

Eixo Temático ET-06-016 - Energia

## **ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE BRASILEIRO: CRESCIMENTO E PERSPECTIVAS**

Mikaely Renaly Carlos da Silva<sup>1</sup>, Tácio José Beserra Britto<sup>1</sup>, Marta Célia Dantas Silva<sup>2</sup>,  
Riuzuani Michelle Bezerra Pedrosa Lopes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia de Energias Renováveis na Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Energias Alternativas e Renováveis; <sup>2</sup>Professoras do Departamento de Engenharia de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Energias Alternativas e Renováveis; E-mail para contato: riuzuani@cear.ufpb.br.

### **RESUMO**

O aumento no consumo de energia dos últimos anos despertou a necessidade de se investir em energias renováveis para minimizar a dependência das fontes fósseis, o que favoreceu o crescimento do setor eólico. Atualmente, a matriz energética brasileira é dependente do sistema hídrico, sendo que o país possui um grande potencial para produzir energia através de fontes renováveis, minimizando a extração das fontes fósseis e preservando meio ambiente devido às baixas emissões de poluentes. O nordeste brasileiro tem uma posição privilegiada e com sua extensa área litorânea, a região possui um grande potencial para a produção de energia eólica, no entanto, a análise do potencial eólico está relacionada com as características dos mecanismos de ventos mais atuantes na região que é uma análise que demanda um longo período de tempo devido ao estudo do vento e suas raízes. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o crescimento da geração de energia eólica no nordeste brasileiro no período de 2009 a 2015.

**Palavras-chave:** Potencial; Nordeste; Vento; Energia; Renovável.

### **INTRODUÇÃO**

Ao longo dos anos o consumo de energia vem aumentando significativamente no mundo, em especial no Brasil, pois a demanda energética tem se sobressaído em relação à oferta existente e fatores como a escassez de combustíveis fósseis e as mudanças climáticas, têm também contribuído para a necessidade em se buscar soluções para uma crise energética eminente.

Hoje a predominância energética ainda se dá por fontes não-renováveis, o que faz necessário um empenho maior nesse sentido, principalmente pelo fato da população brasileira ser uma das maiores do mundo e necessitar de uma oferta maior para suprir as suas necessidades, assim como das futuras gerações.

As maiores vantagens da adoção de fontes renováveis é que são provenientes de fontes de energia limpas, disponíveis na natureza e que se renovam em um curto período de tempo; devido à grande biodiversidade do país, o Brasil dispõe de várias fontes renováveis. No entanto, havendo a necessidade de maior desenvolvimento tecnológico para serem usadas em grandes escalas e que possam ser economicamente rentáveis.

De acordo com a Lei nº 12.187, de 2009, a Política Nacional sobre Mudança do Clima, o Brasil tem que diminuir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), compromisso voluntário do Brasil com a Organização das Nações Unidas, essa lei tem como meta diminuir as emissões de GEE até 2020, a preocupação com as mudanças climáticas e a necessidade de diminuir a emissão dos gases, a partir da assinatura do Protocolo de Quioto em 1997, aumentou-se a busca pelo uso de energias alternativas e renováveis, em busca de diminuir os impactos ambientais e também uma alternativa viável para suprir as necessidades econômicas, um dos setores responsáveis por diminuir essa emissão é o de energia, assim sendo, a energia eólica é um exemplo de uma energia limpa e renovável que pode ajudar nessa diminuição. A produção dessa energia está crescendo no país, estados como Rio Grande do Norte e Ceará são exemplos de referência no Nordeste do uso de energia eólica. (MMA, 2016).

Segundo o Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC), a energia eólica oferece um grande potencial para a diminuição dos GEE, tem-se aumentado os investimentos crescentes em fontes de energias renováveis. O potencial técnico de energia eólica tem crescido significativamente no país, no entanto existem barreiras econômicas, tecnológicas, políticas. O potencial técnico mundial de energia eólica é maior que a produção mundial de energia elétrica. Segundo o IPCC estima-se que 20% da demanda mundial de energia elétrica poderia ser adquirida por energia eólica até 2050 (IPCC, 2011).

