ambiente e causando desdobramentos danosos para as novas gerações.

A crescente preocupação mundial com a degradação do meio ambiente causada pelos recursos aplicados no modo de produção e pelo modo de evolução do consumo fez com que Lester Brown em seu livro “Eco-Economia” afirmasse que “Criou-se uma economia fora de sincronia com o ecossistema do qual ela depende” (BROWN, 2003).

Observando o passado, verificamos que a busca por melhores condições de vida de grande parte da população do planeta têm sido impulsionada quase que exclusivamente pela exploração intensiva de fontes de energia acumuladas ao longo das épocas geológicas - tais como: carvão mineral, petróleo, gás natural e urânio.

A exploração dessas fontes de energia, tanto na etapa de produção quanto nas de utilização e desuso, tem apresentado muitas preocupações para a evolução da humanidade uma vez que não se renovam em uma escala temporal fundamentada no período de vida humana e são causas de impactos ambientais de grande relevância para a preservação da vida no planeta.

Atualmente, existe um consenso de que as alterações climáticas são a maior ameaça ambiental que o planeta enfrenta e manter a temperatura global em níveis sustentáveis tornou-se uma das principais preocupações das nações.

Diante desses fatos, vários países assinaram e ratificaram o Protocolo de Kyoto com a perspectiva de torná-lo um instrumento para o controle e a redução das emissões de gases que provocam o efeito de estufa (GEE), estabelecendo limites para as emissões dos GEE.

Desse modo, a utilização de fontes renováveis de energia possui o duplo propósito de, ao diversificar as fontes primárias de energia da matriz energética, diminuir a dependência dos combustíveis fósseis e fornecer uma resposta direta às questões preocupantes associadas aos impactos ambientais evitando, entre

outros, danos causados ao meio ambiente a emissões de gases de efeito estufa e as mudanças climáticas.

Além disso, não somente no Brasil mas em diversos outros países, as fontes renováveis têm recebido atenção cada vez maior, uma vez que vão ao encontro de interesses estratégicos importantes como a segurança energética para o desenvolvimento socioeconômico, a redução da dependência externa de combustíveis fósseis, a ampliação do número de empregos, o aumento da renda da população e da arrecadação de impostos.

Aproveitando características ambientais privilegiadas para acelerar sua transição para uma economia de baixo carbono, o desenvolvimento da matriz energética do Brasil, em especial para geração de eletricidade, é realizado com base no vasto potencial hidrelétrico, estruturado em torno de centrais hidrelétricas de grande porte que regulam o suprimento elétrico em função de seus reservatórios.

Porém, a mitigação dos impactos socioambientais associados aos grandes empreendimentos hidrelétricos é cada vez mais difícil e complexa.

Além desse aspecto, Oliveira (2012) acrescenta que o esgotamento do potencial hidrelétrico próximo das regiões urbanas industrializadas tem provocado o desenvolvimento de projetos hidrelétricos na Amazônia o que coloca em questão a confiabilidade do suprimento de energia aos centros consumidores.

Em meio a essas perspectivas, têm sido desenvolvidos esforços para que o planejamento da matriz elétrica brasileira alcance um grau de desenvolvimento que alicerce ações que vão além de incentivos para o desenvolvimento de fontes de energias renováveis ou de financiamentos para instalação de empreendimentos eólicos.

Busca-se a execução de ações que permitam que a implementação do conceito de desenvolvimento sustentável seja evidenciada no planejamento

energético nacional e, desse modo, possa promover a diversificação das fontes primárias na matriz energética nacional, garantir níveis adequados de confiabilidade do suprimento de energia, induzir o crescimento socioeconômico com a criação de novas indústrias e geração de emprego, além de confirmar o compromisso com a mitigação das emissões de GEE dos sistemas energéticos e com a preservação dos recursos naturais em benefício das gerações futuras.

Nesse contexto, durante as últimas décadas a energia eólica tem despertado significativa atenção, fato que resultou em um grande aumento da capacidade instalada de energia eólica na Matriz Energética do Brasil, confirmando a vocação brasileira para a utilização de energias renováveis.

Um dos motivos que impulsionam esse crescimento é o fato de a energia eólica reunir características importantes para o desenvolvimento sustentável uma vez que não está incluída entre as fontes de energia não renovável, não contribui para as mudanças climáticas, não emite gases poluentes, não gera resíduos líquidos ou sólidos em sua operação nem necessitar de áreas destinadas à instalação de reservatórios de água, fato que ocorre especificamente nas aplicações das grandes usinas hidrelétricas.

Além dessas características, no Brasil, as usinas geradoras eólicas possuem um papel importante quando comparadas às usinas de outras fontes de energia renovável em decorrência de ser a fonte alternativa de energia que apresenta a complementaridade entre as sazonalidades eólica e hidrelétrica, ou seja, os maiores ventos acontecem nos períodos mais secos e vice-versa.

Contudo, embora a aplicação da energia eólica não colabore com os atuais referenciais de degradação socioambientais – como, por exemplo, o aumento do efeito estufa e do aquecimento global ou o deslocamento da população residente em áreas que serão alagadas – sua exploração como recurso na geração de energia elétrica também produz alterações na natureza que precisam ser reconhecidas, estudadas e mitigadas (SIMAS; PACCA, 2013).

Sendo assim, para oferecer um desenvolvimento que preserve o meio ambiente para as futuras gerações é importante questionar se a energia eólica é uma fonte livre de proporcionar impactos ambientais significativos e lembrar que sua aplicação gera mudanças tanto ao ambiente socioeconômico quanto ao meio físico-biótico da região em que seus equipamentos são instalados.

Conduziu-se este trabalho, com o objetivo de reunir informações a fim de auxiliar o entendimento e a identificação de impactos socioambientais associados ao uso da energia eólica para geração de energia elétrica em aplicações em terra

No Referencial Teórico, após descrever a evolução da contribuição da energia eólica para a geração de eletricidade no Brasil e indicando a predominância de aspectos naturais para essa aplicação, resumem-se alguns referenciais técnicos para a seleção e operação de parques eólicos e, por fim, aborda brevemente a regulamentação de empreendimentos eólicos, a fim de destacar a dificuldade para a identificação dos impactos ambientais em empreendimentos eólicos.

O Capítulo 3- contextualiza a importância de reconhecer e mitigar os impactos socioambientais produzidos pela instalação de um parque eólico para que o desenvolvimento sustentável seja conseguido e questiona se realmente a sociedade está adequadamente preparada para reconhecer esses impactos socioambientais. Conclui-se o capítulo com o estudo de quatro aspectos destacados por vários autores, entre as principais consequências das alterações produzidas pelos empreendimentos eólicos.

Baseados na bibliografia analisada, que inclui o resultado de pesquisas realizadas com grupos sociais que habitam locais onde parques eólicos foram instalados, o ponto de partida deste trabalho baseou-se na pergunta: “Os empreendimentos eólicos têm induzido relevantes impactos socioambientais que afetam as ações em busca do desenvolvimento sustentável?”

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Energia eólica no contexto da matriz energética brasileira

No esforço para a aplicação das dimensões propostas para conduzir o crescimento econômico fundamentado no conceito de desenvolvimento sustentável, são evidenciadas ações que objetivam harmonizar as diretrizes para a expansão de oferta de energia com as imposições do contexto socioambiental.

O desafio de fazer a transição para um futuro sustentável está diretamente relacionado com o tipo de energia que a civilização quer utilizar.

Bernard Laplonche fornece uma excelente indicação dos reflexos dessa decisão quando foi entrevistado por René Lenard em 2011 e ao ser perguntado se estávamos obrigados a aceitar a energia nuclear, a fim de reduzir as emissões de dióxido de carbono diante do imperativo do aquecimento climático, respondeu:

Em primeiro lugar, não podemos deixar que as emissões de dióxido de carbono sejam o único critério de escolha entre as técnicas de produção de eletricidade. Será preciso aceitar que, em nome do clima, a cada cinco anos ou dez anos um acidente do tipo Fukushima aconteça em algum lugar do mundo?

Além disso, a Agência Internacional de Energia (AIE) mostrou que se desejarmos manter nossos objetivos de redução de emissões de CO<sub>2</sub>, metade do esforço deveria incidir sobre as economias de energia. Em relação à outra metade, é essencial o recurso às energias renováveis, a fração nuclear disso representando apenas 6%. É preciso, pois, relativizar a vantagem da energia nuclear (LAPLONCHE, 2012, p. 264).

Abreu e Pinedo (2013), ao descreverem o histórico evolutivo da adoção do conceito de desenvolvimento sustentável, citam a consideração de uma visão

da economia ecológica sobre o meio ambiente como um novo entendimento a cerca da relação Economia-Meio Ambiente-Sustentabilidade e descrevem que esse conceito está presente quando as decisões são tomadas com o entendimento de que o sistema econômico é um subsistema de um todo maior que o contém que é o meio ambiente.

Nessa interpretação de desenvolvimento sustentável, o capital e os recursos naturais são fatores essencialmente complementares, entretanto o meio ambiente impõe restrições absolutas à expansão do sistema econômico e, desse modo, a produção energética fica limitada em relação à capacidade natural do ecossistema, para regenerar insumos e absorver resíduos em um nível sustentável.

Entretanto, hoje as dimensões associadas ao desenvolvimento sustentável ultrapassam essa relação tempo-espaço para a regeneração do meio ambiente.

No Brasil, o tema meio ambiente começou a ganhar relevância no planejamento da expansão da capacidade de geração de energia elétrica com o plano 2010 que procurou analisar os impactos socioambientais do sistema elétrico e, diferentemente dos planos anteriores, incluiu diretrizes para que fossem evidenciados tanto os custos dos empreendimentos quanto os benefícios que a região apresentaria como decorrência da implementação do empreendimento (BRASIL, 2013c; OLIVEIRA, 2012).

Ao incorporar tal tema no planejamento energético, ações para concretizar um desenvolvimento sustentável passaram a ser induzidas e ampliadas a cada edição do PDE.

Assim, o PDE passou a ser elaborado não somente com o propósito de garantir uma oferta adequada de energia para atender às necessidades futuras do país, mas também fazê-lo de modo que outras dimensões de sustentabilidade sejam alcançadas, tais como: ser compatível com a preservação da integridade

fundamental dos sistemas naturais essenciais; evitar mudanças climáticas catastróficas; estender os serviços básicos de energia aos que atualmente não têm acesso às modernas formas de energia; e reduzir os riscos à segurança e potenciais conflitos geopolíticos que possam surgir, devido a uma competição crescente por recursos energéticos (BRASIL, 2013c; OLIVEIRA, 2012; TOLMASQUIM, 2003, 2012).

Desse modo, cada um dos planejamentos energéticos revisados e emitidos ano a ano (PDE), sempre com avaliações em um horizonte de dez anos, orientou o desdobramento de ações na direção para a exploração das variadas fontes energéticas que o país possui disponibilizadas em seu meio ambiente.

Um aspecto diferencial existente no Brasil e de excepcional valor para garantir a elaboração da expansão da Matriz Energética Brasileira atendendo ao conceito de desenvolvimento sustentável é a grande quantidade e diversidade dos recursos naturais encontrados em território nacional que possuem a possibilidade de serem tecnologicamente aproveitados como fontes alternativas de energia para geração de eletricidade.

Esse fato permitiu que ao responder a crescente demanda de energia utilizando seus recursos naturais, o Brasil alcançasse um lugar de destaque na exploração de fontes renováveis de energia, fato que está refletido nos resultados da comparação entre a Matriz Energética Mundial e a Brasileira.

A International Energy Agency - IEA (2013a) estimou que em 2011 cerca de 80% do consumo global de energia primária se apoiou em fontes não renováveis, em especial em combustíveis fósseis. No Brasil, segundo estimativa fornecida pelo BEN 2013 este valor foi de 57,6% no ano de 2012.

Enquanto a oferta de energia mundial é dominada atualmente pelos combustíveis fósseis e as modernas formas de energia renovável têm um papel relativamente pequeno, encontramos a matriz energética nacional em situação bem diferente como pode ser observado nos dados apresentados na Figura 1.

