

## ESTUDO DA CONVERSÃO DA ENERGIA RENOVÁVEL NO RIO GRANDE DO NORTE: ENERGIA EÓLICA

A. L. dos Santos Jr<sup>1</sup>; C. F. Tavares<sup>2</sup>; D. C. F. Miranda<sup>3</sup>, V. N. da Silva<sup>4</sup> e P. C. da Silva Filho<sup>5</sup>  
E-mail: alcinildo\_jr@hotmail.com<sup>1</sup>; caiodefretas21@hotmail.com<sup>2</sup>; daniel\_corcino@hotmail.com<sup>3</sup>;  
vnogs@hotmail.com<sup>4</sup>; paulo.cavalcante@ifrn.edu.br<sup>5</sup>

### RESUMO

Esse artigo tem como base para estudo a situação atual da energia eólica no Brasil, dando um enfoque maior ao estado do Rio Grande do Norte. Entretanto, para que esse tema fosse abordado, foi necessária uma pesquisa aprofundada, mas concisa, que ajudou a compreender o porquê e como esse tipo de energia é tão explorado nesse estado. Essa pesquisa engloba a história dos

aerogeradores, o seu funcionamento elétrico e físico, os impactos ambientais por eles causados, os projetos em andamento e a política pública propriamente dita. Os dados aqui recolhidos servem de suporte para a instalação do sistema elétrico-aerogerador no estado e serve como um alerta à situação atual de desapoio governamental.

**PALAVRAS-CHAVE:** energia renovável; aerogerador; pesquisa científica.

## STUDY OF THE CONVERSION OF RENEWABLE ENERGY IN RIO GRANDE DO NORTE: WIND POWER

### ABSTRACT

This article is based on the present situation of wind power production in Brazil, focusing on the state of Rio Grande do Norte. However, to discuss this subject, a deep and concise research was necessary, which helped us understand why and how this kind of power is explored in Rio Grande do Norte. The research involved the history of wind turbines, it's electrical and physical

functioning, the environmental impact it makes, the ongoing projects and the public policy itself. The data here exposed serve as support for the installation of the system electrical – wind turbine in this state and as an alert for the current situation of lack of government support.

**KEYWORDS:** renewable energy, aerogenerator, scientific research

## 1 INTRODUÇÃO

O Sistema Energético pode ser visto como elemento de um sistema físico das áreas de Física, Engenharia e outras como a Economia e a Sociedade. A utilização da energia de forma tão distinta, juntamente a outros fatores, produz a divisão do mundo em blocos, separando alguns desenvolvidos de outros em desenvolvimento. De acordo com o Banco Mundial, o Brasil encontra-se entre as dez maiores economias do planeta representando cerca de 2,8% do PIB mundial, mas é considerado como um país em desenvolvimento. Segundo o “Atlas de Energia Elétrica do Brasil” (2002), o Brasil possui um dos maiores e melhores potenciais energéticos do mundo. Se, por um lado, as reservas de combustíveis fósseis são relativamente reduzidas, por outro, os potenciais hidráulicos, da irradiação solar, da biomassa e da força dos ventos são suficientemente abundantes para garantir a autossuficiência energética do país. A inserção de recursos complementares na matriz energética do país, com a adoção de fontes renováveis, minimizará os impactos causados por crises internacionais que afetam o mercado de combustíveis fósseis ou por instabilidades na geração hidroelétrica em épocas de estiagem, além do papel ambiental a que eles se prestam.

Nossa pesquisa tem como objetivo principal: o estudo da conversão de energia renovável Eólica em Elétrica no estado do Rio Grande do Norte. E como objetivos específicos, o aprendizado de técnicas de investigação científica para promover em nível de ensino médio um estudo dentro da linha de pesquisa de energia renovável eólica, o estudo a hidrodinâmica atmosférica e o estudo da problemática de energia renovável.

