

Energia eólica no Brasil: uma alternativa inteligente frente às demandas elétricas atuais

Gillian de Azevedo Nunes*
Alex Azeredo Manhães**

Resumo

Inúmeros estudos realizados nos últimos anos têm apontado as implicações e impactos socioambientais do consumo de energia. As fontes renováveis de energia são referidas como a principal alternativa para atender às demandas da sociedade com relação à qualidade e à segurança no atendimento da demanda elétrica, com a redução dos danos ambientais decorrentes do consumo de energia. O presente artigo apresenta pesquisas realizadas no Brasil acerca do potencial de produção de energia eólica, localização das estações de coleta de dados eólicos e a relevância da utilização desse recurso para geração de energia elétrica.

Palavras-chave: Energia eólica. Turbinas eólicas. Potencial brasileiro. Energia autossustentável.

Introdução

A questão energética é indubitavelmente um dos assuntos de grande importância na atualidade. A qualidade de vida de uma sociedade também está ligada de forma direta ao seu consumo de energia. O crescimento da demanda energética mundial em razão da melhoria dos padrões de vida nos países em desenvolvimento como o Brasil nos traz a preocupação com aspectos essenciais para a política e planejamento energético de todas as economias existentes. Dentre eles, podemos citar a segurança na oferta de energia necessária para o desenvolvimento social e econômico de um país e os custos ambientais para atender a esse aumento no consumo de energia.

Nas últimas décadas, a segurança na oferta de energia está intrinsecamente associada aos problemas de esgotamento de reservas de petróleo e à elevação dos preços de mercado dos combustíveis fósseis em consequência de problemas políticos e sociais nas principais regiões produtoras. Fatores ambientais também podem reduzir a segurança energética como, por exemplo, a ocorrência de longos períodos de estiagem que afetam a produtividade da biomassa e a geração hidroelétrica. A inserção de recursos de fontes renováveis deve minimizar os impactos causados por crises internacionais que afetam o mercado de combustíveis fósseis ou por instabilidades na geração hidroelétrica em épocas de estiagem.

Os fatos expostos acima vêm oferecendo sustentabilidade às pesquisas científicas que disseminam a implantação de energia eólica, como alternativa capaz de atender às demandas socioambientais e o desenvolvimento tecnológico. Portanto, isso tem gerado grandes incentivos em todo o mundo. Dentre as fontes energéticas “limpas”, ou seja, fontes de energia que não acarretam a emissão de gases do efeito estufa (GEE), a energia contida no vento vem se destacando e demonstra grande potencial para contribuir significativamente no atendimento dos requisitos necessários quanto aos custos de produção, segurança de fornecimento e sustentabilidade ambiental.

Podemos ressaltar que, no Brasil, a capacidade instalada ainda é muito pequena quando comparada aos países líderes em geração eólica. No entanto, políticas de incentivos estão começando a produzir alguns resultados e espera-se um crescimento da exploração desse recurso nos próximos anos. Para dar suporte a esse crescimento, torna-se necessária a formação de recursos humanos e o desenvolvimento de pesquisas científicas de âmbito nacional com o intuito de produzir e disponibilizar informações confiáveis sobre os recursos eólicos no território brasileiro.

Este artigo tem por finalidade descrever os produtos e resultados das pesquisas em desenvolvimento no Brasil, que são discutidos com o intuito de ilustrar a aplicação prática, implantação e funcionamento de aerogeradores e vários conceitos qualitativos discutidos no transcorrer do artigo referentes à oferta de energia autossustentável, e ainda, pretende disseminar a importância da busca de pesquisas científicas em nível nacional referentes à possibilidade de implementação da energia eólica para construção de uma sociedade menos produtora de danos ambientais.

Descrição sobre o funcionamento da energia eólica

O ar é um fluido como qualquer outro, exceto que suas partículas estão na forma gasosa, em vez de líquida. Quando o ar se move rapidamente,

* Técnico em Eletrotécnica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro

** Técnico em Eletrotécnica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro

na forma de vento, essas partículas também se movem rapidamente. Esse movimento significa energia cinética, que pode ser capturada, como a energia da água em movimento é capturada por uma turbina em uma usina hidrelétrica. No caso de uma turbina eólica, suas pás são projetadas para capturar a energia cinética contida no vento. O gerador transforma essa energia rotacional em eletricidade. Fundamentalmente, gerar eletricidade a partir do vento é transferir energia de um meio para outro.

