



## **ANÁLISE DA ENERGIA EÓLICA NO CENÁRIO ELÉTRICO: ASPECTOS GERAIS E INDICADORES DE VIABILIDADE ECONOMICA**

**Luiz Eduardo Bueno Gomes <sup>1</sup>**

**Jairo Afonso Henkes <sup>2</sup>**

### **RESUMO**

A energia eólica é uma das mais importantes fontes de energia renovável na atualidade. Diversos países, inclusive o Brasil, estão aumentando os investimentos na sua geração. No entanto, é necessário ampliar a participação da sociedade nas discussões, tornando-a mais informada e apta a participar das decisões. Este estudo de caso apresenta uma análise do cenário da energia eólica através de um levantamento de suas questões principais, buscando informações importantes para as tomadas de decisão. Também é dada uma atenção especial a análise da viabilidade de projetos eólicos no município de Tibagi, localizado no estado do Paraná. Através dos levantamentos, foram realizadas comparações entre a energia eólica e outras fontes de energia, observando seus aspectos positivos e negativos, relacionando indicadores como custos, estudos ambientais, levantamento do potencial eólico, entre outros. Por fim, as informações reunidas foram agrupadas e resumidas de modo a obter uma visão geral das etapas necessárias, ressaltando observações direcionadas ao investidor e aos demais interessados no tema. Este estudo de caso contribuirá com a multiplicação do conhecimento referente à energia eólica e suas questões fundamentais, compartilhando informações úteis para toda a sociedade, auxiliando futuros investidores e interessados no seu conhecimento geral.

**Palavras-chave:** Energia eólica. Sustentabilidade ambiental. Projetos. Viabilidade.

- <sup>1</sup> Acadêmico do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental – Unisul Virtual. E-mail: luiz.gomes@unisul.br
- <sup>2</sup> Professor do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental e do Programa de Pós Graduação em Gestão Ambiental da Unisul. Mestre em Agroecossistemas. Especialista em Administração Rural. E-mail: jairo.henkes@unisul.br

## **1 INTRODUÇÃO**

Com o crescimento da população mundial e a conseqüente elevação no consumo de bens e serviços, surgiu nas últimas décadas uma crescente preocupação em conseguir atender a demanda atual, sem comprometer as futuras gerações. Através desta consciência, a busca por soluções práticas e sustentáveis obtém força, ano após ano. No cenário energético global, a energia eólica é uma das grandes promessas para o futuro devido sua qualidade ambiental e sua abundância em diversas partes do mundo. A energia produzida pelo vento pode trazer inúmeros benefícios para a sociedade, pois auxilia nos processos de produção sustentável e contribui para o progresso energético do país. Conhecer melhor as características referentes a projetos eólicos e suas respectivas particularidades é uma necessidade para a sociedade que deslumbra o desejo de uma economia nacional forte e sustentável, pensando também na qualidade de vida para as futuras gerações.

A pesquisa consistiu em reunir informações úteis para o conhecimento geral no que se referem à energia eólica, suas perspectivas e particularidades, bem como discutir os fatores que transformam este tipo de tecnologia numa das mais promissoras fontes de energia renovável do mundo.

Além da análise geral, também foi explorada a questão da viabilidade de projetos eólicos no município de Tibagi, com o objetivo de elaborar um roteiro que norteie as questões que compõe a análise de viabilidade. Através desses estudos, será possível fornecer a futuros investidores da região uma observação prática e organizada, agregando conhecimentos para a tomada de decisão. Efetuou-se uma relação destacando os principais pontos positivos e negativos, na intenção de aprofundar possíveis debates. O fator principal na atividade é reconhecer a viabilidade dos projetos eólicos, através da relação entre as dificuldades, os benefícios e as questões laterais, como tempo de vida do projeto, os investimentos necessários, informações técnicas e também os retornos financeiros.

## **2 TEMA**

Ao observarmos o modo de vida da sociedade nos dias de hoje, percebemos que é impossível à realização de todas essas atividades comuns sem a presença da energia elétrica. A energia elétrica é um fator essencial para a geração de trabalho, entretenimento, bem-estar, saúde, entre outros. A problemática está justa-

mente nas formas de obtenção dessa energia, visto que determinadas técnicas podem potencializar altas produções, mas também podem trazer riscos para a sociedade. No Brasil, a matriz energética é composta por vários segmentos de produção, onde, para a obtenção de energia elétrica, destacam-se as usinas hidrelétricas. As usinas hidrelétricas têm papel importante para a obtenção de energia, porém geram impactos significativos, visto sua ampla alteração na paisagem local, modificando a fauna, flora, hidrovias e populações que residem próximas à área alterada. Diante desses fatos, outras opções se fazem perceptíveis e de grande interesse, visto que o consumo de energia elétrica cresce a cada ano. Uma dessas opções é a energia eólica.