Para cada kw/h produzido são emitidos em média 0,60kg de CO<sub>2</sub>, uma turbina eólica de 750kw é capaz de produzir anualmente 2 milhões de kw/h de eletricidade, em média uma turbina impede a emissão na atmosfera de 1200 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano (SILVA, 2003).

## **OBJETIVO**

Esse trabalho tem como objetivo fazer uma análise do crescimento da geração de energia de fonte eólica no nordeste do Brasil no período de 2009 a 2015 segundo os dados publicados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

## **HISTÓRICO DA ENERGIA EÓLICA**

A energia eólica é utilizada há milhares de anos com as mesmas finalidades, como o bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica, no entanto para geração de energia elétrica as primeiras aplicações surgiram no século XIX, no entanto, com a Revolução Industrial a utilização da máquina a vapor gerou um impacto no modo de produção e resultou na diminuição do uso dos moinhos de vento na Europa., com a crise do petróleo no século XX a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), por indicação da Agência Internacional de Energia (IEA), determinou a diminuição da utilização do consumo de petróleo, com isso a busca por outras fontes de energia aumentaram e ocorreu um crescimento no interesse e nos investimentos para obter a aplicação em escala comercial da energia eólica (SILVA, 2016). A energia gerada através dos ventos é denominada, energia cinética contida nas massas de ar em movimento, o aproveitamento dessa energia ocorre devido a conversão de energia cinética de translação em energia cinética de rotação. Essas turbinas também são denominadas aerogeradores, ou cataventos. Em 1976 na Dinamarca foi instalada a primeira turbina eólica ligada a rede pública. Na atualidade existem em operação no mundo mais de 30 mil turbinas eólicas (ANEEL, 2005).

O histórico da produção de energia eólica no mundo envolve uma evolução política, histórica e econômica, seguindo os reflexos das evoluções que interferem no uso do tipo de energia, acompanhando seus altos e baixos e se desenvolvendo tecnologicamente para se obter uma energia com alto potencial, limpa e econômica.

### **POTENCIAL EÓLICO**

A análise do potencial eólico de uma determinada região está relacionada com as características dos mecanismos de ventos mais atuantes na região, é uma análise que depende de um longo período, devido ao estudo da intensidade do vento, dispersão das ocorrências, constância direcional, valores extremos, níveis de turbulência, gradiente vertical, variação sazonal, entre outros mecanismos.

É muito importante a análise da região e do potencial eólico, devido ao vento poder ser mais intenso em algumas áreas que em outras, ele poder aumentar seu potencial e intensidade por alguns meses do ano, como também poder aumentar em curtos períodos, como algumas horas por dia.

A velocidade de vento média anual é um dos fatores mais importantes a ser estudado, devido a viabilidade econômica e técnica, além disso, é importante saber que os ventos variam verticalmente sobre a superfície terrestre por meio do gradiente, pode variar também a sua direção ao longo do dia ou do ano, as explicações dessas variações estão relacionadas com o comportamento eólico em macro e microescalas.

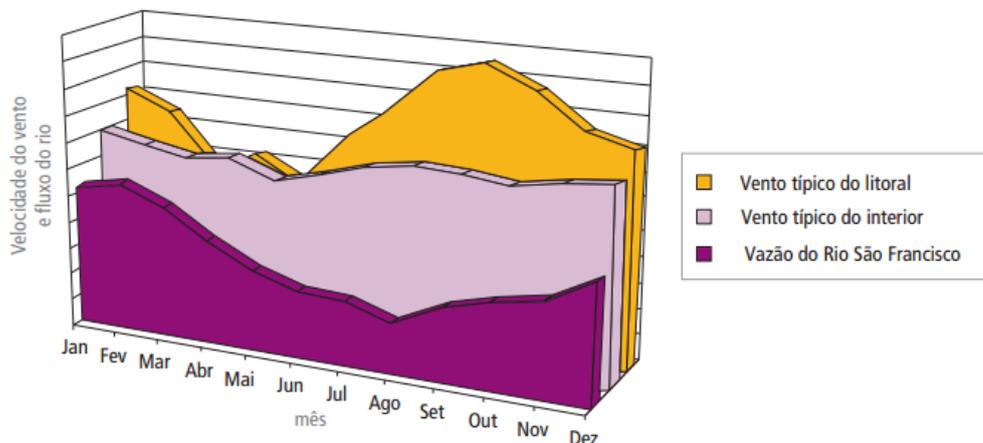
As variações mais lentas são as interanuais e sazonal, a variação interanual no Nordeste brasileiro está ligado a mudanças climáticas do planeta e pequenas irregularidades nos ciclos interanuais, já a variação sazonal provocam variações sazonais significativas da direção predominante do vento e na velocidade. As variações diurnas são fortes, onde a velocidade e a direção do vento estão ligadas às diferenças de temperatura entre as superfícies, já as variações de curta duração, são variações ligadas diretamente com as condições da superfície do local, sua topografia, rugosidade, obstáculos, podem variar em escala de tempo de minutos e de segundos (SILVA,2003).