O fato do nosso estado, Rio Grande do Norte, oferecer recursos naturais para a implantação de aerogeradores, por sua posição geográfica, por ter espaço físico para um parque eólico, pelos incentivos, pela geração de empregos nas regiões interioranas e por ser uma energia limpa, realizamos a presente pesquisa para colaborar nos estudos desse ramo tecnológico, da conversão de energia renovável, visando uma investigação científica, política e social.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Resumo histórico

Os registros históricos apontam que os persas há cerca de 200 anos a.C. já utilizavam energia eólica para a moagem de grãos e bombeamento de água. Para isso, eles construíam cataventos de eixo vertical, que rapidamente se popularizaram por todo o oriente. Outra utilização dos ventos pelo homem foi na navegação, fazendo com que se pudesse navegar por longas distâncias e por muito tempo.

No entanto a conversão da energia dos ventos em eletricidade só ocorreu depois de muitos séculos. Somente no fim do século XIX o estadunidense Charles Brush (1849 – 1929) e o dinamarquês Poul La Cour (1846 – 1908) inventaram quase concomitantemente as primeiras turbinas eólicas para a geração de eletricidade. A invenção de Poul La Cour reduziu bastante o êxodo rural na Europa, que à sua era intenso (DALMAZ, 2008).

Mais tarde, a crise do petróleo, a intensa emissão de poluentes na atmosfera e os acidentes em usinas nucleares que fizeram com que se tornasse necessária a busca por alternativas renováveis para a geração de energia elétrica. Diante dessa problemática, as pesquisas dedicadas a encontrar alternativas renováveis de energia ganharam muita força a partir da década de 1970 (RÜNCOS et al., 2008).

Sendo uma fonte limpa e rentável, os países desenvolvidos e em desenvolvimento passaram a investir na energia eólica de uma forma nunca antes vista. Houve, então, em poucas décadas, um grande desenvolvimento, com aerogeradores cada vez mais tecnológicos, compondo a maior parte da matriz energética de algumas nações.

## 2.2 Sobre os aerogeradores

Apesar de possuírem a mesma finalidade, os aerogeradores são divididos em eixo vertical e eixo horizontal. Devido à forma como o vento incide em cada um, os de eixo vertical são mais limitados quanto a sua eficiência, sendo assim, economicamente mais interessantes os de eixo horizontal.

Dentre as de eixo horizontal, existem a upwind, em que o vento ataca pela frente das pás, e downwind, em que incide por trás. Também existem os aerogeradores onshore (em terra firme) e offshore, que são instaladas no mar (CASTRO, 2009). Nos de eixo vertical, existem, como modelos principais o rotor do tipo Savonius, movido principalmente pela força de arrasto do ar e o rotor do tipo Darrieus, que é um pouco mais eficiente e movido pela força de sustentação (CRESESB, 2008).

### 2.2.1 Componentes dos aerogeradores de eixo horizontal

As pás do aerogerador são responsáveis pela conversão de energia cinética do vento em trabalho mecânico, são perfis aerodinâmicos que possuem rolamentos em suas bases a fim de aproveitar o máximo o coeficiente de potência. Essas pás são acomodadas no chamado cubo, que também acomoda os mecanismos e motores para o ajuste do ângulo de ataque de todas as pás. Já o eixo transfere a energia rotacional para o gerador. A nacelle é a carcaça que abriga, basicamente: caixa de engrenagens, caixa multiplicadora, gerador unidade de controle eletrônico, os mecanismos de controle, os freios, entre outros componentes que variam de acordo com a empresa produtora. Além disso, atualmente, já é comum encontrar aerogeradores sem a caixa multiplicadora e caixa de engrenagens. A torre tem a função de sustentar o rotor e a nacelle, além de erguer todo o conjunto a uma altura onde as pás possam girar com segurança e distantes do solo (até mais de 100 metros). E, por sua vez, os equipamentos elétricos transmitem a eletricidade do gerador através da torre e controlam os diversos elementos de segurança da turbina (CRESESB, 2008).