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão de energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas de aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cata-ventos (e moinhos) para trabalhos mecânicos como bombeamento de água. (ANEEL, 2003, p. 1)

A energia eólica é considerada hoje uma das grandes esperanças tecnológicas, contando com expectativas de diversos países como um dos meios de reduzir os impactos ambientais na geração de energia elétrica, pois é totalmente limpa e abundante, visto que os ventos apresentam-se como um recurso inesgotável, entretanto, alguns locais não possuem condições favoráveis para a implantação de aerogeradores, devido a fatores como altitude, relevo, vegetação, entre outros.

Essa busca por soluções através dos recursos renováveis é crescente, mas se iniciou sobre tudo quando se notou que são necessários investimentos em tecnologias que supram as necessidades de hoje, sem prejudicar as futuras gerações. Outro ponto importante é valorizar os recursos renováveis, de maneira que se construa uma nova visão quanto às necessidades de consumo e também uma estrutura de controle que assegure a qualidade no acesso a energia, pois a existência de grandes perdas de energia na distribuição mostra que muito ainda pode ser feito até que alcancemos a eficácia no setor elétrico. Ainda se perde muito do que se produz e ainda produz-se pouco para o que se consumirá em alguns anos.

A utilização dessa fonte para geração de eletricidade, em escala comercial, começou na década de 1970, quando se acentuou a crise internacional do petróleo. Os EUA e alguns países da Europa se interessaram pelo desen-

volvimento de fontes alternativas para a produção de energia elétrica, buscando diminuir a dependência do petróleo e carvão. (Ministério do Meio Ambiente, 2013, art. Energia Eólica)

Desvendar sobre o potencial eólico no município de Tibagi - PR, bem como conhecer os obstáculos, desafios e benefícios envolvidos na iniciativa constitui o tema geral desta pesquisa. O tema específico é demonstrar os mecanismos úteis e necessários para a obtenção de informações que viabilizam a tomada de decisão, proporcionando maior conhecimento e suporte para análises e conclusões frente aos caminhos para a implantação de aerogeradores.

O cenário de crescimento econômico no Brasil e a problemática ambiental são questões debatidas a todo instante onde, fica explícito que o desenvolvimento sustentável, priorizando novas tecnologias e sistemas mais eficazes nos meios de produção e transporte, é a chave para proporcionar qualidade de vida para a sociedade de hoje e também para as futuras gerações. De acordo com a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2003, p. 1) “Estima-se que em 2020 o mundo terá 12% de energia gerada pelo vento, com uma capacidade instalada de mais de 1.200 GW.” Tendo em vista as vantagens que a energia eólica pode proporcionar em termos de desenvolvimento sustentável, é de extrema importância que existam ações que aproximem o conhecimento tecnológico com um número maior de beneficiários (diretos e indiretos) desse tipo de energia.

Dentro do contexto apresentado, este trabalho tem como princípio responder à seguinte questão: “Como obter um relatório de análise que oriente os futuros interessados na energia eólica (empresas, fazendeiros locatários, entre outros), onde se tenha informações quanto à viabilidade no que se refere à implantação de futuros empreendimentos, voltados a geração dessa energia”?

Com a conclusão deste estudo, acredita-se que será possível obter a compreensão quanto à viabilidade de projetos futuros para a área de energia eólica no município de Tibagi, fornecendo dados de suporte que sirvam como referência para outros estudos. Também poderemos associar outros trabalhos, através de exemplos existentes, de projetos desse setor em andamento nas proximidades da região.

Do ponto de vista pessoal, é um estudo que envolve muita dedicação, sendo sobre tudo um desafio que exigirá vontade, curiosidade, paciência e foco, proporcionando um grande aprendizado. Fazê-lo significa adotar uma postura de

pesquisador, de um interessado a ajudar a melhorar o mundo através do conhecimento e da participação na busca por soluções mais práticas e eficazes, que melhorem a vida das pessoas.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Este trabalho tem como objeto realizar um estudo de caso que apresente uma visão técnica no que se refere à constatação de potencial para geração de energia eólica, dando destaque à questão do município de Tibagi – PR, proporcionando maior conhecimento referente à viabilidade dos empreendimentos, bem como seus aspectos positivos e negativos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Localizar e identificar as propriedades que possuem sistema de monitoramento dos ventos. Através desta busca, será possível reconhecer locais que possuem maior ocorrência, tornando possível uma análise de comparação com outras regiões em que já existem aerogeradores.

- Identificar as variáveis ambientais, econômicas e sociais que envolvem os projetos básicos na geração de energia eólica.

- Identificar os custos, o tempo necessário para a realização de estudos, bem como as regiões do município que possuem capacidade, através da análise de dados pré-existentes e também de novas coletas.

- Conhecer os aspectos positivos e negativos que norteiam o desenvolvimento da energia eólica, a fim de reconhecer os benefícios, desafios e exigências na sua composição, visando dar suporte para futuras iniciativas no ramo, qualificando de maneira geral sua importância e também seu interesse comercial.