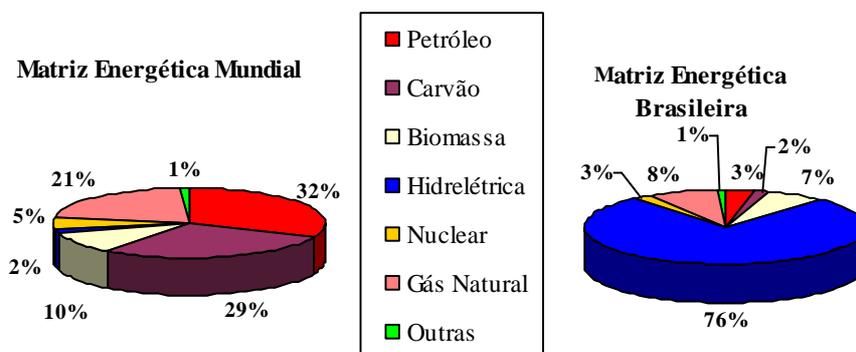


Figura 1 Matriz Energética Mundial e a Matriz Energética Brasileira

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2013) e IEA (2013a).

Como consequência desta situação, o país vem sendo reconhecido internacionalmente como referência no desenvolvimento da relação expansão da capacidade de geração de energia – preservação do meio ambiente (IEA, 2013b; PEDUZZI, 2013).

Especificamente no contexto de geração elétrica observamos que o Brasil apresenta uma matriz de geração elétrica de origem predominantemente renovável, podendo-se afirmar que 85% da eletricidade gerada no Brasil são originadas de fontes renováveis.

A geração de energia elétrica no Brasil é baseada em usinas hidrelétricas com grandes reservatórios de água, fato associado às características geográficas do país, entre elas suas dimensões continentais, possuir grandes áreas com baixa densidade demográfica e ter contido no interior de suas fronteiras a maior bacia hidrográfica do mundo.

Contudo, grande parte desses recursos energéticos se localiza em regiões pouco desenvolvidas, distantes dos centros consumidores e com fortes restrições ambientais (BRASIL, 2008).

Segundo dados disponibilizados no BIG, em janeiro de 2014, o sistema elétrico brasileiro possui 3.033 empreendimentos em operação, obtendo aproximadamente 126.530MW de potência instalada. Dessa potência instalada, 64,09% derivam das usinas hidrelétricas e 1,76% das centrais geradoras eólicas que atualmente ocupam a quarta posição em participação na capacidade de geração de eletricidade (BRASIL, 2014).

Essa potência instalada está distribuída entre os diversos tipos de empreendimentos de geração de eletricidade como apresentado na Quadro 1.

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Participação (%)</b>
Usina Hidrelétrica	195	81.085.594	64,08
Usina Termelétrica	1782	36.364.822	28,74
Pequena Central Hidrelétrica	462	4.597.416	3,63
Central Geradora Eólica	108	2.221.769	1,76
Usina Termonuclear	2	1.990.000	1,57
Central Geradora Hidrelétrica	433	265.495	0,21
Central Geradora Solar Fotovoltaica	51	4.946	0,01
<b>Total</b>	3.026	128.630.042	100

Quadro 1 Empreendimentos de geração de eletricidade em operação

Fonte: Brasil (2014)

Entretanto, por suas características de utilização e diante do desenvolvimento tecnológico que proporcionou a redução dos custos de exploração, a energia eólica se destaca como fonte que mais tem crescido no mundo.

Especificamente no Brasil, o potencial promissor dessa fonte renovável a coloca como principal alternativa de complementação à geração hídrica, especialmente ao se considerar as possibilidades de sinergia entre essa fonte e a hidrelétrica, seja pela complementaridade entre os regimes sazonais, seja pela capacidade de gestão energética que os reservatórios e o sistema de transmissão podem oferecer (BRASIL, 2013e).

De 1997 a 2010, a geração com a tecnologia de conversão de energia eólica em eletricidade cresceu em capacidade instalada mundialmente de cerca de 7.480MW para 196.944 MW. Em 2012, segundo dados do World Wind Energy Report 2012, a capacidade instalada mundial foi de 282.275 MW, crescendo cerca de 84.000MW nos últimos dois anos (WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION - WWEA, 2013).

Embora atualmente no Brasil os parques eólicos em operação somem 2.220 MW, somente nos últimos anos é que o ritmo de crescimento das aplicações de energia eólica para geração de eletricidade cresceu promissora.

Na evolução desse tipo de tecnologia para geração de eletricidade, o Atlas de Energia Elétrica no Brasil (BRASIL, 2008) destaca dois acontecimentos que podem ser considerados marcos importantes para o desenvolvimento da produção de energia elétrica por ação da energia eólica. O primeiro é a entrada em operação da primeira turbina eólica comercial ligada à rede pública que foi instalada em 1976, na Dinamarca.

O segundo, tendo como referência o Brasil, é a instalação da primeira turbina eólica em território nacional, situada no Arquipélago de Fernando de Noronha em 1992, possuindo um gerador eólico com potência de 75 kW, rotor de 17 metros de diâmetro, instalado em uma torre em treliças triangular de 23 metros de altura (Figura 2).

A instalação no Arquipélago de Fernando de Noronha foi o resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), por meio de financiamento de pesquisa do instituto dinamarquês Folkecenter.

A turbina eólica instalada chegou a gerar 10% da energia elétrica consumida na Ilha, economizando 70.000 litros de diesel por ano.



Figura 2 Primeiro aerogerador do Arquipélago de Fernando de Noronha  
Fonte: Brasil (2003)

Uma segunda turbina (Figura 3), que possuía torre tubular e produzia 225 kW, foi instalada em maio de 2000 e entrou em operação em 2001. Junto com a primeira turbina gerava até 25% da eletricidade do Arquipélago de Fernando de Noronha (BRASIL, 2003).

Em março de 2009., essa segunda turbina foi atingida por um raio e desde então está desativada.

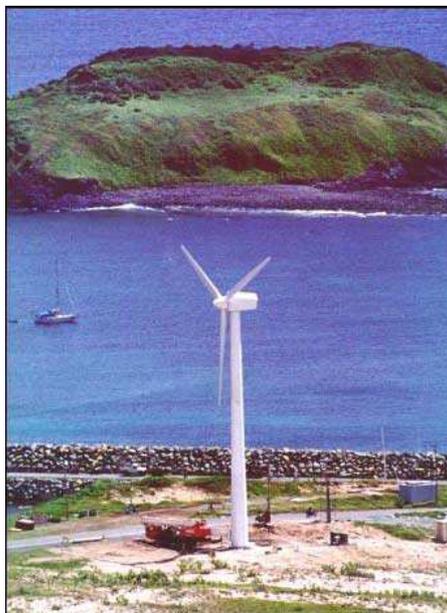


Figura 3 Segundo aerogerador do Arquipélago de Fernando de Noronha

Fonte: Brasil (2003)

Dez anos após a instalação da primeira turbina eólica no Brasil o governo criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) para incentivar a utilização de outras fontes renováveis como eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas, estabelecendo a instalação de 3.330 MW de energia produzidos por essas fontes com previsão de 1.100 MW gerados por cada fonte.

O BEN 2009 registrou que a capacidade instalada para geração eólica aumentou de cerca de 68% no biênio 2007-2008. Segundo dados do BIG (BRASIL, 2014) disponibilizado pela ANEEL, o parque eólico nacional cresceu de 247.050 kW em 2007 para 414.480 kW em 2008.

Em 2010 , a potência instalada atingiu 928 MW e, ao final do ano de 2012 ,a potência eólica atingiu 1.886 MW, o que proporcionou um valor da

geração eólica que praticamente dobrou a fatia da aplicação dessa fonte na matriz elétrica nacional (BRASIL, 2012).

É possível observar que no Brasil ocorreu uma evolução crescente da capacidade instalada de geração de energia elétrica, a partir de fonte eólica no período entre 2002 e 2012, fato este que está representado pelos dados registrados no Gráfico 1.

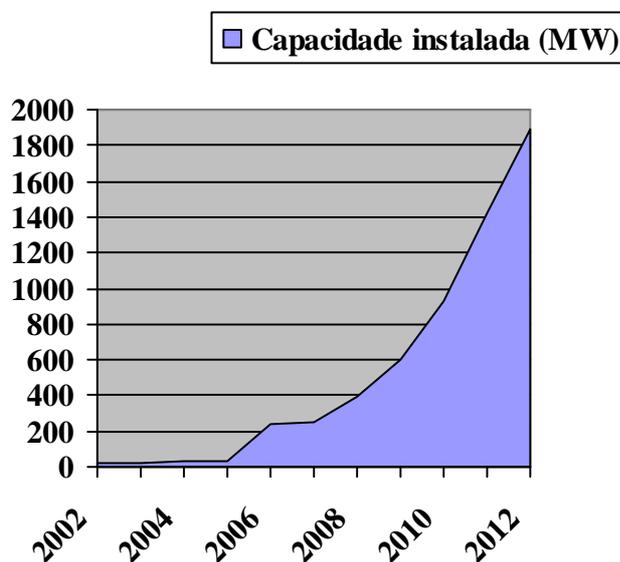


Gráfico 1 Evolução da capacidade instalada de geração elétrica de origem eólica no Brasil no período de 2002 a 2012

Fonte: Elaborada pelo autor a partir do BEN 2013 (BRASIL, 2013a)

Como resultado, embora não figure entre os maiores produtores de energia eólica do mundo – China, Estados Unidos, Alemanha e Espanha- o Brasil, ocupou a oitava posição em crescimento da capacidade instalada de aproveitamento de energia eólica em 2012 e é líder do mercado latino-

americano, no qual se destaca também na produção de turbinas e geradores eólicos.

Com o propósito de atender ao crescimento estimado da demanda de energia até o ano 2021, o Plano de Expansão do Sistema Interligado Nacional para a década 2012-2021 espera acrescentar 65,9 GW na capacidade instalada do Sistema, representando um acréscimo de 57% na oferta de eletricidade em relação ao valor de dezembro de 2011.

Nesse planejamento da expansão do sistema, ao explorar as condições privilegiadas presentes no Brasil, foi estimado que a participação das novas fontes renováveis de energia – eólica, térmicas movidas a biomassa e pequenas centrais hidrelétricas - no parque de geração do SIN chegará a 20 % da capacidade instalada em 2021(BRASIL, 2013e).

No caminho traçado para atingir a meta de expansão para a década 2012-2021, o conjunto de empreendimentos contratados e em construção para o período entre 2012 e 2016 planeja um acréscimo da potência instalada no valor de 6,64 GW , referente à fonte de energia eólica, situação que corresponderá a um crescimento de 72% em relação à expansão das fontes derivadas de biomassa e pequena central hidrelétrica (BRASIL, 2013b).

Em revisão do PDE realizada no ano de 2013 pela EPE, conforme pode ser observado no Quadro 2, foi estimado que até o ano de 2022 a participação das fontes renováveis na capacidade de geração elétrica no SIN crescerá para o patamar de 85,8%, sendo esse aumento decorrente do expressivo crescimento da participação de empreendimentos eólicos para geração de energia elétrica, os quais deverão contribuir com o percentual de 9,5% da capacidade instalada em 2022. Esse valor esperado para a participação dos recursos eólicos na geração de eletricidade corresponderá à potência instalada de 17,4 MW (BRASIL, 2013d).

<b>Evolução da capacidade instalada no Brasil no período de 2012 – 2022</b>		
<b>Tipo de Fonte Renovável</b>	<b>Participação % em 2012</b>	<b>Participação % em 2022</b>
Hidráulica	71,0	65,0
Eólica	1,5	9,5
Outras (PCH e Biomassa)	11,3	11,3
Fontes não renováveis	16,2	14,2

Quadro 2 Evolução da capacidade instalada por fonte de geração no período de 2012 a 2022

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de Brasil (2013d)

Em 2001, o potencial tecnicamente aproveitável da energia eólica no Brasil foi estimado em 143 GW, concentrado principalmente nas regiões Nordeste (interior da Bahia, litoral de Ceará e Rio Grande do Norte) e Sul (Rio Grande do Sul), conforme registrado no Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (AMARANTE; BROWER; ZACK, 2001). Entretanto, as medições dos ventos, realizadas há mais de 13 anos, consideraram torres eólicas de 50 metros de altura.