## 2.3 Os ventos

Os ventos são causados por diferenças de pressão ao longo da superfície terrestre, devidas à incidência diferencial na superfície da Terra.

Os locais potencialmente interessantes para a instalação de aerogeradores podem ser detalhados usando mapas adequados (cartas militares, por exemplo) e a escolha desses locais é complementada com visitas aos locais. Também é indispensável uma caracterização detalhada do local recorrendo a dados obtidos a partir de medições efetuadas no local escolhido (NETO e CARVALHO, 2011).

A energia disponível para uma turbina eólica é a energia cinética associada a uma coluna de ar. E a potência disponível no vento aumenta com o cubo da velocidade do vento. Por isso que a implantação das turbinas em locais com ventos fortes e persistentes é um fator determinante no sucesso econômico da operação.

Também por essa razão, para velocidades altas não é econômico aumentar a potência do aerogerador, pois obrigaria a robustecer a construção, e, do correspondente aumento no investimento, apenas se tiraria partido durante poucas horas no ano (CASTRO, 2009).

Para a instalação de um parque eólico, primeiramente é necessária uma avaliação preliminar da produção estimada de energia elétrica no local escolhido. Baseada nessa avaliação determina-se, entre outros aspectos, a viabilidade econômica do projeto. Próximo passo para o cálculo da produção estimada de eletricidade é o uso de um histograma ou um diagrama de frequência de ocorrência da velocidade do vento no local da instalação, feitas com base em medições in loco. De posse desses dados é possível calcular a produção e viabilidade de um projeto e saber se ele será rentável ou não.

## 2.4 Impactos ambientais dos aerogeradores

Apesar dos ventos serem considerados uma fonte de energia limpa, as usinas eólicas não estão livres de causar impactos ambientais. Os danos são normalmente restritos ao ecossistema local, mas se a usina for instalada em um local inadequado ou sem as devidas precauções esses danos podem ser graves.

Sendo uma atividade com potencial para degradar o ambiente, é necessário elaborar um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para obter a Licença Prévia do órgão ambiental responsável por esse tipo de licenciamento em cada estado (CONAMA, 1986), no caso do Rio grande do Norte esse órgão é o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). O EIA deve, dentre outras coisas, identificar e avaliar os impactos ambientais decorrentes de todo o processo de instalação e operação da usina e definir as medidas mitigadoras a serem tomadas. Já o RIMA, é um documento que parte das conclusões do EIA, é mais sucinto e possui linguagem mais acessível a leigos.

No Brasil não são muitos os estudos sobre esses impactos ambientais, as informações são mais restritas aos EIAs e RIMAs. Os danos mais comuns que podem ser causados são prejuízos à fauna alada, impacto visual e poluição sonora. Além disso, de acordo com MOURA (2009), no nordeste brasileiro há instalação de aerogeradores em campos de dunas e construção de vias de acesso e aplainamento do local que afetam o ecossistema local.

## 2.5 Políticas públicas da energia eólica no Rio Grande do Norte

Nos últimos anos, observou-se um crescimento significativo da participação da fonte eólica na matriz mundial (que começou efetivamente com a crise do petróleo da década de 1970), devido principalmente à diminuição dos custos da tecnologia envolvida, aos subsídios oferecidos pelos governos e à conscientização global para a importância das energias renováveis, entre outros fatores (DUTRA, 2001). No entanto, enquanto o setor é bem desenvolvido em países como Alemanha, EUA e Espanha, o Brasil ainda caminha lentamente na direção de um verdadeiro aproveitamento do potencial eólico encontrado no nosso território, que é bastante expressivo, superior a 140 GW, (O.A.C. et al. 2001)

Por isso, observa-se a necessidade de um maior investimento governamental em políticas públicas como o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), que estabelece metas para a diversificação da matriz energética brasileira por meio da ampliação da participação das fontes renováveis. O estado do Rio Grande do Norte também estabeleceu diretrizes para o setor no passado, mas falhou em cumpri-las. Em 2004, estimava-se que, ao final de 2006, estariam instaladas duas centrais eólicas com capacidade conjunta de 113,8 MW. O Balanço Energético Nacional aponta que, em 2010, 5 anos depois, havia apenas 102 MW instalados.