## **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **4.1 CAMPO DE ESTUDO**

A caracterização do estudo deste trabalho será uma pesquisa na forma de um estudo de caso explicativo. Rauen (2002) define Estudo de Caso como um estudo profundo de um ou de poucos objetos, que busca retratar a realidade de forma completa e profunda, de modo a permitir o seu amplo e detalhado conhecimento.

O universo desta pesquisa compreende o município de Tibagi, que está situado na região central do estado do Paraná, região sul do Brasil. Tibagi é um município de grande extensão territorial, tendo cerca de 3.108.746 km<sup>2</sup> de área, situando numa altitude de 748 m do nível do mar.

A escolha da amostra nesta pesquisa será não-probabilística intencional, visto que será usado o julgamento do pesquisador, escolhendo os membros da população que são adequados como fontes de informação com precisão. Na amostra, serão entrevistadas quatro pessoas proprietárias de terras em locais que possuem monitoramento dos ventos, além de um representante da secretária de meio ambiente e também um engenheiro do ramo de energia, a fim de localizar os pontos chave para um estudo mais aprofundado quanto às implantações.

### **4.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS**

Os instrumentos de coleta de dados adotados neste trabalho são descritos no quadro a seguir.

| <b>Instrumento de coleta de dados</b>       | <b>Universo pesquisado</b>   | <b>Finalidade do Instrumento</b>   |
|---|--|--|
| <b>Entrevista</b>                           | 1 Funcionário da secretaria de Meio Ambiente, 1 engenheiro do ramo de energia, 4 proprietários de terra.         | Coletar informações necessárias<br>Sobre os interesses da iniciativa privada e a necessidade quanto à demanda de energia pela sociedade. |
| <b>Observação Direta ou do participante</b> | Visitar locais de monitoramento dos ventos e acompanhar o trabalho de empresas envolvidas.                       | Compreender como estão as análises no monitoramento, bem como o mercado de energia.  |
| <b>Documentos</b>                           | Documentos referentes à legislação ambiental, artigos e estudos de cunho científico, econômico e socioambiental. | Obter informações que contemplem informações quanto à viabilidade na proporção de empreendimentos.                                       |
| <b>Dados Arquivados</b>                     | Relatórios e planilhas com respectivos custos, além de artigos científicos relacionados.                         | Maior conhecimento quanto às áreas técnicas e financeiras, equiparando dados para se obter custos e avaliações estratégicas.             |

Quadro 1- Instrumento de coleta de dados  
Fonte: CAVALCANTI e MOREIRA (2008)

## **5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DA REALIDADE OBSERVADA**

A utilização da energia eólica é conhecida desde a antiguidade, tendo origem na utilização de cata-ventos para a moagem de grãos e bombeamento de água, ou até mesmo na irrigação, logo nos primórdios das grandes civilizações. Com o passar dos anos, houve grande aprimoramento através de projetos cada vez mais sofisticados, pensados para diversas necessidades e beneficiando um maior número de pessoas. O desenvolvimento tecnológico que ocorreu através da ascensão dos

mecanismos de produção que surgiram durante a revolução industrial foi muito intenso, proporcionando maiores estudos no campo da tecnologia, porém sem levar em consideração a importância da sustentabilidade e da ecologia para a preservação da vida (ESTOCOLMO, 1972).

O compromisso com o desenvolvimento de programas que priorizam o desenvolvimento sustentável, bem como dar maior atenção as fontes renováveis de energia é um dos grandes desafios da sociedade. Esse compromisso é cada vez mais cobrado pela própria população, esta que se torna mais dinâmica e bem informada em relação a assuntos de interesse social, econômico e ambiental. A era da informação trouxe mais engajamento em relação à questões de problemática global, pois as pessoas de um modo geral tiveram mais acesso sobre o funcionamento e também sobre os aspectos negativos e positivos que norteiam a cultura de consumo.

Relacionando o interesse na energia eólica, temos o município de Tibagi, localizado na região central do estado do Paraná. Tibagi é um município de grande extensão territorial, contando com uma área de 3.108,746 Km<sup>2</sup>, tendo altitude de 748m. Possui economia predominantemente agrícola, com grandes propriedades de terra, tendo em sua maioria lavouras de soja, trigo, milho e feijão, contando também com a criação de gado de corte e gado de leite (Prefeitura Municipal de Tibagi, 2013). Conforme relata Guilherme Frederico de Geus Filho (Engenheiro Agrônomo e agricultor na região do Guartelá, Tibagi) “a energia eólica tem boa recepção por parte dos agricultores, visto que na sua produção não se prevê desapropriações nem riscos para as outras atividades econômicas existentes nas propriedades, culminando num primeiro passo para uma boa relação.” Outro fator que contribui para o interesse na energia dos ventos é o seu preço, que é competitivo em relação a outras energias renováveis, ficando apenas atrás das hidrelétricas (ANEEL, 2013).

Para atender as necessidades e interesses em torno da energia eólica foi criada a Carta dos Ventos, documento assinado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e também pelo Ministério de Meio Ambiente (MMA), responsável por “Definir, em conjunto com os estados, diretrizes para aperfeiçoar o processo de licenciamento ambiental em usinas eólicas” (MMA, 2010). É uma ferramenta constantemente atualizada que visa dar suporte para o uso inteligente do potencial eólico no país.