A revisão dessas estimativas, considerando as atuais torres superiores a 100 metros e a evolução da potência dos aerogeradores que pode chegar a mais de 1,5 MW, deve atualizar esse potencial para mais de 300 GW, ou praticamente o triplo da capacidade instalada da Matriz Elétrica Nacional do ano de 2011 (ALDABÓ, 2002; MARTINS; GUARNIERI; PEREIRA, 2008; OLIVEIRA, 2012).

Segundo levantamento de dados realizado pelo GWEC (GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL - GWEC, 2013) o Brasil aparece na oitava posição entre os países que ampliaram significativamente a capacidade instalada no ano de 2012. Entretanto, apesar dos avanços conseguidos, o País não está ainda

relacionado entre os dez principais países em capacidade instalada de geração eólica.

Os dez principais países em capacidade instalada de geração eólica e a respectiva participação na capacidade instalada mundial estão relacionados no Quadro 3.

<b>País</b>	<b>Capacidade instalada (MW)</b>	<b>Participação na capacidade mundial (%)</b>
<b>R P da China</b>	75.564	26,8
<b>EUA</b>	60.007	21,2
<b>Alemanha</b>	31.332	11,1
<b>Espanha</b>	22.796	8,1
<b>Índia</b>	18.421	6,5
<b>Reino Unido</b>	8.445	3,0
<b>Itália</b>	8.144	2,9
<b>França</b>	7.196	2,5
<b>Canadá</b>	6.200	2,2
<b>Portugal</b>	4.525	1,6
<b>Total dos Dez Países</b>		85,9
<b>Restante do Mundo</b>	39.853	14,1

Quadro 3 Principais países em capacidade instalada de geração eólica

Fonte: GWEC (2013)

Entre os 108 parques eólicos em operação no Brasil, os seguintes complexos geradores possuem destaque pela capacidade instalada e número de turbinas eólicas em operação:

- a) Complexo Eólico Alto Sertão I (Figura 4) - localizado no semiárido baiano, é o maior parque gerador de energia eólica do Brasil e também da América Latina. As 184 torres instaladas geram 294,4 megawatts de energia (cerca de 30% de toda energia eólica gerada no Brasil). Inaugurado em junho de 2012, atualmente possui 14 parques distribuídos pelos municípios de Caetitê, Igaporã e Guanambi. O complexo pertence à empresa Renova Energia e teve investimento de 1,2 bilhão de Reais;



Figura 4 Vista aérea parcial do Complexo Eólico Alto Sertão I

Fonte: Renova Energia (2013)

- b) Parque Eólico Alegria: instalado na cidade de Guamaré (Rio Grande do Norte). Possui a capacidade instalada de 151 megawatts e 92 turbinas eólicas;

- c) Parque Eólico Rei dos Ventos I-III: instalado nas proximidades da cidade de Galinhos (Rio Grande do Norte). Possui capacidade instalada de 118 megawatts e 71 turbinas eólicas;
- d) Parque Eólico de Osório: instalado no município gaúcho de Osório, é o segundo maior centro de geração de energia eólica no Brasil (primeiro até 2011). Possui a capacidade instalada de 150 megawatts e 75 turbinas eólicas. O complexo pertence à empresa Ventos do Sul Energia (Figura 5);



Figura 5 Vista aérea parcial do Parque Eólico de Osório

Fonte: Osório (2013)

- e) Usina de Energia Eólica de Praia Formosa: instalada na cidade de Camocim (Ceará). Possui a capacidade instalada de 105 megawatts e 50 turbinas eólicas;
- f) Parque Eólico do Rio de Fogo: instalado na cidade de Rio do Fogo (Rio Grande do Norte). Possui capacidade instalada de 49 megawatts e 62 turbinas eólicas.

## 2.2 Aspectos técnicos das aplicações da energia eólica

De forma semelhante a outras fontes de energia, os aspectos classificados como vantagens ou desvantagens da aplicação da energia eólica

para geração de energia elétrica, bem como os impactos provocados ao meio ambiente e as ameaças à evolução das espécies que coexistem nas áreas onde os equipamentos são instalados, estão diretamente relacionadas às características técnicas desse tipo de empreendimento.

Assim, essa seção tem o propósito de ressaltar informações básicas que fundamentam o entendimento de como a ação de gerar eletricidade a partir de uma fonte energética considerada limpa pode influenciar no desenvolvimento da sustentabilidade socioambiental.

Energia eólica, por definição, é a energia contida nas massas de ar em movimento (vento) e o seu aproveitamento ocorre pela conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação.

Nessa conversão, são utilizadas turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, quando se pretende gerar eletricidade ou cataventos e moinhos quando a intenção é realizar trabalho mecânico como, por exemplo, em situação cujo objetivo é realizar bombeamento d'água ou moagem de grãos.

Para gerar eletricidade, a energia solar é transformada em energia cinética dos ventos que, por sua vez, é transformada em energia mecânica pelo conjunto rotor e pás do aerogerador e, em seguida, em energia elétrica, no gerador.

É importante recordar que toda a energia renovável (exceto marémotriz e geotérmica), e até mesmo a energia extraída dos combustíveis fósseis, vêm primariamente do Sol. O Sol radia cerca de 174.423.000.000.000 kW de energia à Terra por hora. Contudo, estima-se que apenas dois por cento dessa energia solar seja absorvida pelo planeta e convertida em energia cinética dos ventos.

Resultando da radiação solar, pois os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre, embora completamente renovável, a energia eólica depende da incidência solar e dos fenômenos meteorológicos, possuindo razoável nível de intermitência.

As primeiras tentativas referentes à aplicação de energia eólica para geração de eletricidade ocorreram no final do século XIX. Entretanto, somente depois da crise internacional do petróleo, ocorrida na década de 1970 é que foi iniciado o desenvolvimento e a aplicação de equipamentos e sistemas de geração em escala comercial.

Segundo Aldobó (2002), o primeiro aerogerador de grande dimensão foi construído na França em 1929. Esse aerogerador era constituído de duas pás com 20 metros de diâmetro e foi destruído por uma tormenta após algum tempo em operação.

A Dinamarca, que busca se tornar líder na transição para energia verde até o ano de 2020, no período inicial da 2ª Guerra Mundial apresentou um dos mais significativos crescimentos na exploração de fontes de energia eólica em toda Europa ao desenvolver aerogeradores de pequeno porte, na faixa de 45 kW.

Durante os anos de 1955 e 1960, a Alemanha produziu aerogeradores de 100 kW, acionados por ventos de até 8m/s.

O engenheiro dinamarquês Johannes Juul (1887-1969), em 1957, construiu a primeira turbina eólica do mundo que ficou conhecida como turbina eólica Gedser. Localizada em Gedser, costa oeste da Dinamarca, essa turbina possuía três pás com comprimento de 24 m, produzia cerca de 200 kW em corrente alternada e atualmente é considerada como protótipo das turbinas eólicas modernas (KROHN, 2013).

Nos últimos anos, foi possível observar a existência de um padrão dominante de aerogerador (ou turbina eólica), caracterizado por um rotor composto por três pás (ou hélices) que faz girar um eixo perpendicular às pás. Essa configuração dominante é composta por três partes maiores: a torre, que é usualmente produzida por aço e concreto; o rotor, composto pelo conjunto do cubo e as pás (ou hélices); e a nacelle, constituída pelo gerador e os sistemas de controle.

Costa (2009) estima que os custos totais de um aerogerador estejam distribuídos entre esses três grandes componentes da seguinte maneira: cerca de 20% relativo à torre, outros 20% relativo ao rotor e finalmente 60% correspondente ao custo da nacela com todos os seus componentes internos.

Na figura 6, apresenta-se uma imagem da turbina eólica Gedser de 1957.



Figura 6 Turbina eólica Gedser

Fonte: Danish Wind Industry Association (2013)

Na Figura 7, apresenta-se imagem real de moderno aerogerador.



Figura 7 Modelo de Aerogerador atual

Incluído nessas três principais partes, o aerogerador possui várias peças que devem funcionar em sincronia de forma a maximizar o seu rendimento.

Na Figura 8, reproduz-se desenho de turbina eólica elaborado com a finalidade de destacar seus principais componentes.

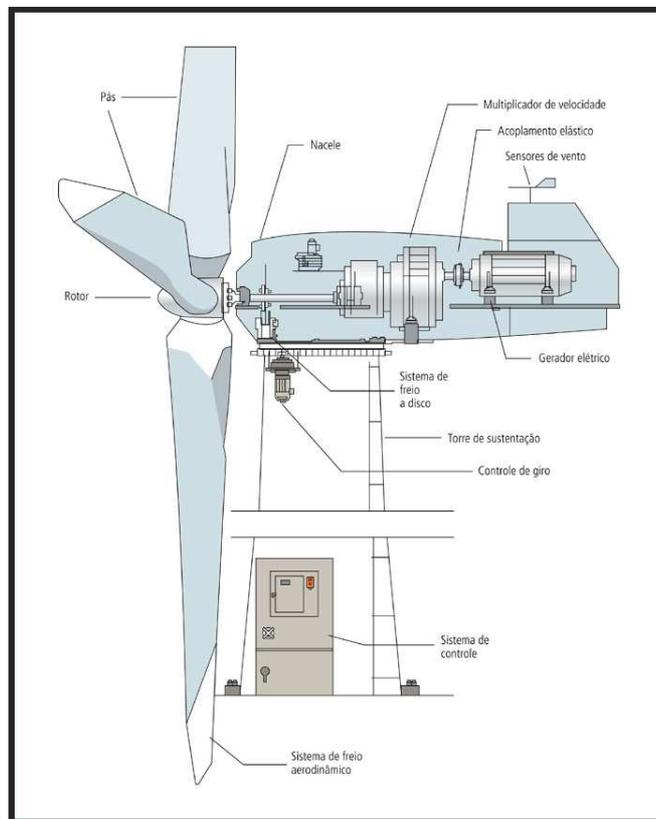


Figura 8 Principais componentes de um aerogerador

Fonte: Atlas de Energia Elétrica do Brasil (BRASIL, 2008)

A concepção e o projeto de aerogeradores, por serem estes a peça principal para geração de eletricidade utilização energia eólica, são áreas de conhecimento que tiveram grandes avanços tecnológicos nos últimos anos.

Um dos aspectos que muito tem influenciado nesses avanços tecnológicos é o fato de o aumento do tamanho do rotor corresponder a uma variação quadrática na potência disponibilizada pela máquina e, ao exigir torres mais altas para serem instalados, possibilita acessar ventos de melhor qualidade, resultando em um significativo aumento da potência individual das máquinas.

A partir de 1960, uma série de fabricantes desenvolveu seus próprios produtos.

Segundo Pereira (2012), o tamanho das turbinas variou de um patamar de 15 m com potência resultante de 75 KW nos anos 1980 para uma faixa de 127m de diâmetro e potência de 7,5 MW no ano de 2010 e hoje existem máquinas que superam a potencia de 10 MW.

Na Figura 9 , apresenta-se a evolução tecnológica ocorrida nos projetos de aerogeradores em termos da relação potência e diâmetro do rotor.

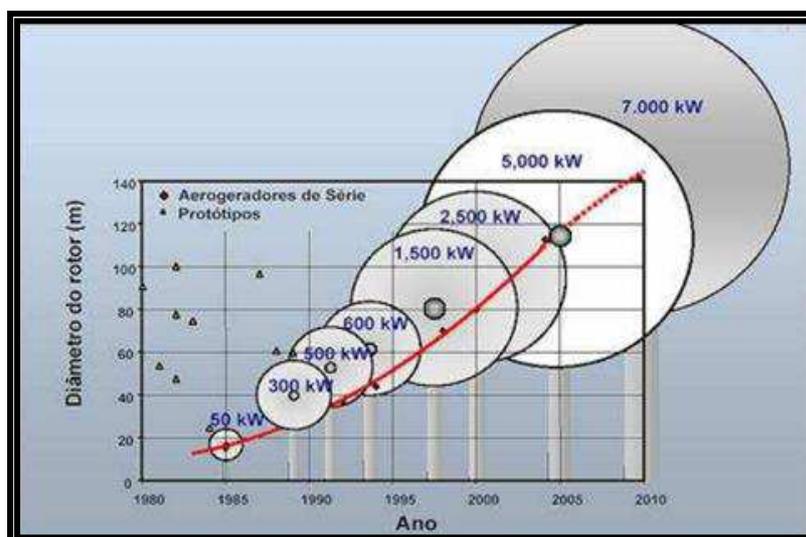


Figura 9 Evolução da potência em função do diâmetro do rotor.