É constantemente reforçada a ideia (nas fontes que tratam do tema no RN) de que o estado tem um potencial eólico acima do normal e que é imprescindível para seu desenvolvimento econômico e energético que o setor seja devidamente fomentado nos próximos anos.

O PROINFA, instituído em 2004, surgiu mediante a observação da necessidade, principalmente após a crise do apagão de 2001 e 2002, de diversificar a matriz energética brasileira e melhor explorar as potencialidades de geração de cada região. A meta para a energia eólica era implantar 54 usinas por todo o país, com uma capacidade total de 1.423 MW (DUTRA, 2007). Segundo dados da Eletrobrás, ao final de 2011 haviam sido implantadas apenas 41 dessas usinas, totalizando 964 MW. Observa-se que apenas dois terços, aproximadamente, da capacidade prevista para ser instalada de fato se tornou realidade. Não há justificativas para o não cumprimento das diretrizes, nem no site do Ministério de Minas e Energia, nem no site da Eletrobrás. No entanto, o programa foi de fundamental importância para o desenvolvimento da exploração da fonte eólica e para a geração de empregos em todo o Brasil, e continua em atuação, incentivando também a instalação de pequenas centrais hidrelétricas e de usinas à base de biomassa.

É importante destacar também a publicação do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro em 2001, uma compilação de informações importantíssimas a respeito do potencial eólico do país bem como de cada uma de suas regiões. Esse atlas serve como base para estudos a respeito da energia eólica no país, entretanto por ter sido publicado a mais de uma década as informações nele contidas estão defasadas. As velocidades do vento, que são usadas para definir os potenciais, são relativas à altura de 50 metros, porém as torres de aerogeradores mais recentes atingem facilmente os 100 metros, onde a velocidade do vento é bem superior, isso tornaria a estimativa do potencial eólico do país bastante superior aos mais de 143 GW previstos no atlas.

No Rio Grande do Norte, havia, na gestão estadual passada, uma Secretaria Extraordinária de Energia, criada frente à mesma necessidade de inovação no abastecimento que provocou a implantação do PROINFA. Houve uma movimentação governamental positiva nos anos de 2004 e 2005, envolvendo a realização do seminário “Diretrizes Para Uma Política do Setor Energético do RN”, a publicação do Balanço Energético do RN - 2006 e a elaboração da Projeção da Matriz Energética do RN - 2030, o que pareceu a promessa de uma grande evolução no setor. Mas as diretrizes não foram cumpridas, a Secretaria de Energia deixou de existir, e a projeção foi esquecida com a nova gestão. Ressalta-se que as informações de um balanço energético estadual são de fundamental importância para a aplicação eficiente das políticas públicas, e o governo precisa se utilizar dessas informações para atuar de forma eficiente.

No momento, a fonte produz 284,4 MW de energia elétrica no estado, e para o final deste ano está previsto que esse número superará 1000 MW. Do total de 8181 MW que estão em projetos para serem instalados no Brasil, 2702 são do Rio Grande do Norte, e devem se materializar até 2016.

Em 2011, por meio da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, foi publicado o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado do Rio Grande do Norte [2011 – 2020], que prevê, entre outras coisas, a criação de um Centro Internacional de Tecnologia em Energia Eólica até o final de 2015. Embora o plano não incluía diretamente a implantação de novos aerogeradores, um centro pode representar um grande avanço em termos de pesquisa e inovação, e levar a energia eólica no estado a um novo patamar.