A questão energética é um dos braços do desenvolvimento de uma nação, portanto está diretamente ligada aos conceitos de economia sustentável e tam-

bém em interesses sociais. A energia eólica está entre as oportunidades de maior interesse e é apontada como uma das futuras principais fontes de energia em economias emergentes, como nos exemplos do Brasil e da China. De acordo com o presidente da Empresa de Pesquisa (EPE), Maurício Tolmasquim, “o Brasil provavelmente recuará em seus planos de novas usinas nucleares devido a preocupações com segurança após o vazamento de 2011 no Japão, e promoverá por outro lado uma revolução na energia eólica.” Logo é perceptível a diminuição da credibilidade dos meios convencionais, até então muito utilizados pelos países ricos, como as usinas nucleares. Existem muitos projetos de incentivo a energia eólica, o que possibilita uma maior aproximação entre a atuação do Estado e as empresas interessadas no segmento, sendo um importante passo para a expansão desta tecnologia. Em março deste ano houve o anúncio de uma lista com 50 localidades escolhidas para fazer parte do programa Energias Renováveis Alternativas, grupo do qual o município de Tibagi faz parte (AMBIENTE BRASIL, 2013). Esse é apenas um exemplo dos muitos casos de abertura a discussões e estudos técnicos que influenciam nas decisões finais.

Ao analisarmos a realidade atual, podemos verificar que o amplo potencial eólico existente no Brasil é pouquíssimo explorado, e, embora o interesse tenha aumentado significativamente, existem entraves que dificultam novos empreendimentos. Outro fator contribuinte é a complexidade e o tempo para a realização de estudos, além da mensuração dos custos necessários.

A avaliação técnica do potencial eólico exige um conhecimento detalhado do comportamento dos ventos. Os dados relativos a esse comportamento - que auxiliam na determinação do potencial eólico de uma região - são relativos à intensidade da velocidade e à direção do vento. Para obter esses dados, é necessário também analisar os fatores que influenciam o regime dos ventos na localidade do empreendimento. Entre eles pode-se citar o relevo, a rugosidade do solo e outros obstáculos distribuídos ao longo da região (ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - 2003).

A implantação de uma usina eólica não está isenta de impactos ambientais, por menores que possam parecer em relação a outras fontes. Podemos exemplificar alguns desses impactos, como a degradação da área afetada e a alteração do nível hidrostático do lençol freático. Como principais impactos negativos sobre o meio socioeconômico temos a interferência eletromagnética, o efeito estroboscópico, as interferências locais, emissão de ruídos, o impacto visual e a corona visual ou

ofuscamento. Entende-se que é necessário que se pense em toda a estrutura que envolve a implantação de um parque eólico, pois a deficiência em processar informações importantes pode aniquilar todas as chances de sucesso da produção. Um exemplo é a insuficiência nas linhas de transmissão, conforme explica Ricardo Baite-lo, Coordenador da Campanha Clima e Energia, do Greenpeace Brasil (2013):

[...] O problema das linhas de acesso é um enorme entrave. O prazo de três anos para um empreendimento (estipulado em muitos leilões) acaba sendo curto, já que com todos os trâmites, o tempo real de construção acaba sendo menor que três anos [...]

Além dos entraves nas linhas de transmissão e dos impactos ambientais, existem diversos outros obstáculos que impedem uma melhor visualização do cenário energético, bem como suas possibilidades e oportunidades. Estes obstáculos destacam-se: A falta de planejamento em longo prazo; baixo investimento em pesquisas e desenvolvimento tecnológico e a atenção do governo brasileiro voltada para as termelétricas (BARBA, 2013).

Verifica-se que para posicionar a região onde o município de Tibagi está inserido, em uma relação de interesse na geração de energia eólica, são necessários compreender as condicionantes para determinar a viabilidade. Essas condicionantes serão primordiais para as tomadas de decisão, assim como a análise dos impactos gerados, dos custos operacionais e de implantação e também quanto às linhas de transmissão, que também demandam impactos na instalação e manutenção. No entanto, o principal fator para o estabelecimento de estudos específicos para cada situação é o fenômeno que abastece todo o sistema, a ocorrência dos ventos e sua grandeza vetorial:

Os ventos são considerados grandezas vetoriais, portanto, possuem um valor escalar (quantificação da intensidade) e um valor vetorial (direcional). Em Meteorologia, o vento é descrito com o valor em graus do sentido de onde vem, em relação ao Norte, conhecido como azimute. Em Climatologia, os setores cardinais, colaterais e às vezes os sub-colaterais são usualmente utilizados, já que não há necessidade tanta precisão, permitindo a divisão discreta em classes. A velocidade dos ventos pode ser expressa em quilômetros por horas [km/h], milhas por hora [mph], nós (milhas náuticas por hora [kt]) ou metros por segundo [m/s] (S. I.). (FLG – TEXTOS DE CLIMATOLOGIA II, p.3). Disponível em: <http://www.fakeclimate.com/arquivos/MaterialDidaticoFake/02-Ventos.pdf>

Como foi visto anteriormente, a intensidade, a velocidade e a direção do vento são dados que permitem a primeira visualização para análise das possibilidades. Somente num local com potencial comprovado da ocorrência ideal é que se podem determinar os fatores secundários para nortear as ações de um empreendimento eólico.