Fonte: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Salvo Britto - CRESESB (2013)

Para alcançar esses resultados, as modernas turbinas eólicas são resultantes de um complexo estudo técnico que combina as bases teóricas de vários campos do conhecimento, entre eles:

- a) Aerodinâmica – rotor, pás, condições aerodinâmicas;
- b) Engenharia Civil – instalações, fundações, torres, vias de acesso;
- c) Engenharia Mecânica – máquinas com eixos, engrenagens, freios, mancais;
- d) Engenharia elétrica – gerador, conversores de frequência, conversão e transmissão de energia;
- e) Eletrônica, instrumentação e controle, ciências da informação – sistema de controle, monitoramento remoto, sensores;
- f) Meteorologia – design, influência de fatores meteorológicos.

A evolução da tecnologia permitiu o desenvolvimento de equipamentos com maior capacidade de geração de energia elétrica, no entanto, a densidade do ar, a intensidade, direção e velocidade do vento estão relacionadas a aspectos geográficos naturais como relevo, vegetação e interações térmicas entre a superfície da terra e a atmosfera.

Conforme ocorre com outras fontes alternativas de energia, como a hidráulica, a obtenção da energia eólica também pressupõe a existência de condições naturais específicas e favoráveis.

Assim, a avaliação dessas condições naturais específicas e favoráveis, ou seja, a avaliação do potencial eólico de determinada região requer sempre trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime dos ventos.

A viabilidade técnica de empreendimentos de geração de eletricidade utilizando energia eólica inclui, assim, análise de aspectos tecnológicos e aspectos geográficos associados à região onde o empreendimento será instalado.

Bispo Neto (2005) destaca que a energia eólica é influenciada por fatores geográficos tais como:

- a) inclinação do terreno;
- b) características da superfície;
- c) altitude;
- d) vegetação;
- e) umidade relativa do ar;
- f) estações do ano;
- g) densidade do ar; e
- h) condições climáticas.

A altura onde ocorrem os ventos influencia a energia eólica em consequência da fricção dos ventos com diferentes superfícies e a consequente turbulência. Esses fatos tendem a diminuir a velocidade do vento.

Com o aumento da altitude, o efeito da fricção que varia com o tipo de superfície em função da sua rugosidade, diminui sendo possível obter um acréscimo na variação da velocidade entre 5% a 100% apenas dobrando a altura.

Esse fato é importante porque a variação da potência conseguida pelo aerogerador está associada ao cubo da variação da velocidade do vento. Assim, o aumento da velocidade do vento em uma determinada área irá gerar um aumento ainda maior no potencial eólico.

Por intermédio de curvas de perfil de velocidades do vento, é possível observar a variação da velocidade com a altura e deduzir o quanto esses dados influenciam na determinação da altura de uma torre para instalação de turbinas eólicas e a importância para a eficiência na geração de eletricidade nos projetos de parques eólicos.

Na Figura 10, apresenta-se um exemplo de uma curva do perfil de velocidades do vento variando com a altura, onde:  $z$  - altura de medição e  $z_0$  - rugosidade do terreno.

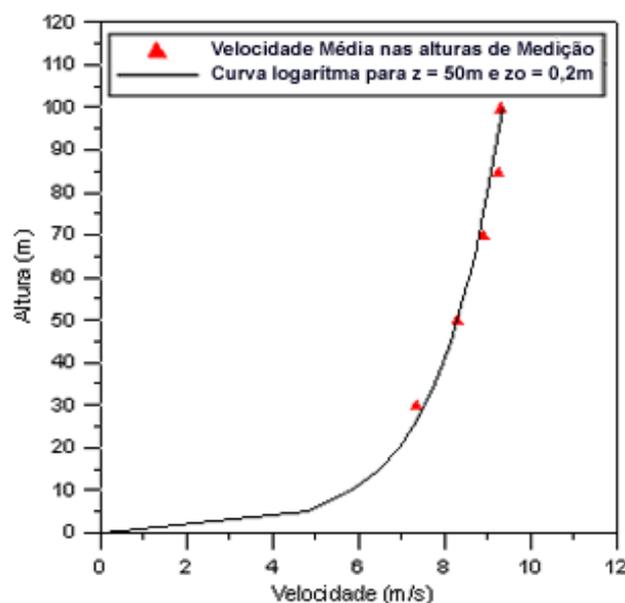


Figura 10 Curva do perfil de velocidades do vento

Fonte: CEPEL (2007)

Complementarmente, embora os aerogeradores comecem a gerar energia a partir de ventos acima de 3 m/s e atinjam sua potência máxima a cerca de 13 m/s, podem ser considerados ainda potencialmente proveitosos os locais onde o vento possua velocidade média anual igual ou maior do que 7 m/s, alguns autores consideram que o empreendimento de geração eólica para ser economicamente viável precisa que a densidade de energia eólica local seja maior ou igual a  $500\text{W/m}^2$  a uma altura de 50 m, aspecto que requer uma velocidade mínima do vento entre 7 m/s e 8 m/s (GRUBB; MEYER, 1993; PEREIRA, 2012).

Outro fator decisivo nos projetos para desenvolver aplicações eólicas é a área coberta pela rotação das pás da turbina pois a turbina é capaz de capturar apenas uma parcela da potência do vento. A eficiência das turbinas eólicas está

relacionada com o limite de Betz que estabelece o percentual máximo de conversão da energia cinética do vento em energia mecânica para as turbinas eólicas, este valor é de 59,3%.

Atualmente, as instalações para a produção de energia elétrica são geralmente caracterizadas como empreendimentos eólicos constituídos por parques eólicos que possuem um conjunto de turbinas dispostas em uma mesma área e que, diante da evolução tecnológica, permite o emprego de turbinas com mais de 100 m de diâmetro e alturas superiores a 50 m (OLIVEIRA, 2012).

No Brasil, há extensas áreas com potencial para o aproveitamento eólico em todas as regiões do país, sobretudo no Nordeste, seguido pelo Sul, Sudeste, e Centro-Oeste, por último, Norte (AMARANTE; BROWER; ZACK, 2001).

O número de aerogeradores que compõem um parque eólico é muito variável, dependendo fundamentalmente da superfície disponível e das características do vento.

A tecnologia dos sistemas de conversão de energia eólica atingiu um estado de maturidade adequado, sendo os equipamentos considerados confiáveis e duradouros, com vida útil na ordem dos 20 a 30 anos, tempo adequado para tornar economicamente rentáveis os investimentos que estão associados à instalações de parques eólicos.

Por fim, a evolução experimentada pela energia eólica também tem estimulado atividades de normatização, certificação e padronização, bem como promovido o aprimoramento de modelos de comercialização de energia, critérios para a avaliação de impactos ambientais e legislação e regulação aplicada à geração eólica.

### **2.3 Empreendimentos eólicos e Licenciamento para Impacto Ambiental**

Empreendimento eólico é aquele constituído por usina eólica com uma unidade aerogeradora, parque eólico com um conjunto de usinas eólicas ou complexo eólico com um conjunto de parques eólicos, seus sistemas associados, equipamentos de medição, de controle e de supervisão, que têm por finalidade o aproveitamento do potencial energético do vento.

O projeto de em empreendimento eólico pode ser basicamente dividido em quatro fases: planejamento; instalação; operação e descomissionamento. Em cada uma dessas fases, devem ser avaliados os aspectos técnicos, legais e econômicos associados ao empreendimento.

As tecnologias de energia renovável são intensivas em capital, e a maior parte do investimento concentra-se na fase inicial do projeto – o custo dos equipamentos pode corresponder a até 75% do investimento total de um empreendimento eólico (SIMAS; PACCA, 2013).

Geralmente existem leis locais que determinam o que é requerido para instalação de simples turbinas até parques eólicos com um grande número de aerogeradores. Além disso, as questões referentes aos impactos socioambientais dessas instalações são exigências de estudos e avaliações que precisam ser cumpridas, geralmente, desde o início da fase de planejamento.

Embora não seja o tema deste trabalho, é importante caracterizar pelo menos uma situação que implica diretamente no reconhecimento dos impactos socioambientais de empreendimentos eólicos dentro das normas atualmente praticadas, ou seja:

- assegurar a classificação de “pequeno potencial de impacto ambiental” para um empreendimento de energia eólica que, embora o senso comum considere os parques eólicos como alterações ambientais que causam baixo impacto ambiental, as fases de implantação, operação e descomissionamento

desses empreendimentos, em diversos locais do mundo, mostraram um conjunto de impactos socioambientais que suscitaram questionamentos, pesquisas, graves danos ambientais e a paralisação de alguns empreendimentos.

Vários exemplos do conjunto de impactos socioambientais negativos que resultam da implementação de um empreendimento eólico para geração de energia elétrica foram descritos por Barbosa Filho (2013), Delicado et al. (2013), Meireles (2013), Muniz (2010) e Porto, Finamore e Ferreira (2013).

Geralmente, os impactos ambientais associados à energia eólica são considerados como fossem geradores de alterações em pequena escala. Dentre os impactos negativos é possível destacar: impacto visual sobre a paisagem, ruído audível, danos à fauna e flora, uso da terra, interferência eletromagnética e ofuscamento. Entretanto, Porto, Finamore e Ferreira (2013, p. 50) esclarecem que:

Os técnicos apontam que tais características negativas poderiam, em tese, ser substancialmente reduzidas, e até mesmo eliminadas, através de planejamento adequado e adoção de inovações tecnológicas (MME; EPE, 2007). Entretanto, no atual contexto brasileiro, algumas experiências e denúncias de organizações de justiça ambiental têm mostrado a ocorrência de injustiças ambientais relacionadas à instalação de parques eólicos no Nordeste, região de maior potencial para este tipo de empreendimento.

As normas atuais apresentam os seguintes conceitos aplicáveis às questões de Licenciamento Ambiental:

- a) Licenciamento Ambiental: procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou

potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

- b) Licença Ambiental: ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente, estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.
- c) 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.
- d) Impacto Ambiental Regional: é todo e qualquer impacto ambiental que afete diretamente (área de influência direta do projeto), no todo ou em parte, o território de dois ou mais Estados.
- e) Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação.
- f) Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as

medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante.

- g) Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

A primeira situação está associada à Resolução CONAMA nº 279/2001 que criou a possibilidade de licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental, incluindo sistemas de transmissão de energia elétrica e as Usinas Eólicas e outras fontes alternativas de energia. Essa Resolução também adotou as seguintes definições (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, 2001):

- a) Relatório Ambiental Simplificado (RAS): estudo relativo aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a concessão da licença prévia requerida, que conterá, dentre outras, as informações relativas ao diagnóstico ambiental da região de inserção do empreendimento, sua caracterização, a identificação dos impactos ambientais e das medidas de controle, de mitigação e de compensação.
- b) Relatório de Detalhamento dos Programas Ambientais: documento que apresenta, detalhadamente, todas as medidas mitigatórias e compensatórias e os programas ambientais propostos no RAS.
- c) Reunião Técnica Informativa: reunião promovida pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor, para

apresentação e discussão do Relatório Ambiental Simplificado, Relatório de Detalhamento dos Programas Ambientais e demais informações, garantidas a consulta e participação pública.

- d) Sistemas Associados aos Empreendimentos Elétricos: sistemas elétricos, pequenos ramais de gasodutos e outras obras de infraestrutura comprovadamente necessárias à implantação e operação dos empreendimentos.

O procedimento a ser cumprido pelo empreendedor quando solicitar a Licença Prévia ao órgão ambiental competente nos casos de empreendimentos elétricos com é o de apresentar o Relatório Ambiental Simplificado (ELETROBRÁS, 2012) e os empreendimentos que não forem classificados como causador de “pequeno potencial de impacto ambiental”, ou seja, for considerado de grande impacto ambiental, necessitará de licenciamento ambiental por meio de Estudo de Impacto Ambiental e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental.