#### **O Potencial da Energia eólica no Nordeste**

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME, 2007), a região Nordeste apresenta não somente as melhores condições do Brasil para o aproveitamento da energia eólica devido aos regimes dos ventos, mas também apresenta a possibilidade da energia eólica ser complementar à hídrica, maior contribuinte da matriz energética do país, devido a sua sazonalidade.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o Nordeste apresenta ventos que possuem características ideais para energia eólica, pois os mesmos são unidirecionais, constantes e sem rajadas, e apresentam uma velocidade superior à necessária para geração de energia, na maior parte do tempo são superiores a 8 m/s. Além disso, as chapadas do sertão brasileiro não permitem que os ventos alísios (ventos que sopram do Equador para os trópicos) que incidem sobre o litoral nordestino sigam para o interior do país, dando destaque a região (MOREIRA JUNIOR, 2009).

No Nordeste, como pode ser visto na Figura 1, o período onde existe a menor vazão dos rios coincide com o período onde ocorrem as melhores incidências de vento, tal característica foi comprovada ao se estudar os níveis médios de vazão dos rios que abastecem algumas usinas da região (ALVES, 2010). Desta forma, a sazonalidade dessas fontes viabiliza o fornecimento de energia sem interrupção (ARAÚJO, 2016).



**Figura 1:** Vazão do rio São Francisco e comportamento médio do vento na região Nordeste. Fonte: MME, 2007.

Com relação ao potencial de geração, o setor eólico na região do Nordeste brasileiro representou, em 2015, cerca de 82,2% da geração nacional nesse setor contra 17,4% da região sul. Entretanto ainda é baixa a contribuição de energia eólica para produção de eletricidade no país. No entanto, em ambas as regiões, a taxa de crescimento do seu potencial em relação a 2014 apresentou um crescimento significativo, sendo superior a 70% (Tabela 1). Na região Sudeste a variação da taxa de crescimento está relacionada à redução do vento na região por questões climáticas (ABEEólica, 2015).

O crescimento do potencial está relacionado ao aumento de projetos contratados e estima-se que a capacidade instalada de energia eólica pode aumentar em média de 450% num período de cinco anos (SIMAS, 2013).

**Tabela 1:** Geração de energia através da Energia Eólica por região.

| REGIÃO   | GERAÇÃO (TWH) |       | % DE CRESCIMENTO |
|----------|---------------|-------|------------------|
|          | 2014          | 2015  |                  |
| Sudeste  | 0,08          | 0,08  | -2,4%            |
| Sul      | 2,06          | 3,59  | 74,4%            |
| Nordeste | 9,36          | 16,95 | 81,1%            |
| Total    | 11,50         | 20,62 | -                |

Fonte: ABEEólica, 2015.

O Nordeste brasileiro tem uma posição privilegiada, tornando a região atrativa para investimentos eólicos, além de uma extensa área litorânea não tem muitas montanhas. Nessa região, os estados do Ceará, da Bahia e do Rio Grande do Norte destacam-se por apresentarem uma elevada potência instalada devido a sua extensão litorânea e o seu grande potencial eólico. Além disso, tais estados possuem investimentos na construção e contratação de novos parques eólicos, sendo fundamentais para o crescimento do setor eólico na região e, conseqüentemente, no país.

Na Tabela 2 são apresentados dados referentes as potências dos parques eólicos instalados (em operação), em construção e contratados (com construção não iniciada)

para os estados nordestinos (COUTO, 2015). Com relação a potência instalada, os parques são subdivididos em três categorias: aptos a operar, operando em teste e operando comercialmente.