## **6 PROPOSTA DE SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA**

### **6.1 PROPOSTA DE MELHORIA PARA A REALIDADE ESTUDADA**

Através da análise do cenário da energia eólica, verificaram-se a necessidade de ampliar os debates referentes ao tema, bem como de proporcionar estudos que viabilizem as tomadas de decisão, tanto para a iniciativa privada como também para o poder público. Através da inovação tecnológica é possível gerar desenvolvimento sustentável, agregando também valores para a sociedade e para as empresas (BESSANT e TIDD, 2009).

Assim, neste projeto é realizada a proposta de aumentar o conhecimento geral no que se refere à energia eólica, realizando também um enfoque específico no município de Tibagi, objetivando conhecer os benefícios e também as dificuldades que ocorrem nas usinas existentes em outras regiões, demonstrando a perspectiva ambiental e também econômica referente às implantações. A reunião de informações gerais e específicas e a pesquisa de campo irão proporcionar maior conhecimento sobre os dados da região e também dará suporte para o envolvimento de um maior número de pessoas abertas a discussão. Outro ponto importante é o acesso a profissionais que atuam na área e estão bem informadas quanto aos fatos globais, tendências e projeções futuras, pois o mercado da energia possui um sistema dinâmico e complexo, que necessita sempre de novas pesquisas e dados atualizados para tentar prever seu comportamento em longo prazo.

A primeira análise consiste em conhecer os aspectos gerais, que irão auxiliar futuros investidores e sociedade a analisar se o cenário é favorável e compensatório. Para isso é necessário avaliar os aspectos negativos e positivos, verificando a proporção e as potencialidades de cada um deles. Como principais vantagens da energia eólica, pode se destacar:

- A energia eólica é totalmente renovável;
- É considerada uma energia econômica e rentável dentre as novas tecnologias (no Brasil, atualmente compete com a energia hidráulica na questão de custos por MW/ Instalado);
- Cria receitas alternativas a agricultores que arrendem a sua terra;
- Não produz emissões perigosas;
- Não produz resíduos sólidos perigosos;
- É praticamente livre de desapropriações e impactos sociais;
- A energia eólica gera turismo a comunidades locais;
- É compatível com outras formas de uso do terreno.

A energia eólica também possui algumas desvantagens, bem como alguns impactos, podendo-se considerar:

- O Impacto visual;
- O Impacto acústico (Emissão de ruídos de origens mecânica e aerodinâmica);
- Impacto visual sob a fauna de animais voadores;
- Tempo de duração do projeto (Média brasileira de três anos);
- Grandes distâncias entre o sítio e as linhas de transmissão;
- Ainda não é possível vender através do MRE (Mecanismo de Realocação de Energia);
- Necessidade de monitoramento pré-projeto (medição do vento por um período de um ano no mínimo – O tempo de medição deve ser firmada no contrato);
- Baixo fator de capacidade ( $F_c = \text{Energia Produzida} / \text{Energia Instalada}$ );
- Os aerogeradores podem ocasionar interferência eletromagnética.

A segunda análise para a tomada de decisão consiste na análise do mercado, combinando relatórios de informações locais com a estimativa dos custos, tempo de vida do projeto, entraves, entre outros. Aqui também estão inseridos os

custos do projeto, como por exemplo, o custo da turbina eólica que representa o custo mais importante e significativo do projeto.

De acordo com Engenheiro Civil Aislan Zapzalka, gestor da Zapzalka Projetos e Consultoria Ltda. (Empresa situada em Tibagi especializada em projetos de centrais de hidrelétricas com forte relacionamento com outras empresas do setor energético), “o maior fator de viabilidade de energia eólica no município de Tibagi são as condições geográficas e topográficas. Características como áreas planas, pouca cobertura vegetal na escarpa que divide o primeiro e o segundo planalto, ventos freqüentes e com condição predominante são evidências que qualificam a região como uma zona de interesse e que podem resultar em futuros empreendimentos”.

A energia eólica atualmente possui baixo custo de implantação. Segundo Zapzalka, em termos de comparação, na década de 2000, “as eólicas possuíam um custo estimado em torno de R\$8.000.000,00/MW instalado. Atualmente (década 2010), este custo caiu para aproximadamente R\$3.000.000,00/MW instalado. Os principais motivos da queda dos custos foram à crise na Europa, ocasionando a queda de preço dos equipamentos importados do continente, e também o desenvolvimento de tecnologia nacional”.