É importante destacar que qualquer projeto que possa causar dano ao meio ambiente deve passar pelo devido licenciamento ambiental e os Relatórios de Impacto Ambiental correspondente devem ser acessíveis ao público, sendo estes destinados especificamente ao esclarecimento das vantagens e consequências ambientais do empreendimento.

Embora o CONAMA esteja estudando a elaboração de resolução específica para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica proveniente de fonte eólica em superfície terrestre, pelo menos duas grandes incertezas ainda envolvem as autorizações para esse tipo de empreendimento que são: a classificação de “pequeno potencial de impacto ambiental” e os resultados de alguns empreendimentos que causaram grandes danos socioambientais.

Goldemberg e Lucon (2007), em artigo que comentam alguns problemas existentes na relação entre energia e meio ambiente no Brasil, destacam algumas razões que afetam negativamente o licenciamento dos empreendimentos hidrelétricos.

No entanto, as razões apontadas podem servir de subsídios para que os procedimentos aplicados à expansão de aplicações de fontes alternativas de energia não acabem por privilegiar o uso de fontes de produção de energia elétrica emissora de GEE.

Fundamentado nesse artigo é possível destacar as seguintes razões que afetam negativamente os resultados socioambientais de empreendimentos eólicos:

- a) visão de que o licenciamento ambiental é uma mera formalidade;
- b) ação de iniciar o licenciamento ambiental nos órgãos competentes somente após o início das obras;
- c) apresentação de estudos de impacto ambiental incompletos;
- d) tentativa de procurar obter o licenciamento de um projeto sem querer completar todos os estudos associados às questões socioambientais.

Verificando resultados obtidos pela pesquisa realizada em 2011 pelo Ministério do Meio Ambiente sobre Licenciamento Ambiental de Parques Eólicos (BRASIL, 2011) com respostas fornecidas pelos órgãos estaduais de meio ambiente de 20 Estados e pelo IBAMA, é possível ressaltar alguns aspectos importantes quanto à dificuldade de identificação dos impactos socioambientais associados aos parques eólicos.

Comparando as repostas apresentadas para o item que se refere ao conhecimento dos impactos ambientais esperados e ao item que menciona os

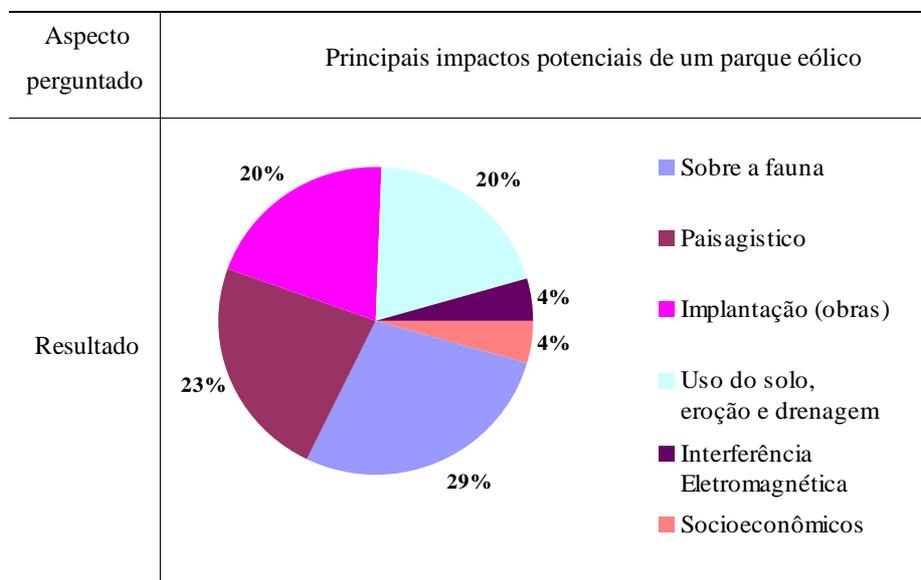
impactos que realmente têm sido encontrados pelos respondentes, figura 6, foi possível observar que existe pouca aderência entre as duas respostas.

Esse fato pode espelhar a falta de segurança dos organismos licenciadores no tocante a essa questão e faz surgir uma grande chance dos resultados dos trabalhos para o licenciamento ambiental possuir falhas que poderiam ser evitadas.

Analisando o resultado da pesquisa é possível destacar que o processo de licenciamento ambiental de empreendimento eólico ainda apresenta grandes dificuldades e incertezas na realização efetiva da etapa de identificação dos impactos socioambientais.

Para minimizar essa situação, é necessário que normas e regulamentações mais consistentes e padronizadas sejam elaboradas e não falem oportunidades para que ocorram treinamentos adequados para os principais atores desse tipo de empreendimento, em especial ao grupo de agentes que fornecem as licenças e acompanham a evolução dos indicadores de sustentabilidade.

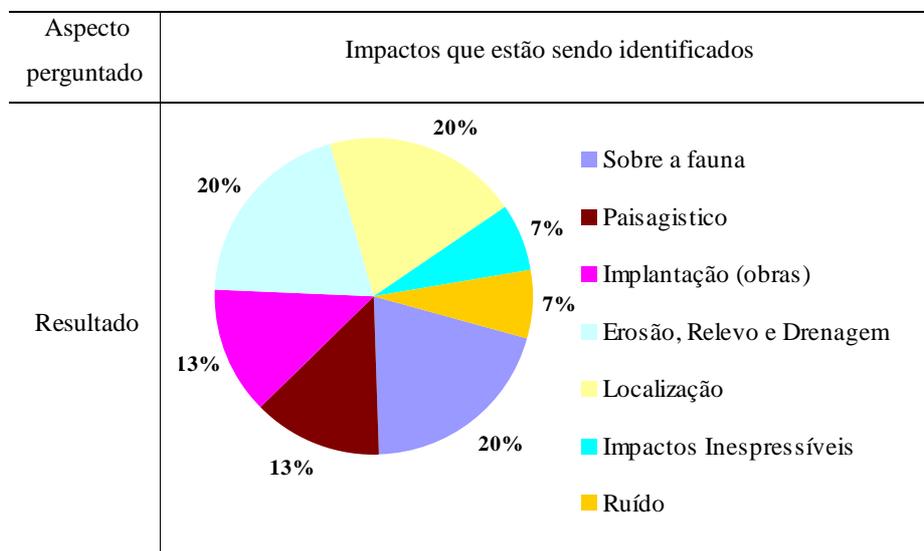
No Quadro 4, apresentam-se as respostas apresentadas na pesquisa para o item que se refere ao conhecimento dos impactos ambientais esperados pelos representantes dos órgãos estaduais de meio ambiente de 20 Estados e pelo representante do IBAMA.



Quadro 4 Resultado da Pesquisa Licenciamento Ambiental de Parques Eólicos – impactos potenciais

Fonte: Elaborada pelo Autor a partir de Brasil (2011)

No Quadro 5, representam-se os impactos que realmente têm sido encontrados pelos respondentes.



Quadro 5 Resultado da Pesquisa Licenciamento Ambiental de Parques Eólicos  
– impactos encontrados

Fonte: Elaborada pelo Autor a partir de Brasil (2011)

### **3 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DE EMPREENDIMENTOS EÓLICOS**

#### **3.1 O contexto das consequências dos impactos socioambientais**

O contexto dos impactos socioambientais apresentado neste capítulo busca mostrar uma realidade que requer maior atenção dos participantes do setor eólico brasileiro em decorrência de ser este um mercado em grande expansão, mas que ainda dispõe de poucas ações na área de pesquisa e desenvolvimento e escassos registros de vivências relativas às consequências provocadas ao meio ambiente pelo ciclo de vida desses empreendimentos.

Sem dúvida, as aplicações da energia eólica representam uma opção competitiva de energia limpa e renovável, com grande potencial nacional e avançado estágio de maturidade tecnológica, as quais podem contribuir para a expansão da matriz elétrica brasileira dentro do conceito de desenvolvimento sustentável.

Entretanto, não podem ser esquecidos os impactos socioambientais produzidos pelos empreendimentos eólicos aos locais onde são instalados e nem a influência desses impactos nas regiões próximas que, com o passar do tempo próprio do ciclo de vida da natureza, pode gerar mudanças significativas ao meio socioambiental global (BARCELLA; BRAMBILLA, 2012).

Cristino (2012) destaca que qualquer obra humana tem impacto sobre o ambiente e a geração de eletricidade a partir de fonte eólica não poderia ser diferente.

Quanto à extensão das repercussões dos impactos socioambientais Goldemberg (2003) orienta que eles podem ser: locais, regionais ou globais.

Além disso, o contexto socioambiental precisa ser abordado avaliando suas dimensões desde o projeto e não se concentrar apenas durante a fase de

construção ou na fase de gerenciamento do empreendimento construído, a fim de abordar a perspectiva do ciclo de vida do empreendimento que envolve desde a fase de planejamento até a fase de descomissionamento.

Conforme Cristino (2012) salienta, as pessoas costumam se concentrar na geração de energia eólica em si e acabam não considerando a grande quantidade de resíduos cujo impacto ambiental ainda é pouco explorado como é o caso dos resíduos produzidos durante o processo de fabricação das pás.

Pessoa e Pinheiro (2010) realizaram um estudo que investigou o conhecimento sobre energia eólica de 191 estudantes universitários de duas instituições públicas de uma capital do nordeste brasileiro, utilizando a técnica das redes semânticas naturais e tendo como palavra estímulo “energia do vento”.

No estudo realizado, os autores salientam o fato de o conhecimento ambiental ser uma rede de informações factuais que as pessoas constroem e está carregada de significados associados às questões que envolvem a natureza e seus recursos.

Nesse sentido, o conhecimento ambiental de uma pessoa serve como pré-requisito para a realização de ações deliberadas e o nível de conhecimento público frente às questões sobre o meio ambiente ganha importância principalmente nos empreendimentos eólicos para sua avaliação e aceitação.

Analisando os dados obtidos no estudo e selecionando o índice geral de consenso elaborado pelos autores, pode ser observado que as palavras associadas a impactos ambientais não foram citadas pelos entrevistados e que as palavras “limpa” e “importante” se destacam entre as demais, Gráfico 2.

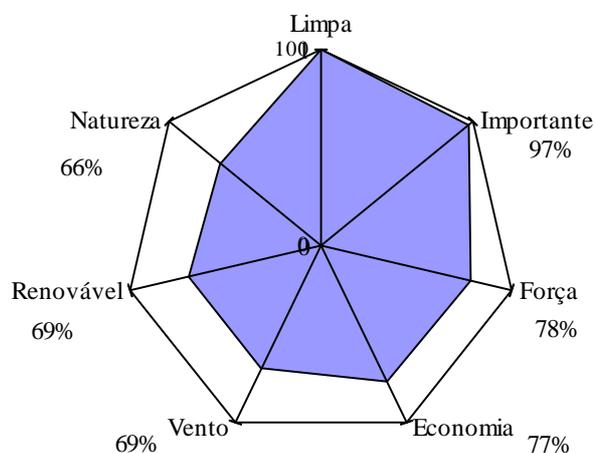


Gráfico 2 Rede Semântica Natural do termo energia do vento

Fonte: Pessoa e Pinheiro (2010)

O resultado obtido alerta para o fato de que embora os empreendimentos eólicos, assim como qualquer outro empreendimento que provoque alteração ao meio ambiente, possa induzir efeitos negativos e chegar a causar impactos socioambientais que produzam modificações significativas e relevantes para a sociedade, existe uma grande dificuldade para que essas situações sejam previamente identificadas.

Outro aspecto que precisa ser ressaltado está relacionado às grandes diferenças existentes entre as características bióticas e culturais inerentes aos diferentes locais onde os empreendimentos são instalados.

Concentrando o foco nos impactos locais resultantes da implementação de empreendimentos eólicos é possível verificar que muitos são específicos da região.

Assim, embora exista o sentimento de padronizar soluções para replicar em novos empreendimentos, o fato de existir diferenças importantes atua como uma barreira que dificulta a padronização de uma solução única para todas as

ocorrências, exigindo que cada uma delas receba avaliações específicas e soluções adequadas.