Toda a energia eólica começa com o sol. Quando o sol aquece uma determinada área de terra, o ar ao redor dessa massa de terra absorve parte desse calor. A uma certa temperatura, esse ar mais quente começa a se elevar muito rapidamente, pois um determinado volume de ar quente é mais leve do que um volume igual de ar mais frio. As partículas de ar que se movem mais rápido (mais quentes) exercem uma pressão maior do que as partículas que se movem mais devagar, de modo que são necessárias menos delas para manter a pressão normal do ar em uma determinada elevação. Quando esse ar quente mais leve se eleva subitamente, o ar mais frio flui rapidamente para preencher o espaço vazio deixado. Esse ar que velozmente preenche o espaço vazio é o vento.

Entre os modelos modernos de turbinas eólicas, podemos citar dois projetos principais: as de eixo horizontal e as de eixo vertical. As turbinas de eixo vertical (TEEVs) são bastante raras. A única em produção comercial atualmente é a turbina Darrieus.

As turbinas eólicas de eixo vertical podem ser usadas para turbinas de pequena escala e para o bombeamento de água em áreas rurais, mas todas as turbinas de escala de geração pública produzidas comercialmente são turbinas eólicas de eixo horizontal (TEEHs).

Como o nome indica, o eixo da TEEH é montado horizontalmente, paralelo ao solo. Elas precisam se alinhar constantemente com o vento, usando um mecanismo de ajuste. O sistema de ajuste padrão consiste em motores elétricos e caixas de engrenagens que movem todo o rotor para a esquerda ou direita em pequenos incrementos. O controlador eletrônico da turbina lê a posição de um dispositivo cata-vento (mecânico ou eletrônico) e ajusta a posição do rotor para capturar o máximo de energia eólica disponível. As TEEHs (Figura 1) usam uma torre para elevar os componentes da turbina a uma altura ideal para a velocidade do vento (e para que as pás possam ficar longe do solo) e ocupam muito pouco espaço no solo, já que todos os componentes estão a até 80 metros de altura.