O engenheiro Aislan Zapzalka também citou algumas outras vantagens que as usinas eólicas trazem para o município: “O fato de a usina ser uma empresa com faturamento alto, onde existe um aumento no rateio do ICMS, proporcionando maior arrecadação para o município. Outros fatores benéficos como melhorias nos acessos e geração de empregos durante a construção (depois da conclusão, este número é muito reduzido) são fatores positivos que devem ser ressaltados”.

A terceira análise deve dimensionar um projeto eólico e suas particularidades, compreendendo o planejamento estratégico que reúne todas as informações necessárias para se criar uma visão detalhada, podendo assim justificar o empreendimento.

Para a criação de uma usina eólica, são necessárias diversas etapas que vão desde a escolha do local, medição dos ventos dentre outros estudos técnicos, até as condições de viabilidade econômica, que levarão em conta fatores como o tempo de duração de um projeto até os custos para a implantação, tendo também uma projeção de seus rendimentos derivados da capacidade de produção. De ma-

neira geral, podemos destacar as etapas necessárias para uma implantação de um projeto eólico:

- Escolha do local
- Medição do vento no local
- Estudar os dados de vento
- Escolher aerogeradores
- Definir a capacidade da planta eólica
- Definir o layout dos aerogeradores
- Estimar a energia gerada pela planta
- Definir a conexão com a rede
- Determinar os investimentos
- Estudo de viabilidade técnico e econômica
- Implantar a central eólica.

O levantamento de dados é o principal trabalho realizado na primeira etapa do projeto. Dados como informações geográficas (relevo, topografia, rugosidade), restrições ambientais, conexões elétricas (distância até a subestação mais próxima), além do próprio levantamento do potencial eólico-elétrico. Existem diversas ferramentas que possibilitam a obtenção de dados conforme as necessidades no decorrer do projeto. O Mapa do Potencial Eólico Brasileiro, por exemplo, trás a velocidade média dos ventos a 50 metros do solo. No caso do Paraná, existe o mapa criado pela empresa Copel, em 2007. Para uma primeira orientação sobre os possíveis pontos de conexão mais próximos, podem ser consultados os mapas do sistema elétrico da Eletrobrás e das concessionárias de energia. No Atlas Eólico Brasileiro e nos mapas eólicos estaduais, pode-se encontrar o traçado das linhas de transmissão sobreposto aos mapas de vento.

O primeiro diagnóstico deverá conter a caracterização da área (planta de localização), o Parecer Ambiental (enquadramento legal da área) e o enquadramento municipal (declaração do município anuindo à conformidade com o plano diretor para o uso e ocupação do solo no que concerne empreendimentos de energia renovável). Após adquirir condições para prosseguir com os trabalhos, é necessário obter informações quanto à estimativa do potencial eólico (modelos atmosféricos e ferramentas computacionais), através das macro e microescalas. Ao verificar a existência

de condições favoráveis para a instalação de uma usina eólica, os próximos passos que devem ser seguidos para a realização da implantação são as análises dos fatores ambientais (restrições, fauna, uso do solo, entre outros) e a distância e viabilidade no que se refere às conexões elétricas.

O projeto eólico será possível somente através das boas condições que essas variáveis apresentarem. Além destas condições, fatores como estradas de acesso ao sítio, época de realização das obras no decorrer do ano e o estado do terreno devem ser levados em conta, pois são variáveis que afetarão diretamente nos custos e na viabilidade do projeto (MEIRELES, 2011). Os impactos acústicos e visuais também são avaliados nos estudos, e necessitam de aprovação do órgão ambiental competente, visto que os estudos devem comprovar que as emissões de ruído estarão em conformidade, embora devido à tecnologia atual, estas sejam uma forma de impacto pequena e aceitável (ANEEL, 2013).

## 6.2 RESULTADOS ESPERADOS

Através das informações coletadas espera-se obter uma melhor compreensão das questões fundamentais necessárias para o estabelecimento de uma usina eólica, conhecendo melhor suas vantagens e desvantagens, além de auxiliar a inserir o conceito da energia dos ventos na sociedade.

### **a) O conhecimento de um modelo básico de projeto eólico**

Como foi observado anteriormente, o projeto eólico possui várias etapas e funciona a partir de decisões que dependem de fatores essenciais, como a própria presença de ventos de qualidade que proporcionem o funcionamento adequado dos aerogeradores. Neste contexto, a frequência dos ventos torna-se muito importante, assim como a própria velocidade dos ventos. Através do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2001), é possível conhecer as regiões que mais possuem condições de realizar projetos eólicos (não substituindo a necessidade de monitoramento pré-projeto). A região sul está em terceiro lugar com um potencial estimado em 22,8 GW/ano. Abaixo segue uma relação do potencial anual estimado de cada região:

- Região Norte: 12,8 GW
- Região Nordeste: 75,0 GW
- Região Centro-Oeste: 3.1 GW
- Região Sudeste: 29,7 GW
- Região Sul: 22,8 GW (ATLAS DO POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO, 2001).