A identificação das causas dos impactos ambientais de empreendimentos eólicos é sempre um estudo multidisciplinar difícil e quando referente aos impactos ambientais que podem afetar a vida animal ou vegetal também leva a uma complexa tarefa de buscar ações para mitigar seus efeitos, pois estes podem decorrer de uma alteração exercida diretamente sobre um determinado organismo existente na biota ou de uma consequência de alguma alteração na estrutura ou funcionalidade do habitat.

Especialmente no caso dos empreendimentos eólicos, o entendimento das consequências dos potenciais impactos socioambientais sobressai em importância quando a dimensão não permanente do empreendimento se sobressai e, assim, a área onde ele estava instalado precisa retornar as suas condições iniciais após a fase de descomissionamento.

Diante dessas questões, são indicadas três considerações básicas que devem ser aplicadas em qualquer método que busque avaliar os impactos ambientais desse tipo de empreendimento:

- a) Contexto do impacto ambiental – o impacto ambiental deve ser avaliado relativamente para outros impactos causados por outras atividades humanas, ou seja, para melhor avaliar o ruído gerado pela turbina eólica pode-se comparar esse resultado com o ruído produzido em um escritório.
- b) Escala temporal e espacial – o impacto ambiental causado por um empreendimento eólico é facilmente observado que avaliado em uma amplitude local e de curta duração. Os impactos de um parque eólico rotineiramente são avaliados em cenários futuros de alguns anos e dezenas de quilômetros. Contudo, os impactos resultantes

possuem consequências que precisam ser avaliadas em uma escala temporal e espacial bem maior; como é o caso de perda de vida de pássaros cuja espécie possui uma expectativa de vida longa e uma baixa frequência de reprodução.

- c) Efeitos acumulativos – o impacto causado é facilmente compreendido quando avaliado isoladamente e com abrangência local. Entretanto, compreender como a interação das ações passadas, presentes e futuras geram, ou irão gerar, consequências importantes; como por exemplo, o impacto ocasionado a biota como consequência da instalação de poucos aerogeradores pode não ser grande mas instalações de um grande número de aerogeradores desenvolvida anteriores ou como complementação futura pode fragmentar o habitat em tal proporção que pode colocar em risco a sobrevivência de algumas espécies.

O Land Policy Institute (2011), da Universidade Estadual de Michigan (Michigan State University) , realizou em 2010 uma pesquisa sobre a percepção de aspectos associados aos impactos socioambientais com moradores de locais onde parques eólicos estavam instalados , obtendo uma taxa de resposta de 45% do total de questionários entregues.

Embora as questões associadas aos impactos ambientais de empreendimentos eólicos precisem ser estudadas localmente, alguns resultados ilustram as questões abordadas neste trabalho e foram reunidas na tabela 1.

Tabela 1 Resultados da Pesquisa com moradores locais das áreas de empreendimentos eólicos

Dimensão	Foco da questão	Resultado				
		Muito Positivo	Positivo	Neutro	Negativo	Muito Negativo
Desenvolvimento econômico	Efeito percebido no desenvolvimento econômico local	30	44	18	3	5
Valor da propriedade	Efeito percebido na alteração do valor da propriedade	10	14	46	20	10
Alteração da Paisagem	Efeito percebido quanto ao impacto visual	7	13	36	29	15
Ruído	Efeito percebido quanto ao nível de ruído	8	4	46	26	12
Cultural	Autoavaliação do nível de conhecimento sobre energia renovável	6	18	38	25	13

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Land Policy Institute (2011)

### 3.2 Impactos ambientais de empreendimentos eólicos

Nos últimos seis anos , a geração de eletricidade utilizando a fonte eólica cresceu em capacidade instalada cerca de dez vezes o valor registrado no ano de 1997 e o planejamento de expansão do sistema elétrico até o final de 2021 indica a incorporação de mais 65,9 GW com a implantação de novos parques eólicos.

A tecnologia atualmente aplicada aos empreendimentos eólicos no Brasil se encontra em um estágio avançado de desenvolvimento, entretanto, a falta de pesquisas e estudos associados aos impactos socioambientais carece de atenção e tem dificultado o reconhecimento da existência de uma necessidade de avaliar a produção energética, levando em consideração à capacidade natural do ecossistema para regenerar insumos e absorver resíduos em um nível sustentável.

Vários autores, entre eles Barbosa Filho (2013), Barcella e Brambilla (2012), Delicado et al. (2013) e Ledec, Kennan e Aiello (2011), listam impactos ambientais decorrentes da implantação de empreendimentos eólicos.

Entretanto, tem sido evidenciado que a mortalidade de pássaros e morcegos, o impacto visual e efeito estroboscópico do movimento das pás sobre a linha do horizonte, o ruído provocado pelos aerogeradores e o uso da terra, talvez por apresentarem características peculiares desse tipo de geração, tem resultado em conflitos ambientais (COUTINHO, 2012; MEIRELES, 2013; PORTO; FINAMORE; FERREIRA, 2013).

Assim, cada um desses impactos ambientais será estudado como base para articular suas ocorrências com as dimensões do desenvolvimento sustentável.

### 3.2.1 Mortalidade de pássaros e morcegos

A mortalidade de pássaros e morcegos em parques eólicos tem sido relatada e estudada em vários países. Nos últimos anos, o número de estudos associados à mortalidade de pássaros e morcegos tem aumentado, embora alguns autores assinalem que relativamente poucas ocorrências sejam relatadas em parques eólicos (NATIONAL WIND COORDINATING COLLABORATIVE - NWCC, 2013).

Muniz (2010) comenta que as dimensões do impacto dos empreendimentos eólicos sobre os pássaros ainda não foram avaliadas de forma proporcional à quantidade de usinas já existente no mundo. Assim sendo, as baixas taxas de mortalidade não podem ser ignoradas.

O mesmo comentário pode ser feito quanto à mortalidade de morcegos. No Brasil, segundo noticiado pelo Jornal do Commercio - Ciência e Meio Ambiente (2011), a Universidade Federal de Pernambuco iniciou pesquisa para avaliar e quantificar pela primeira vez no Nordeste brasileiro a mortalidade de morcegos no entorno de aerogeradores, contando com recursos da Fundação Boticário.

O biólogo Enrico Bernard, do Departamento de Zoologia da UFPE, em entrevista ao mesmo Jornal, cita que dos mais de 1.200 tipos de morcegos conhecidos no mundo, 172 são encontrados no Brasil e 72 têm registro em Pernambuco e comenta sua preocupação com esse tipo de impacto, especialmente em Pernambuco, onde o licenciamento das turbinas já instaladas não exigiu estudo de impacto ambiental.

Existem relatos de casos de mortalidade de pássaros e morcegos associados às várias partes que compõem a infraestrutura encontrada nos empreendimentos eólicos. Entretanto, as turbinas eólicas (aerogeradores), por serem estruturas verticais com elementos móveis, representam maior risco para

animais voadores que vivem no local da instalação ou passam pelo local em decorrência de migrações.

Um aspecto preocupante está associado à extensão dos efeitos referentes à mortalidade de pássaros e morcegos, pois estes são reconhecidos como importantes agentes dispersores de semente, de polinização e pela contribuição para o controle de insetos, ajudando , assim, a manter o equilíbrio do ecossistema.

Embora não tenha sido ainda possível estabelecer uma conclusão definitiva sobre esse tipo de impacto ambiental, a influência do empreendimento eólico na mortalidade de pássaros e morcegos pode ser classificada em três categorias: efeito de barreira; perturbação nas áreas de nidificação, alimentação e repouso; e mortalidade direta.

A mortalidade de pássaros e morcegos causada pelos empreendimentos eólicos está diretamente associada a fatores como topologia do terreno, direção e força dos ventos no local, desenho arquitetônico das turbinas e a distribuição espacial das turbinas.

Embora o número de ocorrências de mortalidade de pássaros e morcegos varie em função da região e da estação do ano, os tipos de riscos que geralmente afetam os pássaros e morcegos podem ser descritos como:

- a) colisões com as pás ou as torres das turbinas,
- b) modificações introduzidas no habitat em decorrência das instalações das turbinas e serviços de manutenção;
- c) interferência com os movimentos que os pássaros realizam em busca de abrigo, comida, migrações;
- d) redução ou perda de área de habitat natural.

Acreditava-se que a causa primária da mortalidade de pássaros e morcegos estivessem associadas ao impacto com as pás da turbina eólica, entretanto somente os pássaros são vulneráveis a colisões com as pás.

Os morcegos são afetados por penetrarem nas zonas de baixa pressão existentes em decorrência do princípio de funcionamento das pás e assim, sofre um “barotrauma”.

Barotrauma é uma manifestação patológica ligada a variações de pressão e causa uma hemorragia em consequência do rompimento dos pulmões resultante da variação súbita de pressão ao redor das pás das turbinas eólicas.

Quanto à mortalidade de morcegos foram encontrados cinco padrões:

- a) estão fortemente associadas aos morcegos migratórios;
- b) estão associada a estação do ano, no meio do verão ocorre um maior número de colisões;
- c) não se concentram em uma mesma turbina;
- d) luzes vermelhas estroboscópicas de sinalização para aviação não influenciam; e
- e) são mais numerosas com ventos menos rápidos , o que está relacionado com a passagem de frentes frias.

No caso de pássaros e aves, Muniz (2010) reuniu alguns resultados encontrados por pesquisa realizada pelo Instituto de Conservação da Natureza em 2003. Na Tabela 2, resumem-se os resultados dessa pesquisa e indica algumas ações que podem conduzir à preservação da vida de pássaros e aves.

Tabela 2 Aspectos e impactos da presença de aerogeradores sobre as aves.

Aspectos	Posição do aerogerador		Fileiras		Formas das torres		
	Na fileira	Altitude	Comprimento	Densidade	Estrutura	Cabines	Cor das pás
Impactos	A maior parte da mortalidade de aves de rapina ocorre associada aos aerogeradores de fim de linha	Quanto maior a altitude em que são implementados os aerogeradores, maior a mortalidade de aves, principalmente em locais próximos de declives rochosos utilizados como corredores de movimentação de aves	Quanto maiores às fileiras, maior a taxa de mortalidade de aves de rapina	Quanto menor a densidade de aerogeradores, maior a taxa de mortalidade de aves	As torres do tipo reticulado estão associadas a taxas de mortalidade muito superiores que as tubulares	O uso de cabines fechadas contribui para a redução do risco de acidente com aves	Pintar as pás em cores mais visíveis pode aumentar a sua visibilidade reduzindo o número de colisões

Fonte: Muniz (2010)

### 3.2.2 Impacto sobre a Paisagem – Poluição Visual

A aplicação do conceito de Poluição Visual está diretamente associada à paisagem que está sendo observada.

Tradicionalmente, considera-se paisagem a imagem resultante da síntese de todos os elementos presentes em determinado local. Assim, o modo como uma paisagem é percebida irá resultar em um impacto visual que será julgado positivo ou negativo em função da estética.

As características de um empreendimento eólico produzem uma alteração na paisagem e causam efeitos associados ao impacto visual. Exemplos dessas características são: turbinas verticais, pás rotativas, altura das torres, material de que são construídas as torres e pás, número de turbinas, arranjo das turbinas eólicas no terreno, cor dos equipamentos, rotas de acesso, tipo de subestação, mastros para anemômetros e linhas de transmissão.

Pela própria definição, a essência do julgamento da estética, isto é, se o impacto visual será julgado positivo ou negativo, está associada à experiência humana de observação do espaço ao seu redor por meio de múltiplos sentidos.

O Impacto Visual é subjetivo por natureza, não podendo ser diretamente medido e suas interpretações mudam com o tempo e com a localização.

Assim, na falta de suporte tecnológico para definir o nível de impacto visual existe pouca legislação e normas sobre o tema, embora a paisagem percebida e o consequente resultado do julgamento do impacto visual sejam questões críticas nas aplicações que utilizam a energia eólica para geração de eletricidade.

Na avaliação do impacto visual de um empreendimento eólico, a questão essencial não é se as pessoas irão achá-lo belo ou não, com uma boa estética ou não. Em vez disso o foco deve estar em avaliar o grau que a introdução dos equipamentos e instalações pode afetar a paisagem ao seu redor.

