

**CONEM 2016**  
CONGRESSO NACIONAL DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

**21-25**  
**AGOSTO DE 2016**  
**FORTALEZA - CEARÁ**

## **QUANTIFICAÇÃO DOS RECURSOS EÓLICOS DE FORTALEZA UTILIZANDO SÉRIES DE DADOS DE VELOCIDADE DO VENTO FORNECIDOS PELO PROJETO REANALYSIS DO NCEP/NCAR E PELO INMET**

Max André Araújo Ferreira, [maxaferreira@gmail.com](mailto:maxaferreira@gmail.com)<sup>1</sup>  
Antônio Fernandes Bandeira Neto, [afbn.afbn@gmail.com](mailto:afbn.afbn@gmail.com)<sup>1</sup>  
Francisco de Assis Leandro Filho, [leandrofilho@unifor.br](mailto:leandrofilho@unifor.br)<sup>1</sup>  
Bruno Aragão Martins de Araújo, [brunoaragao84@hotmail.com](mailto:brunoaragao84@hotmail.com)<sup>1</sup>  
Rodrigo Alves Patrício, [rodrigo.patricio@unifor.br](mailto:rodrigo.patricio@unifor.br)<sup>1</sup>  
Francisco dos Santos Cavalcante Junior, [juniornum@gmail.com](mailto:juniornum@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Fortaleza - UNIFOR, [leandrofilho@unifor.br](mailto:leandrofilho@unifor.br)

**Resumo:** O presente trabalho tem como objetivo analisar dados de velocidade do vento para a região litorânea do Estado do Ceará, com o objetivo de realizar uma quantificação dos recursos eólicos da cidade de Fortaleza. Essa quantificação dos recursos eólicos tem como objetivo dar um suporte à instalação de futuros projetos de centrais eólicas e verificar a viabilidade da estimativa do potencial eólico de uma região, na ausência de dados de vento locais. Foram analisadas, neste trabalho, dados de velocidade do vento utilizando dados obtidos de Reanalysis, através do "National Centers for Environmental Prediction" (NCEP) e do "National Center Atmospheric Research" (NCAR). Realiza-se uma análise estatística através das séries de dados do vento observados e Reanalysis dando-se ênfase particular às séries de reanálise elaboradas pelo NCEP/NCAR. Os dados observados são medidos a 10 metros de altura em uma estação meteorológica de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Como principal resultado espera-se analisar a confiabilidade dos dados fornecidos pelo Reanalysis.

**Palavras-chave:** Reanalysis, INMET, Velocidade do Vento.

### **1. INTRODUÇÃO**

Diversos trabalhos de cunho científicos têm utilizado como fonte vários dados geográficos e meteorológicos de Reanálise produzidos em conjunto pelo *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) e *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) (Kalnay *et al.*, 1996; Kistler *et al.*, 2001).

A literatura tecnológica afirma que para coletar dados e avaliar a variabilidade dos recursos eólicos de uma determinada região, além das observações da velocidade do vento, podem ser usados modelos dinâmicos e estatísticos de simulação/previsão (De Maria *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2010; Oliveira e Costa, 2011), que vêm se apresentando como uma ferramenta útil para auxiliar na tomada de decisão quanto aos investimentos na construção e desenvolvimento de parques eólicos na região Nordeste do Brasil (NEB).

No que diz respeito a identificar a variabilidade dos ventos na cidade de Fortaleza no estado do Ceará – para fins supracitados - esse estudo apresenta o uso de um conjunto de dados obtidos do projeto Reanalysis (NCEP/NCAR), comparando-os com dados de medição do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

### **2. METODOLOGIA**

Fortaleza, Ceará, localiza-se na costa norte do Nordeste brasileiro (em aproximadamente 3°S, 39°W).

As séries de velocidade e direção do vento observadas usadas nesse estudo são provenientes das estações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As séries simuladas são do Projeto Reanalysis do NCEP/NCAR.