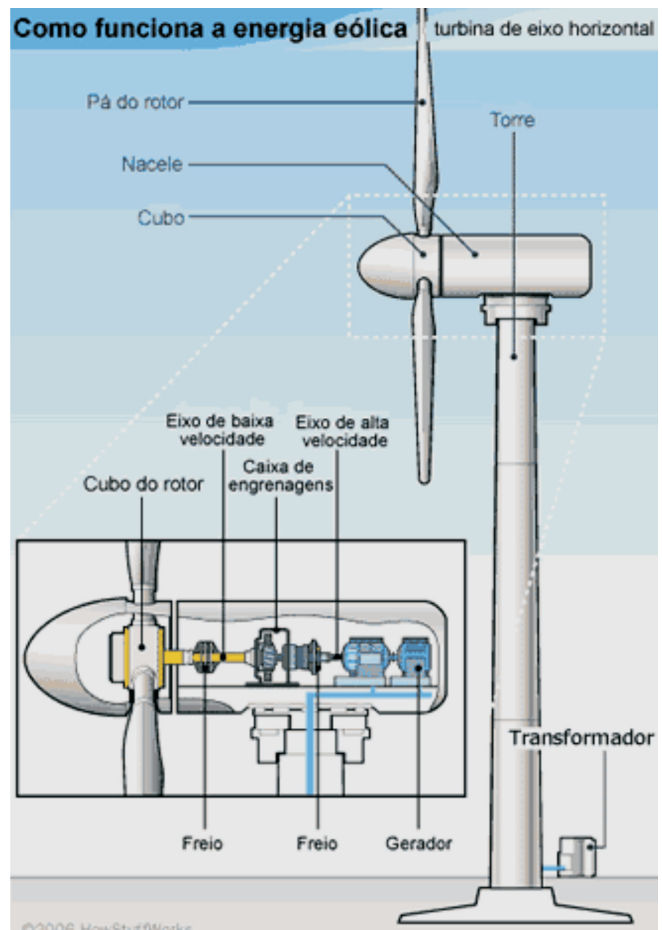


Figura 1 - Turbinas de eixo horizontal

Fonte: <http://ambiente.hsw.uol.com.br/energia-eolica1.htm>

Cada componente das turbinas eólicas de eixo horizontal possui uma finalidade para que assim possa promover a energia de forma efetiva. As pás do rotor (capturam a energia do vento e a convertem em energia rotacional no eixo); o eixo (transfere a energia rotacional para o gerador); nacele (é a carcaça que abriga: caixa de engrenagens, gerador, unidade de controle eletrônico, controlador, freios, torre, equipamentos elétricos). A caixa de engrenagens (aumenta a velocidade do eixo entre o cubo do rotor e o gerador); o gerador (usa a energia rotacional do eixo para gerar eletricidade usando eletromagnetismo); a unidade de controle eletrônico (monitora o sistema, desliga a turbina em caso de mau funcionamento e controla o mecanismo de ajuste para alinhamento da turbina com o vento); o controlador (move o rotor para alinhá-lo com a direção do vento); os freios (detêm a rotação do eixo em caso de sobrecarga de energia ou falha no sistema); a torre (sustenta o rotor e a nacele, além de erguer todo o conjunto a uma altura onde as pás possam girar com segurança e distantes do solo); os equipamentos elétricos (transmitem a eletricidade do gerador através da torre e controlam os diversos elementos de segurança da turbina).

A potência eólica disponível e utilizável

Através das turbinas eólicas, a energia cinética contida no vento é convertida em energia mecânica pelo giro das pás do rotor e transformada em energia elétrica pelo gerador. As turbinas eólicas se encontram inseridas na camada superficial da atmosfera, utilizando a energia do vento em uma ampla faixa de alturas. A potência P contida no vento, fluindo perpendicularmente com velocidade u através de uma área A , que pode representar a área de interceptação das hélices de uma turbina eólica é dada por:

$$P = \frac{1}{2} \rho A u^3,$$

onde a densidade do ar, representada por ρ é função da pressão atmosférica e da temperatura do ar que estão diretamente associados com a altitude local. A densidade do ar pode ser estimada a partir de

$$\rho(z) = \frac{p_0}{RT} e^{-\frac{gz}{RT}},$$

onde $\rho(z)$ é a densidade do ar (em kg/m³) em função da altitude z , p_0 é a pressão atmosférica ao nível do mar (em kg/m³), T é a temperatura do ar (em K), g é a aceleração da gravidade (em m/s²) e R é a constante específica do ar (em J/K mol).

Em resumo, a potência eólica, isto é, a energia total disponível por unidade de tempo é proporcional à terceira potência da velocidade do vento. No entanto, a energia do vento não é totalmente extraída pelas pás da turbina. Estudos mostram que o valor máximo da potência que pode ser extraída do vento corresponde a 59% da potência total disponível. Somam-se a isso perdas mecânicas na turbina (geometria das pás entre outros) que reduzem a potência máxima utilizável a, aproximadamente, 42% da potência total disponível no vento.

Como a potência elétrica fornecida por uma turbina eólica é proporcional à terceira potência da velocidade, mesmo pequenos erros nos dados de velocidade do vento podem representar grandes desvios em termos de previsão de potência eólica disponível para turbinas, o que pode levar a incertezas no retorno do investimento a ser feito em um projeto de uma usina ou fazenda eólica. Dessa forma, o tópico seguinte discute as bases de dados de ventos disponíveis para uso no setor elétrico.

Breves considerações acerca da matriz energética predominante no Brasil

O Brasil não é autossuficiente em energia, mas produz cerca de 90% do total que consome,

importando o restante. O país é um dos poucos do mundo, que apresenta possibilidade múltipla de ampliar as suas alternativas energéticas, devido à abundância dos seus recursos naturais e de sua extensão territorial. A matriz energética predominante no Brasil é hoje o petróleo, com 43,1% e o óleo diesel, a matriz dos combustíveis líquidos, com 57,9%, havendo destes, 10% de dependência externa.

No entanto, existe um motivo relevante que torna a inserção da energia eólica na matriz brasileira em uma escala condizente com o seu potencial de grande importância para a segurança do sistema elétrico brasileiro: sua complementaridade com as demais matrizes elétricas. Como o Brasil ainda utiliza em grande escala de energias esgotáveis que causam inúmeras consequências socioambientais, logo, haverá crescente necessidade de geração energia complementar. Assim, energia eólica é perfeitamente adequada para a reversão de tais problemas, pois destaca-se por sua produção sustentável, fonte inesgotável e principalmente pelo baixo impacto ambiental, comparando-se com as demais matrizes energéticas.