Conforme Barcella e Brambilla (2012), a taxa de rejeição do Parque Eólico de Osório em função da alteração na paisagem chega a 20%, fato que não permite generalizar que a população local em geral é favorável ao projeto.

Embora seja impossível prever como cada indivíduo irá se manifestar a cerca do Impacto Visual causado, contudo é possível identificar recursos paisagísticos e características da visão humana de um lugar ou região específica. Isso significa que para avaliar o Impacto Visual é necessário focar no relacionamento entre o arranjo físico proposto para o empreendimento e as características da paisagem local e seu contexto circunvizinho.

Durante a fase de construção, e similarmente na fase de descomissionamento, os impactos sobre a paisagem são negativos e consistem em: alterações da morfologia da paisagem, desordem visual, destruição da flora local; visualização de máquinas de grande porte e emissão de poeira e ruídos.

Na fase de operação, embora os impactos decorram da própria infraestrutura relativa ao tipo de empreendimento, existem algumas características, geralmente incorporadas ao empreendimento durante a etapa de sua concepção, podem contribuir para amenizar o Impacto Visual:

- a) utilizar turbinas eólicas do mesmo tipo ou similares em tamanho em um parque eólico ou em um empreendimento eólico;
- b) aplicar pintura na cor verde, bege ou branca nas turbinas eólicas;
- c) utilizar turbinas de três pás;
- d) um número pequeno de grandes turbinas eólicas é preferível em vez de um grande número de turbinas de pequeno porte;
- e) dividir grandes empreendimentos eólicos em parques menores para serem menos dominantes na paisagem;
- f) manter a regularidade do espaçamento entre as turbinas e a homogeneidade dentro da fileira;

- g) minimizar o uso de luzes, dando preferência a materiais reflexivos; e
- h) projetar subestações e linhas de transmissão de modo a não serem facilmente percebidas.

### **3.2.3 Ruído – Poluição Sonora**

O ruído produzido pelas turbinas eólicas é uma fonte de poluição e tem sido um dos impactos ambientais mais estudados no campo das pesquisas sobre empreendimentos eólicos.

Ao contrário do impacto visual, o ruído pode ser medido, facilmente identificado e seu impacto é limitado a relativamente poucas distâncias da base de uma turbina.

As turbinas eólicas geram ruídos de duas formas diferentes:

- a) interações aerodinâmicas entre as pás e o vento; e
- b) decorrentes do funcionamento de diversas partes mecânicas da turbina.

O estágio de desenvolvimento atual da tecnologia empregada para fabricação de turbinas praticamente conseguiu diminuir o ruído de uma maneira geral. Mesmo assim, o ruído continua a ser um impacto ambiental que é percebido nas vizinhanças dos parques eólicos.

O ruído produzido pelas interações aerodinâmicas entre as pás da turbina e o vento está diretamente associado à velocidade de operação da turbina eólica. A redução de seu impacto pode ser obtida mantendo a velocidade de operação em um valor abaixo de 65 m/s ou utilizando turbinas que possuam pás de passo controlável. Esse tipo de turbina eólica assemelha-se às hélices de passo controlável que são instaladas em modernas embarcações.

O ruído produzido pelas partes mecânicas está associado ao funcionamento de engrenagens, rolamentos e do gerador. Esse ruído é transmitido para a estrutura da turbina e irradiado através do ar a partir da superfície da turbina eólica.

Definido como uma espécie de som capaz de causar danos ao aparelho auditivo humano, a percepção do nível do ruído depende da intensidade, frequência, distribuição de frequência, padrões da fonte de ruído, nível de ruído de fundo, meio entre o emissor e o receptor e natureza do receptor do ruído.

Os danos auditivos ao ser humano e na fauna decorrem da exposição ao ruído. Além de prejudicar diretamente o aparelho auditivo e o cérebro, o ruído pode agir sobre outros órgãos, às vezes, por ação reflexa, perturbando as funções neurovegetativas com implicações no funcionamento do organismo.

Existem pelo menos três categorias em que se podem classificar os efeitos do nível de ruído para as pessoas: efeitos subjetivos - onde se incluem o aborrecimento, perturbação e insatisfação, interferência em atividades tais como falar, dormir e aprender; efeitos fisiológicos - como ansiedade, adaptação ao ruído e perda de audição.

A exposição das pessoas ao nível de ruído provocado em um parque eólico concentra-se especialmente nas duas primeiras classificações, a terceira categoria geralmente fica restrita aos trabalhadores do próprio empreendimento.

Churro et al. (2004) acrescentam que o ruído de origem aerodinâmica pode ser considerado perturbador em determinadas condições, principalmente no período noturno e, em particular, para os moradores das habitações localizadas na vizinhança do empreendimento.

Assim, sendo a intensidade do ruído diretamente associado a velocidade de operação da turbina, que depende da velocidade de rotação do eixo da turbina, do comprimento das pás e da velocidade do vento, o esforço para obtenção de um nível de ruído mais baixo deve incluir:

- a) o uso de turbinas com pás de pequeno comprimento, quando é preciso que a instalação seja realizada em área cuja intensidade do nível de ruído seja crítica;
- b) ajustar a velocidade do rotor da turbina para a mais baixa possível; e
- c) utilizar turbinas com acoplamento direto, isto é, que não utilizem caixa de engrenagens.

Um aspecto a ser observado na avaliação do impacto sonoro de um parque eólico é que a análise comparativa das medições de ruído pré-existent no local e das medições de ruído gerado pela exploração do parque eólico precisam estar referenciadas a uma mesma velocidade do vento a fim de não tornar inviável a comparação ou induzir a avaliações incorretas.

Quanto ao impacto sonoro gerado na fase de construção e de descomissionamento do empreendimento, os níveis de ruído mais elevados que são produzidos durante essa fase, correspondem às obras de movimentação de terras e de infraestruturação que no seu conjunto poderão determinar a produção de níveis sonoros elevados, da ordem de 80 dB(A), em termos de nível sonoro contínuo equivalente, a cerca de 30 m do local da obra. Essas ações são realizadas logo no início estando, por isso, circunscritas a um período de tempo reduzido.

### **3.2.4 Ocupação do Solo**

A decisão do como o solo será utilizado é um dos pontos críticos para as avaliações socioambientais, por muitas vezes, existirem associadas às razões de interesse público.

É preciso decidir se a instalação do empreendimento eólico é compatível com as aplicações em uso existentes nas circunvizinhanças e se não irá interferir com o planejamento futuro para o local e para a região. Nessa decisão existe

sempre o risco de, com a implementação do parque eólico, ocorrer uma modificação que irá afetar negativamente toda a região, desfazendo as comunidades já existentes.

Desse modo, a troca de informações e esclarecimentos entre os envolvidos no projeto do empreendimento desde a fase de concepção é um fator chave para o sucesso, mas para que ocorra deve envolver não somente os órgãos regulamentadores e sim incluir a população local e associações não-governamentais.

A avaliação da compatibilidade da instalação do empreendimento com outros usos previamente existentes podem possibilitar uma redução dos impactos sobre a ocupação do solo.

Especial atenção deve ser dada às áreas de proteção ambiental, reservas e locais específicos que embora atendam à viabilidade técnica impactam o aspecto socioambiental de forma profunda e permanente.

Porto, Finamore e Ferreira (2013) mencionam fato noticiado pela Comissão Pastoral da Terra Regional Bahia que produz um exemplo que serve para ressaltar a complexidade inerente à decisão do uso da terra.

Referenciando os empreendimentos eólicos em Caetité, menciona que esses impactam diretamente comunidades quilombolas, desrespeitando o modo tradicional de vida destas comunidades. Os quilombolas são pressionados a assinar como confrontantes da empresa, moradores e lideranças são assediados com protocolo de intenção, o que causa a divisão no interior das comunidades.

Outro aspecto a ser explorado é a integração entre os empreendimentos eólicos e o ecoturismo. Muitas áreas turísticas são reconhecidas e procuradas pelas suas belezas naturais e por possuírem regiões calmas. Assim, a instalação de um parque eólico no entorno pode reduzir a atratividade do cenário natural e, como consequência, trazer perdas sociais e econômicas para a região.

Simas (2012) cita a instalação de parques eólicos em regiões de dunas que serviam como atrativo turístico para a região do Nordeste, podendo resultar em impactos negativos para a economia das comunidades afetadas.

Durante a fase de construção, por ser necessário ocupar uma área muito maior do que a que será efetivamente utilizada pelo empreendimento eólico após a instalação de todas as turbinas, os impactos ambientais gerados são maiores.

Dois impactos se destacam na fase de construção do empreendimento eólico.

O primeiro está associado à exposição do solo em decorrência de obras como terraplanagem, compactação do solo, instalação de turbinas e o desmatamento, sendo que o desmatamento também pode ocorrer por falta de drenagem adequada no local das instalações.

O segundo é aquele resultante dos eventuais derramamentos de óleos e combustíveis utilizados nas máquinas e veículos que, embora pontuais, podem influenciar negativamente o uso do solo.

Também tem sido identificado durante a fase de construção um impacto positivo na dimensão socioeconômica para a comunidade local em razão da criação de empregos.

Entretanto, na maioria das vezes, esses empregos são temporários, existindo somente no período da construção, e a mão de obra utilizada não é devidamente requalificada para nova inserção no mercado de trabalho (SIMAS; PACCA, 2013).

Categoria	Quantidade de postos de trabalho	Localização	Natureza temporal	Nível de especialização
Projeto e Desenvolvimento	Médio	De não local para local	Estável	Muito alta
Instalação e descomissionamento	Alto	De local para não local	Temporário	Alta
Operação e Manutenção	Baixo	Local	Estável	Média

Quadro 6 Geração de postos de trabalho e suas características

Fonte: Elaborada pelo Autor a partir de Simas e Pacca (2013)

Não é esperada a ocorrência de relevantes impactos quanto ao uso do solo na fase de operação, pois os caminhos e vias de acessos utilizados, as instalações das turbinas e a infraestrutura foram completadas na fase de construção. Entretanto, na fase de descomissionamento é preciso recuperar as áreas afetadas de modo a adquirirem suas potencialidades anteriores.

Outro problema, embora seja menos urgente no Brasil em decorrência das instalações da maioria dos parques eólicos serem relativamente recentes, Cristino (2012) alerta para o descarte das pás das turbinas eólicas, após o término do ciclo de vida útil destas. Acrescenta também que, segundo informado pelo Wind Power Monthly, até 2020 a Europa descartará cerca de 50.000 toneladas de pás para manter seus aerogeradores em operação.

Os impactos associados ao uso do solo podem ser reduzidos se forem observadas as seguintes regras:

- a) a oposição à instalação do empreendimento é mais forte na fase de planejamento;
- b) um número significativo de pessoas acredita que a instalação de um empreendimento eólico na vizinhança de suas áreas irá reduzir o valor das áreas;
- c) a aceitação de um empreendimento eólico pela comunidade local aumenta com o tempo;
- d) Em termos gerais, não há nenhuma evidência que sugira um impacto negativo sério sobre o turismo da região.

#### **4 MATERIAL E MÉTODOS**

Este estudo trata-se de uma revisão de literatura, baseada em analisar criticamente artigos sobre impactos ambientais causados pelos empreendimentos eólicos.

Neste trabalho , seguiram-se os preceitos do estudo exploratório, por meio de uma pesquisa bibliográfica, que, segundo Gil (2008), “é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos” e, em seguida, procedeu-se à análise dos dados coletados.

Na primeira etapa, foi realizada coleta de informações em livros e artigos científicos. Complementarmente foram pesquisadas notícias relevantes associadas a impactos ambientais decorrentes de empreendimento eólicos.

A segunda etapa consistiu na categorização dos estudos encontrados, e pré-selecionados, por meio dos títulos e da leitura dos resumos, utilizando como base uma análise de revisão de literatura, a fim de fundamentar teoricamente o tema e o problema de pesquisa. Por meio da análise da literatura publicada, foi traçado um quadro teórico, onde foi feita a estruturação conceitual que deu sustentação ao desenvolvimento da pesquisa.