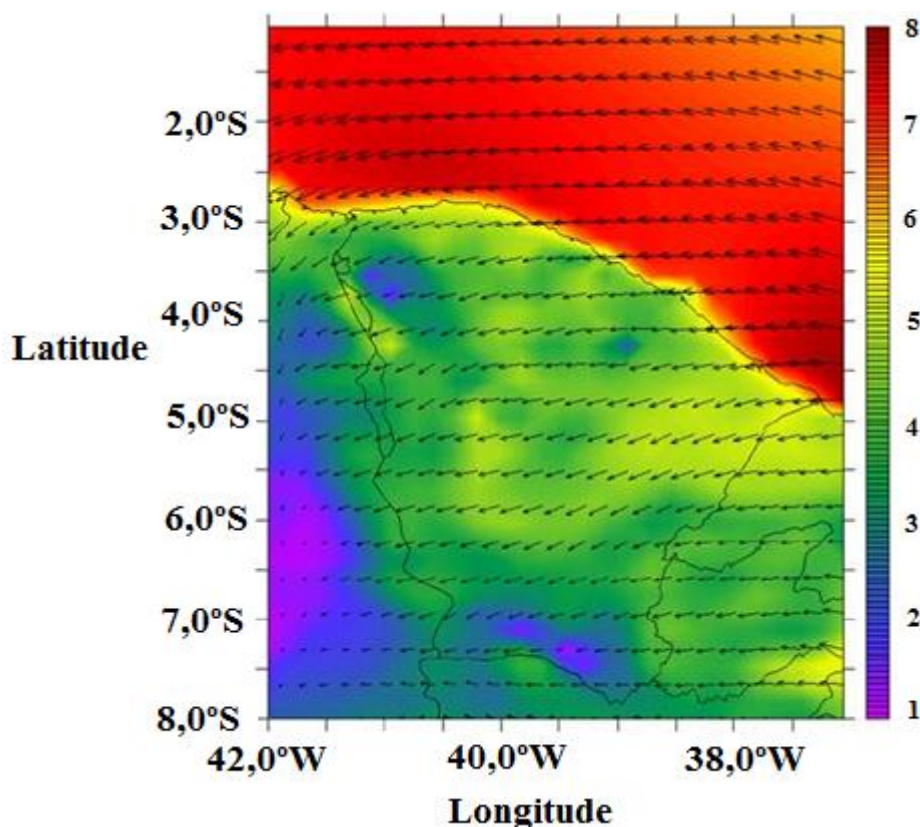
Os dados de vento do INMET são do município de Fortaleza – CE, observados a 10 metros de altura, nas estações meteorológicas de superfície, no ano de 2015.

Para a geração dos dados de Reanalysis são usados campos globais atmosféricos e de fluxos superficiais derivados dos sistemas de previsão numérica e de assimilação de dados do NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996; Kistler et al., 2001).

Foram calculados coeficientes de correlação (Spiegel, 1985) entre as séries de dados observados e simulados.

### 3. RESULTADOS

A “Figura 1” mostra a estimativa da velocidade média de vento (m/s) no Ceará para o mês de janeiro, calculada com o auxílio computacional do software FERRET.