Resultados e produtos de pesquisas desenvolvidas no Brasil

No Brasil, ainda encontramos certa resistência ao emprego de técnicas de pesquisas referente à energia eólica propriamente dita. Mas, tem-se percebido uma evolução embora ainda não comparada a outros países desenvolvidos. Ao ponto de podermos citar o CPTEC/INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) que gerencia uma importante rede de coleta de dados de vento e dados ambientais voltados a atender à demanda por informações do setor energético – (Rede SONDA). O SONDA é um projeto ligado à área de pesquisas em clima e meteorologia, porém com um enfoque delimitado ao suporte de atividades na área de energias renováveis. O projeto tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma base de dados completa, integrada e de alta confiabilidade que contemple as necessidades dos setores da sociedade envolvidos com a pesquisa, o desenvolvimento, o planejamento e o investimento em uso e aplicações de energias renováveis, principalmente, a energia solar e eólica. Ou seja, o objetivo principal da rede SONDA é descobrir informações que permitam o aperfeiçoamento e validação de modelos numéricos para estimativa de potencial energético de fontes renováveis. A figura 2 apresenta a localização das estações de coleta de dados eólicos com anemômetros e termômetros instalados a 25 m e 50 m do solo.



Figura 2 – Mapa de localização da rede SONDA

Outro importante resultado de trabalho desenvolvido por pesquisadores brasileiros, que não poderia deixar de ser citado é o *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro* (Figura 3), o qual cobre todo o território nacional. Seu objetivo é fornecer informações para capacitar tomadores de decisão na identificação de áreas adequadas para aproveitamentos eólico-elétricos. Esse *Atlas* descreve informações do vento geostrófico contidas numa base de dados que são gerados a partir da simulação da circulação atmosférica de grande escala por um modelo de sistema de *software* de modelamento numérico dos ventos de superfície. Esse sistema simula a dinâmica atmosférica dos regimes de vento e variáveis meteorológicas correlatas, a partir de amostragens representativas de um banco de dados validado para o período 1983/1999. A partir desses dados de vento geostrófico, foi empregado o refinamento físico com o código WindMap para estimar os dados de vento na altura típica dos aerogeradores (50 m). Os valores apresentados no mapeamento foram validados a partir de dados de vento coletados na superfície e o desvio padrão observado para a diferença entre a velocidade estimada e a velocidade medida foi da ordem de 7,5%. Segundo o *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro*, mais de 71.000 km² do território nacional possuem velocidades de vento superior a 7 m/s ao nível de 50 m, o que propicia um potencial eólico da ordem de 272 TWh/ano de energia elétrica. Essa é uma cifra bastante significativa considerando que o consumo nacional de energia elétrica é de 424 TWh/ano. Sendo que a maior parte desse potencial está na costa dos

estados nordestinos, como consequência dos ventos alísios.