## 5 CONCLUSÃO

Como salientam Abreu e Pinedo (2010), o homem não utiliza recursos naturais de maneira isolada, sua ação ocorre de maneira mais abrangente pois está associada ao uso de ecossistemas. Sendo assim, existe um processo coevolucionário onde o ecossistema se vê obrigado a adaptar-se diante das alterações introduzidas pelo homem em nome do desenvolvimento de seu processo socioeconômico e, como consequência, essas mudanças adaptativas do sistema biológico existente no ecossistema retornam ao sistema socioeconômico provocando novas mudanças ao meio ambiente.

Esse processo cíclico precisa ser considerado nas avaliações socioambientais de empreendimentos eólicos, a fim de não subestimar as consequências das alterações ambientais realizadas.

A própria evolução das práticas de sustentabilidade levou a incorporação de cinco dimensões fundamentais ao conceito do que significa um desenvolvimento sustentável, quais sejam: econômica, social, ambiental, político-cultural e geográfico-espacial.

A utilização de energia eólica para o suprimento de energia elétrica gera efeitos negativos ao meio socioambiental em decorrência de vários aspectos que surgem da interação entre as instalações para aproveitamento eólico e os fatores bióticos e abióticos existentes na área de instalação dos empreendimentos eólicos.

Desse modo, o reconhecimento de fatores potencialmente envolvidos nessa interação é importante para subsidiar as avaliações de impactos socioambientais nesse tipo de empreendimento e possibilitar que, assim como aqueles empreendimentos que utilizam outras fontes energéticas, estes também sejam acompanhados de um adequado estudo para proporcionar o desenvolvimento sustentável e mitigar os riscos socioambientais associados.

Tendo em vista que o nível de repercussão dos impactos socioambientais geralmente identificados nos empreendimentos eólicos é extremamente menor do que o dos associados a outras fontes de energia, é possível que a avaliação dos impactos socioambientais esteja sendo subestimada. Algumas vezes a identificação inadequada da causa ou do efeito relativo ao impacto socioambiental decorre do desconhecimento de quais são as influências resultantes nas dimensões do desenvolvimento sustentável

Esses impactos socioambientais afetam negativamente a implementação das ações para o desenvolvimento sustentável, entretanto a mitigação destes é cada vez mais difícil e complexa. Assim, cresce cada vez mais a importância de conscientizar os envolvidos nos projetos eólicos e ampliar a base de conhecimento técnico e científico como ações determinantes ao crescimento sustentável .

Dessa forma, torna-se fundamental o desenvolvimento de uma política de pesquisa e a criação de um canal de comunicação com a sociedade, a fim de possibilitar um entendimento sobre os riscos para o sistema socioambiental decorrentes de empreendimentos eólicos.

Por fim, dadas as limitações de dados para subsidiar as avaliações de impactos ambientais decorrentes de empreendimentos eólicos, sugere-se que sejam desenvolvidas pesquisas e estudo com métodos adequados para os impactos abordados teoricamente neste trabalho como, por exemplo, pesquisas de campo com as comunidades locais após a instalação dos empreendimentos eólicos e o acompanhamento das alterações nos tipos e nas espécies existentes nos locais explorados para geração de energia elétrica por fonte eólica.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Y. V. de; PINEDO, K. S. **Desenvolvimento, crescimento econômico e sustentabilidade**: em energia, sociedade e meio ambiente. Disponível em: <<http://www.eumed.net/libros/2010c/723/index.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

ALDABÓ, R. **Energia eólica**. São Paulo: Artliber, 2002. 366 p.

AMARANTE, O. A. C. et al. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília: MME, 2001. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/index.php?task=livro&cid=1>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

BARBOSA FILHO, W. P. **Impactos ambientais em usinas eólicas**. Belo Horizonte: AGRENERGD, 2013. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2013/ag-267.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

BARCELLA, M. dos S.; BRAMBILLA, F. R. Energia eólica e os impactos socioambientais: estudo de caso em parque eólico do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 6, n. 2, p. 5-18, 2012.

BISPO NETO, P. A. **Energia eólica**. Lavras: UFLA-FAEPE, 2005. Disponível em: <[http://openufla.cead.ufla.br/fae/arquivos/carta\\_fae\\_206.pdf](http://openufla.cead.ufla.br/fae/arquivos/carta_fae_206.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional 2012**. Brasília, 2012. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados\\_Pre\\_BEN\\_2012.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2012.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional 2013**. Brasília, 2013a. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional 2013**: relatório síntese. Brasília, 2013b. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioSintese2013.aspx/>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano decenal de expansão de energia - PDE 2021**. Brasília, 2013c. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2012/Relatxrio\\_PDE2021\\_ConsultaPxblica.pdf/](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2012/Relatxrio_PDE2021_ConsultaPxblica.pdf/)>. Acesso em: 10 dez.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano decenal de expansão de energia - PDE 2022: informe à imprensa**. Brasília, 2013d. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20131029\\_1.pdf/](http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20131029_1.pdf/)>. Acesso em: 10 dez.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano nacional de energia 2011-2021**. Brasília, 2013e. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2012/Relatxrio\\_PDE2021\\_ConsultaPxblica.pdf/](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2012/Relatxrio_PDE2021_ConsultaPxblica.pdf/)>. Acesso em: 10 dez.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica**. 3. ed. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas/>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração - BIG**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Energia eólica**. Brasília, 2003. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-nergia\\_Eolica\(3\).pdf/](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-nergia_Eolica(3).pdf/)>. Acesso em: 2 ago. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Pesquisa sobre licenciamento ambiental de parques eólicos**. Brasília, 2011. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/164/\\_publicacao/164\\_publicacao26022010101115.pdf/](http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao26022010101115.pdf/)>. Acesso em: 10 nov. 2013.

BROWN, L. R. **Eco-economia: construindo uma economia para a terra**. Salvador: UMA, 2003. 368 p.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO SALVO BRITTO. **Energia eólica princípios e tecnologias**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

CHURRO, D. et al. **Parques eólicos: estudo dos impactes no ambiente sonoro I: influência no ruído local**. Lisboa, 2004. Disponível em: <<http://hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/CienciasdoAmbiente/Semestre20101/Parqueeolicosinfluenciaderuidos-Civil.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 279, de 27 de junho de 2001. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 125-E, p. 165-166, 29 jun. 2001. Seção 1.

COUTINHO, J. R. V. **Aspectos analíticos no estudo de impactos gerados por ruídos e estruturas de aerogeradores**. 2012. 68 p. Monografia (Graduação em Física) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2012.

CRISTINO, L. G. Vem aí a sucata eólica. **Revista UNESP Ciência**, São Paulo, ano 3, n. 29, p. 42-43, abr. 2012.

DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION. **The Wind energy pioneers: the gedser wind turbine**. Disponível em: <<http://ele.aut.ac.ir/~wind/en/pictures/juul.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

DELICADO, A. et al. Ambiente, paisagem, patrimônio e economia: os conflitos em torno de parques eólicos em Portugal. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Coimbra, n. 100, 2013. Disponível em: <<http://rccs.revues.org/5198>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

ELETROBRÁS. **Relatório ambiental simplificado: parque eólico Coxilha Negra**. Brasília: IBAMA, 2012. Disponível em: <[http://licenciamento.ibama.gov.br/Parque%20Eolico/Parque%20Eolico%20Coxilha%20Negra/RAS\\_EOL\\_Coxilha%20Negra.pdf](http://licenciamento.ibama.gov.br/Parque%20Eolico/Parque%20Eolico%20Coxilha%20Negra/RAS_EOL_Coxilha%20Negra.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Informe à imprensa PDE2022**. Rio de Janeiro, 2013. 3 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota técnica 140/2008-r0: estudos socioambientais: critérios e procedimentos para análise socioambiental do sistema elétrico: PDE 2008/2017**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/MeioAmbiente/Documents/NT%20-143%20Estudos%20socioambientais%20do%20PDE%202008-2017.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 173 p.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global wind report 2012**. Brussels, 2013. Disponível em: <[http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2013/02/GWEC-PRstats-2012\\_english.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2013/02/GWEC-PRstats-2012_english.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2013.

GOLDEMBERG, J. **Energia e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Blucher, 2010. 94 p. (Série Sustentabilidade, 4).

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

GRUBB, M. J.; MEYER, N. I. Wind energy: resources, systems and regional strategies. In: JOHANSSON, T. B. et al. (Ed.). **Renewable energy: sources for fuels and electricity**. Washington: Island, 1993. p. 149-165.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Pioneiras Thompson Learling, 2003. Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/alexandrorocha/energias-renovaveis/energia-e-meio-ambiente/material-de-aula/unidade-3-calor-e-trabalho>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **2013 key world energy statistic**. Paris, 2013a. Disponível em: <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World energy outlook 2013**. Paris, 2013b. Disponível em: <<http://www.worldenergyoutlook.org/>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

JORNAL DO COMMERCCIO - CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE. **UFPE vai analisar óbitos de morcegos**. Disponível em: <[http://www.ufpe.br/agencia/index.php?option=com\\_content&view=article&id=40656:pesquisa--ufpe-vai-analisar-obitos-de-morcegos&catid=9&Itemid=73](http://www.ufpe.br/agencia/index.php?option=com_content&view=article&id=40656:pesquisa--ufpe-vai-analisar-obitos-de-morcegos&catid=9&Itemid=73)>. Acesso em: 24 jun. 2011.

KROHN, S. **Danish wind turbines: an industrial success story**. Frederiksberg: Danish Wind Industry Association, 2001. Disponível em: <<http://www.windpower.org/en/articles/success.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

LAND POLICY INSTITUTE. **Perceptions of the impact of wind energy generation in coastal communities**. Michigan, 2011. Disponível em: <<http://www.miseagrant.umich.edu/downloads/research/projects/wind/Impact-Perceptions.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

LAPLONCHE, B. Qual energia que queremos? **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 74, n. 26, p. 261-268, 2012.

LEDEC, G. C.; RAPP, K. W.; AIELLO, R. G. **Greening the wind: environmental and social considerations for wind power development**. Washington: World Bank, 2011. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2388>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 1304-1-1304-13, 2008.

MEIRELES, A. J. de A. **Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais**. Disponível em: <<http://confins.revues.org/docannexe/image/6970>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

MUNIZ, C. A. **Aspectos de parâmetros ambientais no contexto do licenciamento de parques eólicos**. 2010. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistema de Gestão do Meio Ambiente) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2010.

NATIONAL WIND COORDINATING COLLABORATIVE. **Wind turbine interactions with birds, bats, and their habitats: a summary of research results and priority questions**. Disponível em: <<http://nationalwind.org/research/publications/birds-and-bats-fact-sheet/>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

OLIVEIRA, A. de. Planejamento elétrico: uma agenda amigável com a natureza. In: \_\_\_\_\_. **Energia eólica**. São Paulo: SENAC, 2012.

OSÓRIO. **Parque eólico de Osório**. Disponível em: <<http://osorios.wordpress.com>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

PEDUZZI, P. **Brasil é destaque em catálogo da Agência Internacional de Energia**. Disponível em:

<<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-12-11/brasil>>. Acesso em: 11 dez. 2013.

PEREIRA, O. S. Energia eólica: segunda fonte de energia elétrica do Brasil. In: \_\_\_\_\_. **Energia eólica**. São Paulo: SENAC, 2012.

PORTO, M. F. de S.; FINAMORE, R.; FERREIRA, H. Injustiças da sustentabilidade: conflitos ambientais relacionados à produção de energia “limpa” no Brasil. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Coimbra, n. 100, 2013. Disponível em: <<http://rccs.revues.org/5217>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

RENOVA ENERGIA. **Complexo eólico Alto Sertão I**. Disponível em: <<http://www.renovaenergia.com.br>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

SIMAS, M. S. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil:**

estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada. 2012. 220 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em:

<<file:///C:/Users/M%C3%A1rcio/Downloads/MoanaSimasoriginal.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

TESSMER, H. **Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem**. Disponível em:

<<http://www.liberato.com.br/upload/arquivos/0131010716090416.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2013.

TOLMASQUIM, M. T. (Coord.). **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 515 p.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 74, n. 26, 2012. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142012000100017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100017)>. Acesso em: 10 dez. 2013.

WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION. **World wind energy report 2012**.

Disponível em: <<http://www.wwindea.org/home/index.php>>. Acesso em: 10 dez. 2013.