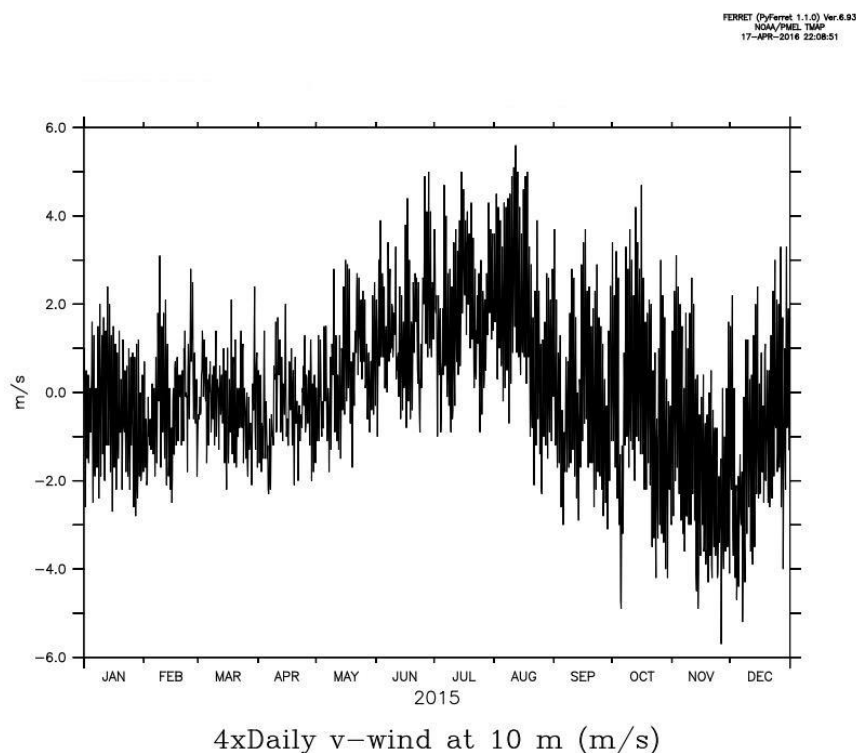


**Figura 1. Estimativa da velocidade média de vento (m/s) no Ceará para o mês de janeiro de 2015.**

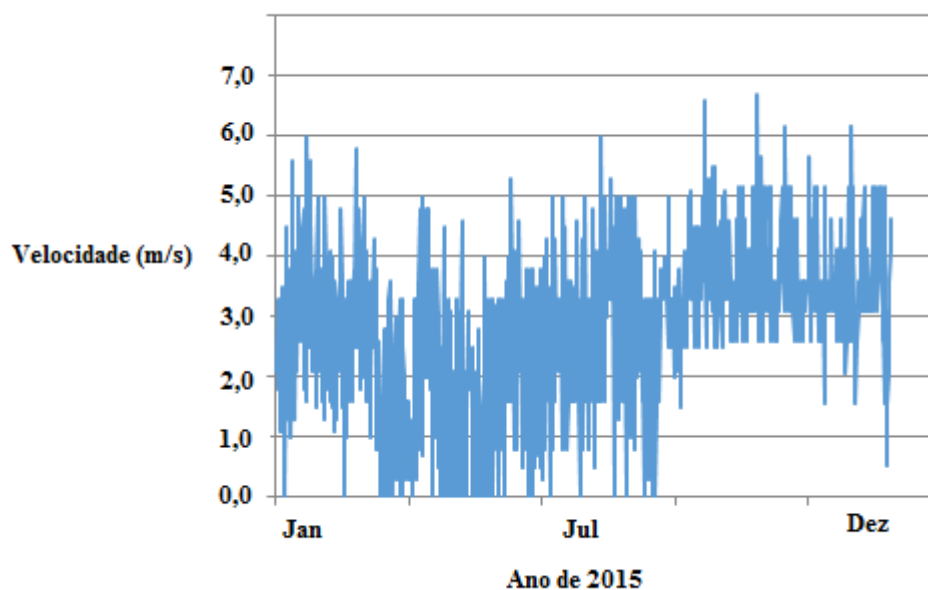
O programa FERRET (Ferramenta de modelagem numérica, <http://ferret.wrc.noaa.gov>) é basicamente uma ferramenta computacional que pode ser utilizado em várias aplicações científicas e tecnológicas, sendo bastante utilizado pela Meteorologia e Oceanografia. Ele possibilita visualizar os dados atmosféricos gerados pelo RAMS e gerar gráficos diversos, como os de velocidade e direção do vento em regiões específicas, no nosso caso Fortaleza. Foi desenvolvido pela *Thermal Modeling and Analysis Project* (TMAP) e NOAA/PMEL basicamente para analisar os resultados dos seus modelos numéricos oceânicos, e compará-las com os dados observados. É suportado em várias estações de trabalho UNIX, e é de uso compartilhado e gratuito (shareware) (Ferret, 2009).

O RAMS é baseado em um conjunto de equações que representam dados físicos de conservação da massa, em equações da dinâmica e termodinâmica da atmosfera, na conservação da água, em parametrizações de turbulência, radiação solar e terrestre, e ainda, em interações de nuvens, precipitação, dentre outros. As equações utilizadas no modelo RAMS compreendem: conservação da energia, conservação da massa (Equação da continuidade), a conservação do momento (Equação de Navier-Stokes), a conservação da água e a equação de estado do gás ideal (WALKO; TREMBACK, 2001). Estas equações podem ser encontradas em Walko e Tremback (2001).

O perfil de velocidade para a cidade de Fortaleza no ano de 2015 utilizando os dados do Reanalysis pode ser visualizado na “Fig. 02”. Este gráfico foi criado através do software Ferret, pois os arquivos advindos do Reanalysis estão compactados no formato NetCDF. Os dados do INMET são visualizados na “Fig. 03”. Este gráfico foi elaborado utilizando o Microsoft Excel.