Como pode ser observada, a região nordeste possui o maior potencial dentro do espaço terrestre brasileiro. No segundo semestre de 2013 foram confirmados 62 projetos na região, através de um leilão exclusivo para energia eólica, realizado pelo Ministério de Minas e Energia (CALIXTO, 2013). A notícia da confirmação de tantos projetos favorece o cenário elétrico-eólico e fornece indicadores favoráveis a implantações em outras regiões do país.

**b) Princípio de uma realização de debate entre investidores, empresas e demais interessados.**

Através da apresentação dos resultados técnicos e das avaliações de custo-benefício, tempo de projeto e análises financeiras, o investidor passa a reconhecer um processo de maturidade deste empreendimento. Esta etapa acontece na Gestão do projeto.

Segundo Pedro Henrique Joachims (Engenharia de Controle e Automação – PUCRS), a gestão do projeto “abrange todos os custos estimados para a gestão de todas as fases do estudo de viabilidade por parte da equipe responsável”.

### 6.3 VIABILIDADE DA PROPOSTA

Pode-se compreender que através da análise do cenário energético atual e das condições estabelecidas pelo mercado, bem como as tendências otimistas em torno da questão, a energia eólica estará entre as fontes de energia mais utilizadas nos próximos anos. Diversos fatores comprovam sua viabilidade no território nacional, tanto no que diz respeito a questões ambientais como também econômicas e sociais. A busca por soluções sustentáveis é um dos maiores desafios da sociedade atual, onde a energia elétrica, sendo um dos pilares do desenvolvimento em qual-

quer parte do globo, necessita cada vez mais de possibilidades que garantam a promoção de um crescimento viável para a sociedade, assegurando qualidade de vida para as futuras gerações e também eficácia para promover avanços de qualidade. Por outro lado, a dificuldade em possuir um sistema energético completamente estruturado em fontes renováveis ainda é uma realidade distante, conforme explica o professor Célio Bermann, do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP e coordenador da linha de pesquisa “Energia, sociedade e meio ambiente” do programa Interunidades de Pós-Graduação em energia na USP:

[...] Oitenta e um por cento da atual oferta energética mundial, estimada em 11.435 milhões de toneladas equivalentes de petróleo, é baseada nos combustíveis fósseis. As mudanças climáticas decorrentes das emissões dos gases de efeito estufa apontam uma crise ambiental em escala planetária sem precedentes. Neste contexto, as energias renováveis aparecem como alternativa para reduzir os efeitos dessa crise. Entretanto, é extremamente difícil prever-se que essas fontes possam ser capazes de substituir a energia fóssil em um futuro próximo [...]

Como foi informada, a dependência por fontes poluidoras é muito intensa e contempla a grande fatia da matriz energética global. Contudo, através de maiores investimentos em fontes renováveis será possível frear a degradação ambiental e também proporcionar fontes inesgotáveis, que sejam asseguradas para as futuras gerações.

Sendo o município de Tibagi uma região agrícola e turística, a energia eólica torna-se uma realidade perfeitamente viável, onde, além de gerar benefícios para a sociedade, não prejudica/compete com os produtos produzidos pelos agricultores, além de agregar valor para o turismo local.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No desenvolvimento deste trabalho, procurou-se obter uma visão geral referente à energia eólica, analisando suas características positivas e negativas, extraindo parâmetros de viabilidade em termos regionais e visualizando também sua aplicação em termos globais. Buscou-se uma relação num ambiente específico, utilizando neste caso o município de Tibagi, situado na região dos campos gerais, interior do Paraná.

Através do uso das informações coletadas, será possível analisar melhor a questão eólica no que se refere à investimentos, melhorando também a capacidade de realizar debates de interesses ambientais e econômicos, visando soluções sustentáveis, que auxiliem tanto a população com também o meio ambiente. No caso de Tibagi, as análises permitiram um enfoque na região sudeste do município. Bairros rurais como no caso do bairro do Guartelá, que já estão sendo monitorados e também já exibem uma pequena parcela de proprietários de terra interessados no arrendamento dos terrenos.

O desenvolvimento regional é de interesse de toda população. Todavia, o município precisa apostar na diversidade de sua produção. Com o investimento em projetos eólicos, a receita tanto do município como também dos arrendatários aumentam, proporcionando benefícios diretos e indiretos. O turismo também terá maiores possibilidades, visto que os próprios aerogeradores exibem uma atração à parte.

Os estudos e debates em torno das questões que norteiam a energia eólica são complexos e dinâmicos, o que significa que existe muito a ser explorado. A grande tendência mundial no cenário elétrico é que esta tecnologia seja explorada cada vez mais, reduzindo o uso e desenvolvimento de outras fontes esgotáveis e poluidoras. Como foi demonstrado, o Brasil possui um potencial eólico muito grande, mas ainda pouco explorado.

No decorrer do estudo, o maior desafio foi sintetizar as informações para possibilitar o entendimento geral da energia eólica, combinando de maneira simplificada as ações de caráter técnico com as análises do cenário econômico mundial. A intenção é transformar os debates e discussões no que se refere à fontes renováveis de energia em uma atividade constante dentro na sociedade.