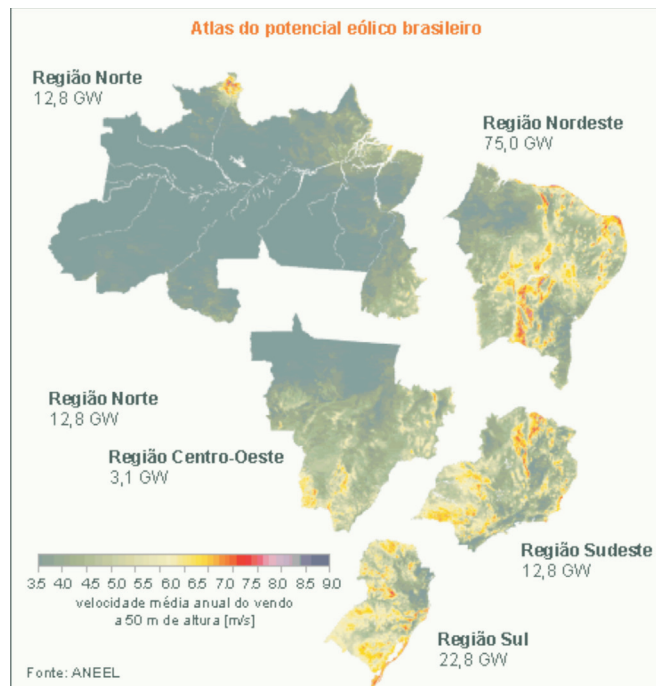


Figura 3 – Atlas do Potencial Elétrico Brasileiro
Fonte: ANEEL

O levantamento dos recursos de energia eólica no Brasil também foi uma das metas do projeto SWERA (Solar and Wind Energy Resources Assessment) desenvolvido sob a coordenação da Divisão de Clima e Meio Ambiente do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (DMA/CPTEC) e financiamento do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). A metodologia empregada no mapeamento dos recursos eólicos adotou o modelo numérico Eta utilizado rotineiramente para a previsão de tempo e estudos climáticos pelo CPTEC/INPE. O modelo foi alimentado com dados de topografia e de cobertura do solo com resolução de 1 km e a base de dados de reanálises do NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction) foi utilizada para promover as informações nas fronteiras das regiões estabelecidas para o mapeamento. Os resultados obtidos foram comparados e validados com dados de vento coletados em aeroportos brasileiros, e em estações meteorológicas automáticas e torres eólicas da rede SONDA.

As informações acerca do mapeamento produzido pelo modelo Eta apresentou boa concordância com os resultados apresentados no *Atlas Eólico Brasileiro*, no entanto, devido à escassez de dados de campo nas regiões de maior discrepância entre as duas metodologias, ainda não se pode afirmar qual apresenta a maior confiabilidade.

Podemos ressaltar que o potencial instalado no Brasil é atualmente de 247,5 MW (Megawatts), ou seja, 0,25% dos 99,7 GW gerados no país, segundo dados de dezembro de 2007. Certamente esse crescimento da capacidade instalada deve-se às pesquisas anteriores realizadas no âmbito brasileiro, e também aos incentivos que o governo federal tem dado para o assunto. O Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), administrado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), é uma linha de crédito que prevê financiamento de até 70% do investimento, excluindo apenas bens e serviços importados e a aquisição de terrenos. As condições do financiamento são taxas de juros a longo prazo (TJLP) mais 2% e até 1,5% de spread de risco ao ano.

Conclusão

Após estudos no Brasil, verificou-se o seu grande potencial eólico, destacando que é possível produzir eletricidade a custos competitivos com centrais termoelétricas, nucleares e hidroelétricas, com custo reduzido. Portanto, a energia eólica é hoje considerada uma das mais promissoras fontes naturais de energia, principalmente porque é renovável, ou seja, não se esgota. Além disso, as turbinas eólicas podem ser utilizadas tanto em conexão com redes elétricas como em lugares isolados. Como estamos em face de uma realidade na qual o uso da energia eólica está sendo difundido, sabemos que ela passará por adaptações e aprimoramento, à medida que surgirem outras tecnologias de maior eficiência, como é o caso da turbobela, uma voluta vertical apropriada para capturar vento a baixa pressão ao passar nos rotores axiais protegidos internamente. Os custos irão também ser reduzidos a partir de uma crescente demanda do setor, quando o acesso ao uso dessa energia renovável seja para toda a população, principalmente lugares onde satisfazer a demanda de energia não seja muito fácil.

A energia eólica está no ranking como a ambientalmente mais sustentável e popularmente mais acessível. Ela pode garantir grande parte das necessidades de um país, gerar novos empregos e reduzir a emissão global de dióxido de carbono na atmosfera, além de proporcionar um futuro menos assustador e com melhor qualidade de vida.

Referências

BAJAY, Sérgio Valdir, LEITE, Álvaro Afonso Furtado, CARVALHO, Cláudio Bezerra de et al. Perspectivas da geração distribuída de eletricidade nos estados de São Paulo, Bahia e Mato Grosso. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. Proceedings online... Available from: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022006000200025&lng=en&nrm=abn>. Acesso on: Dez. 2010.

COSTA, Cláudia do Valle. Políticas de Promoção de Fontes Novas e Renováveis para Geração de Energia Elétrica. 2006. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE, 2006.

LEFF, Enrique. Saber ambiental. São Paulo: Vozes, 1998.

MONTEIRO, Hamide N. Duarte. Utilização da Energia Eólica em Sistemas Híbridos de Geração de Energia Visando Pequenas Comunidades Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre, RS, 2004.

SCANDIFFIO, Myrna I.G.; FURTADO, André Tosi. A Liderança do Brasil em Fontes Energéticas Renováveis: Uma Visão de Longo Prazo. 2004. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/38424336/A-LIDERANCA-DO-BRASIL-EM-FONTES-ENERGETICAS-RENOVAVEIS-UMA-VISAO-DE-LONGO-PRAZO>>. Acesso em: dez. 2010.

VIANA, Silva; DINIZ. O Desafio da Sustentabilidade. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2001.