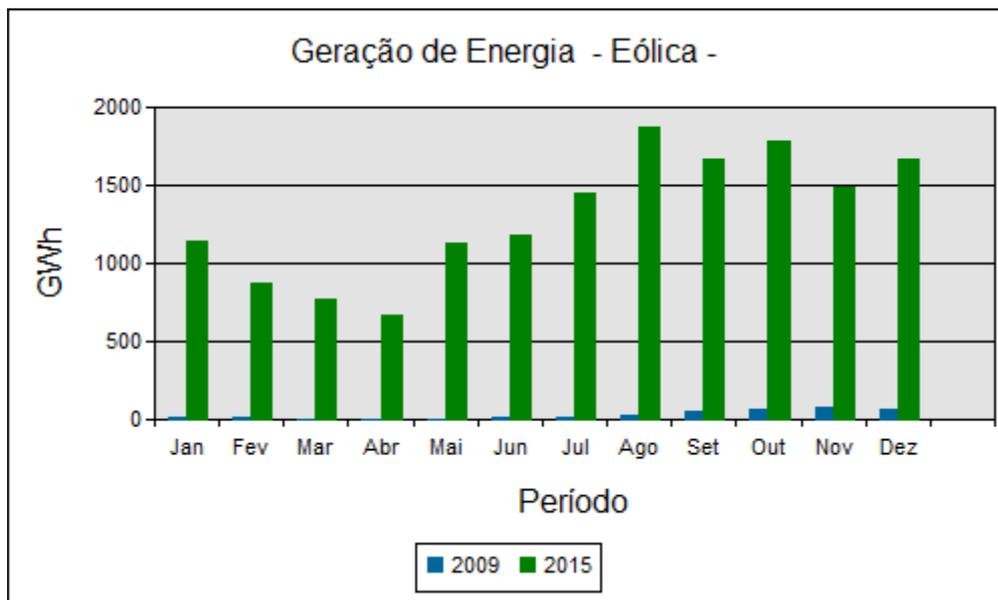
**Tabela 2:** Total da potência dos parques eólicos referente aos estados do Nordeste.

| Estado              | Potência (MW) |               |                             |
|---------------------|---------------|---------------|-----------------------------|
|                     | Em operação   | Em construção | Com construção não iniciada |
| Bahia               | 959,3         | 1.403,3       | 2.509,2                     |
| Ceará               | 1.233,2       | 274,8         | 1.076,7                     |
| Maranhão            | -             | -             | 288,1                       |
| Paraíba             | 69,0          | -             | -                           |
| Pernambuco          | 104,7         | 208,2         | 538,0                       |
| Piauí               | 88,0          | 685,5         | 781,8                       |
| Rio Grande do Norte | 2.192,6       | 499,3         | 1.925,5                     |

Fonte: Cenários da Energia Eólica 2015. Fonte: ONS.

Nos últimos anos, o crescimento na geração de energia através de fontes renováveis ocorreu devido à criação de políticas públicas que investem nessas fontes. No Nordeste, o lançamento do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), do Fundo Energia do Nordeste (FEN) e do Fundo de Desenvolvimento do Nordeste (FDNE) estão ampliando a oferta de energia sustentável na região (ARAÚJO, 2016).

A partir de 2002, com a criação do PROINFA, a energia eólica deu seus primeiros passos, porém até 2009 a geração de energia através da energia eólica, no Nordeste, era inexpressiva como visto na Figura 2. A partir de 2009, passaram a ocorrer leilões para a construção de parques e usinas eólicas, assim como para contratação do fornecimento desse tipo de energia. Com isso, o número de usinas em operação e a geração de energia dessa fonte, cresceram exponencialmente, como pode ser visto na Tabela 3. Com esses leilões e incentivos por parte do governo, espera-se que a energia eólica se consolide cada vez mais no Brasil.