### 3 METODOLOGIA

Para esse estudo descritivo exploratório, que aborda a viabilização da utilização da conversão da energia eólica em elétrica no estado do Rio Grande do Norte, foi realizado o arremato de informações bibliográficas em meio físico e midiático, discussão desses dados recolhidos, uma revisão integrativa e uma visita técnica ao mais recente complexo eólico construído no Rio Grande do Norte, Santa Clara, da empresa Wobben Enercon, no município de Parazinho. A visita técnica teve o objetivo de nos mostrar, na prática, como funciona uma usina eólica, de nos integrar em todo o processo que é realizado antes e durante o funcionamento do parque eólico e mostrar o quanto está desenvolvida a conversão de energia renovável eólica em energia elétrica no Rio Grande do Norte.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo deste artigo, houve o estudo da conversão de energia renovável Eólica em Elétrica e da atual situação do Brasil e do Rio Grande do Norte nesse ramo. Esse tipo de estudo é fundamental para que o Brasil se desenvolva social e economicamente, uma vez que, embora haja programas governamentais de incentivo à Energia Eólica, estes ainda são modestos se comparados ao potencial eólico que o país possui.

Ao término desta pesquisa, conseguimos compilar dados os quais servem de suporte para a instalação de um sistema elétrico-aerogerador e corroboram os estudos desse ramo da Tecnologia. Necessária agora é a devida preocupação por parte do governo no sentido de fomentar a conversão de energia eólica em elétrica, construindo novos parques eólicos e trabalhando para reduzir os já ínfimos impactos ambientais para promover o tão almejado Desenvolvimento Sustentável. Este trabalho serviu, pois, como uma iniciação no ramo da Energia Eólica no Rio Grande do Norte, apontando, informando e alertando da situação atual em que o estado se encontra.

## 5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFRN pela estrutura de ensino oferecida e educação de qualidade, à Petrobrás (PFRH) pelo apoio à nossa iniciativa de pesquisa e a Wobben Windpower por nos abrir as portas da usina eólica de Parazinho para a realização da nossa visita técnica.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1986. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, 17 de fev. de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em: 04/10/2012.

CASTRO, Rui. Energias renováveis e produção descentralizada: INTRODUÇÃO À ENERGIA EÓLICA. Lisboa: Instituto Superior Técnico. 2009.

DALMAZ, A. et al. Energia eólica para geração de eletricidade e a importância da previsão. Florianópolis, 2008. Disponível em: <[http://www.lepten.ufsc.br/publicacoes/solar/periodicos/2008/ABCM/dalmaz\\_andre.pdf](http://www.lepten.ufsc.br/publicacoes/solar/periodicos/2008/ABCM/dalmaz_andre.pdf)>. Acesso em: 19 maio 2012.

DUTRA, R.M. Propostas de Políticas específicas para Energia Eólica no Brasil após a Primeira Fase do PROINFA. Tese de D.Sc. Programa de Planejamento Energético. COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2007.

DUTRA, R.M. Viabilidade Técnico-Econômica da Energia Eólica ao Novo Marco Regulatório do Setor Elétrico Brasileiro. Dissertação de M.Sc. Programa de Planejamento Energético. COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2001.

CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito). Tipos de aerogeradores para geração de energia elétrica. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=231>>. Acesso em: 16 Jul. 2012.

FAQ Eólica. In: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/content.php?catid%5B%5D=1&catid%5B%5D=5>>. Acesso em: 27 jul. 2012.

MOURA, Danieli. Praias, dunas e restingas: conceito, características e importância à luz do Direito Ambiental Brasileiro. Jus Vigilantibus, Rio Grande, n.º 595, jun. 2009. Disponível em: <<http://jusvi.com/artigos/40597>> Acesso em: 01 ago. 2012.

NETO, Manuel Rangel Borges, CARVALHO, Paulo Cesar Marques de. INTRODUÇÃO À GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Petrolina: IF Sertão Pernambucano, 2011.

O.A.C. do Amarante, M. Brower, J. Zack e A. L. Sá. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2001.

RÜNCOS, F. et al. Geração de energia eólica – tecnologias atuais e futuras. Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-geracao-de-energia-eolica-tecnologias-atuais-e-futuras-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2012.