A energia eólica é um campo de estudo multidisciplinar longo e extenso. Sua realização é repleta de desafios e obstáculos. Através deste primeiro encontro com o tema, concluo que seu aprofundamento será essencial na vida deste acadêmico.

#### **ANALYSIS OF WIND ENERGY SCENARIO IN ELECTRIC: GENERAL ASPECTS OF ECONOMIC INDICATORS AND FEASIBILITY**

## ABSTRACT

Wind energy is one of the most important sources of renewable energy today. Diverse countries, including Brazil, are increasing investments in its generation. In both, it is necessary to broaden the participation of society in the discussions, making it more informed and able to participate in decisions. This case study presents a scenario analysis of wind energy through a survey of its main issues, searching for important decision making informations. Particular attention to assessing the feasibility of wind projects in the municipality of Tibagy, located in the state of Paraná is also given. Through surveys, comparisons between wind power and other energy sources were performed, observing its positive and negative aspects, relating with indicators costs, environmental studies, survey of wind power, among others. Finally, the information gathered were grouped and summarized in order to get an overview of steps needed, emphasizing directed the investor and others interested in the topic remarks. This case study will contribute to the proliferation of knowledge related to wind energy and its key issues, sharing useful information to all of society, assisting prospective investors and stakeholders on their general knowledge.

**Keywords:** wind power, environmental sustainability, projects, viability.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Artigo Energia Eólica, Brasília, 2003. <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia\\_eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>

APOLLO11. Latitude e longitude das cidades brasileiras, 2013. Disponível em: <<http://www.apolo11.com/latlon.php?uf=pr&cityid=3552>>

ATLAS DO POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO. Brasília, CEPEL, True Wind Solutions, Camargo Schubert Engenharia Eólica, 2001. Acesso em: <[http://www.cresesb.cepel.br/atlas\\_eolico\\_brasil/atlas.htm](http://www.cresesb.cepel.br/atlas_eolico_brasil/atlas.htm)>

BARBA, Mariana Della. Série de entraves limita uso da energia eólica no Brasil. Disponível em: <[http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/06/130604\\_energia\\_eolica\\_mdb.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/06/130604_energia_eolica_mdb.shtml)>

BERMANN, Célio. O desafio das energias renováveis: um debate sobre as políticas de inovação. 2011. Disponível em: <[http://www.redesist.ie.ufrj.br/p8/semi/sld\\_pdf/d14/MT%203/CBermann.pdf](http://www.redesist.ie.ufrj.br/p8/semi/sld_pdf/d14/MT%203/CBermann.pdf)>

BESSANT, John; TIDD, Joe. Inovação e Empreendedorismo. S/L: Bookman, 2009.

CALIXTO, Bruno. Brasil contrata mais de 60 projetos de energia eólica no nordeste. Disponível em:

<<http://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2013/08/brasil-contrata-mais-de-60-projetos-de-energia-eolicab-no-nordeste.html>>

CARTA DOS VENTOS. Fórum Nacional Eólico, Natal, 2009. Disponível em:

<[http://www.mma.gov.br/estruturas/182/\\_arquivos/cartadosventos\\_1.pdf/](http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/cartadosventos_1.pdf/)>

CAVALCANTI, M; MOREIRA, E. Metodologia para estudo de caso.

Palhoça: UnisulVirtual, 2008.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito.

Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/principal.php>>

FLG 0355 – TEXTOS DE CLIMATOLOGIA II. Disponível em:

<http://www.fakeclimate.com/arquivos/MaterialDidaticoFake/02-Ventos.pdf>

GAVINO, Natália Azevedo. Energia Eólica: Uma análise dos incentivos a produção (2002 – 2009). Disponível em:

<[http://www.gee.ie.ufrj.br/arquivos/publicacoes/MONOGRAFIAS/2011\\_Natalia\\_Gavino\\_Monografia\\_Completa.pdf](http://www.gee.ie.ufrj.br/arquivos/publicacoes/MONOGRAFIAS/2011_Natalia_Gavino_Monografia_Completa.pdf)>

MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. Confins. 2011. Disponível em:

<<http://confins.revues.org/6970>>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Art. Energia Eólica, 2013. Disponível

em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-eolica>>

ONU. Declaração de Estocolmo de 1972. Disponível em:

<[WWW.mma.gov.br/estruturas/agenda21/\\_arquivos/estocolmo.doc](http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/estocolmo.doc)>

PROGRAMA ERA - Energias Renováveis Alternativas. Agendas verdes municipais,

2013. Disponível em: <<http://www.programaera.eco.br/>>

RAUEN, Fábio José. Influência do sublinhado na produção de resumos informativos.

1996. 326f. Tese (Doutorado em Letras/Linguística) – Curso de Pós-Graduação em Letras/Linguística, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

ROSSI, Pedro Henrique Joachims. Centro de Energia Eólica – PUCRS. Disponível

em: <<http://www.pucrs.br/ce-eolica/faq.php?q=5>>