**Figura 2:** Geração de energia eólica nos anos de 2009 e 2015.

**Tabela 3:** Percentual de crescimento na geração de energia eólica no nordeste do Brasil nos anos de 2009 e 2015.

|     | 2009  | 2015    | %         |
|-----|-------|---------|-----------|
| Jan | 10,91 | 1147,20 | 10415,12% |
| Fev | 8,26  | 874,53  | 10487,53% |
| Mar | 5,95  | 770,61  | 12851,43% |
| Abr | 2,71  | 668,82  | 24579,70% |
| Mai | 3,36  | 1132,68 | 33610,71% |
| Jun | 6,87  | 1174,77 | 17000,00% |
| Jul | 6,58  | 1450,51 | 21944,22% |
| Ago | 27,50 | 1671,81 | 6706,98%  |
| Set | 50,05 | 1782,67 | 3240,28%  |
| Out | 64,21 | 1483,93 | 2676,31%  |
| Nov | 72,50 | 1483,93 | 1946,80%  |
| Dez | 63,84 | 1664,63 | 2507,50%  |

Fonte: ONS.

Além das políticas públicas, alguns Estados criaram políticas próprias de incentivo as energias renováveis, reduzindo tributos. O que implica que a expansão das fontes de energia elétrica, em especial, a eólica, depende de incentivos, que no caso do Brasil, só o estado pode oferecer através dos seus diversos mecanismos regulatório de políticas energéticas (ALVES, 2010).

## CONCLUSÃO

Apesar da matriz energética nacional e da região Nordeste apresentar uma considerável contribuição das hidrelétricas, as mudanças climáticas e seus efeitos sobre os níveis dos reservatórios tornam outras fontes renováveis fundamentais para o fornecimento de energia e a crescente demanda energética do país e da região.

O Nordeste brasileiro é considerado uma das regiões com maior potencial para geração de energia eólica no mundo, pois apresenta amplas condições para o aproveitamento e utilização dessa fonte energética. Além de ser uma fonte viável, abundante e considerada complementar a energia hídrica, seu potencial na região está localizado tanto na faixa litorânea quanto no seu interior, o que possibilita a melhor distribuição dos parques eólicos e o melhor aproveitamento dessa fonte para geração de energia.

A energia eólica vem despontando no cenário energético nordestino, tanto pelo custo de sua tecnologia que vem decrescendo nos últimos anos, quanto pelo grande potencial da região, onde devido sua sazonalidade, o período que apresenta os melhores ventos para geração de energia coincide com o período de baixo volume dos rios, o que viabiliza o fornecimento de energia sem interrupção na região.

## REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim anual de geração eólica 2015**. Disponível em: <[http://www.portalabeeolica.org.br/pdf-encontro/Abeeolica\\_BOLETIM-2015\\_low.pdf](http://www.portalabeeolica.org.br/pdf-encontro/Abeeolica_BOLETIM-2015_low.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2016.

ALVES, J. A. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 6, n. 1, p. 165-188, 2010. Disponível em: <<http://rbgdr.net/012010/artigo8.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2016.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia\\_eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acesso em: 17 out. 2016.

ARAÚJO, P. G. M. **Energia elétrica no Nordeste Brasileiro: das primeiras termelétricas às usinas fotovoltaicas e eólicas**. PROCONDEL SUDENE. 2016. Disponível em: <<http://procondel.sudene.gov.br/Artigos/Artigo%20-%20Energia%20el%C3%A9trica%20no%20Nordeste%20Brasileiro.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME, EPE, 2007.

COUTO, F.; SANTOS, J.; NEVES, L. **Cenários Energia Eólica**. Rio de Janeiro: Editora Brasil Energia, 2015.

IPCC. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2011. Disponível em: <[http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_Full\\_Report.pdf](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Full_Report.pdf)>. Acesso em: 17 set. 2016.

JUNIOR, M.; DELGADO, F. **Viabilidade técnica/econômica para produção de energia eólica, em grande escala, no Nordeste brasileiro**. Lavras: UFLA, 2009. (Monografia).

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Emissões de gases de efeito estufa.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/mma-em-numeros/emiss%C3%B5es-de-geef>>. Acesso em: 20 set. 2016.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

SILVA, A. M.; VIEIRA, R. M. F. Energia eólica: conceitos e características basilares para uma possível suplementação da matriz energética brasileira. **Direito Ambiental e Sociedade**, v. 6, n. 2, p. 53-76, 2016.

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, 2013.