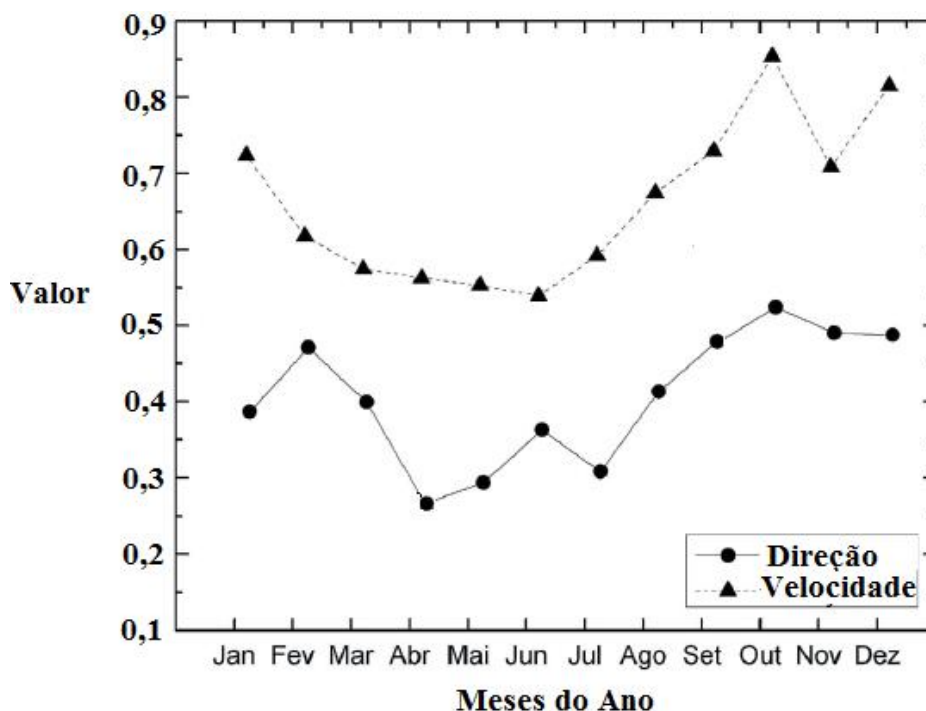


**Figura 2. Perfil de velocidade (m/s) em Fortaleza para o ano de 2015. Fonte de dados: Reanalysis.**



**Figura 3. Perfil de velocidade (m/s) em Fortaleza para o ano de 2015. Fonte de dados: INMET.**

A Figura 04 mostra os valores do coeficiente de correlação mensal entre os dados de velocidade e direção do vento, observados na cidade de Fortaleza - CE (Fonte: INMET), e os obtidos no conjunto de dados de Reanalysis, no ano de 2015. Os resultados mostram que para o período em estudo os valores do coeficiente para a direção do vento velocidade do vento variam de 0.55 a 0.87, nos meses de junho a outubro, respectivamente. Em relação à direção do vento, os valores variam de 0.26 a 0.5, em abril e outubro, respectivamente.



**Figura 4. Valores do coeficiente de correlação médio mensal da velocidade e direção do vento entre os dados observados (INMET) e os de Renalysis para o município de Fortaleza-CE para o ano de 2015.**

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados mostram que para o Município de Fortaleza-CE, os valores dos coeficientes de correlação médio mensal e mensal encontrados para velocidade e direção do vento, entre as séries de dados estudados, não fornecem segurança para as aplicações sugeridas. Especula-se que esse fato deve-se a topografia utilizada no modelo numérico global usado no Projeto Reanalysis do NCEP/NCAR.

Assim, conclui-se que para as regiões e os períodos investigados, os dados de vento, a 10 metros de altura, gerados no Projeto Reanalysis do NCEP/NCAR não fornecem confiabilidade para o uso na quantificação dos recursos eólicos.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e aos organizadores do evento pela oportunidade de participação no CONEM 2016.

#### 6. REFERÊNCIAS

- DE MARIA, P. H.; COSTA, A. A.; SOMBRA, S. S. Modelagem numérica em alta resolução para previsão de geração de energia eólica no Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 23, n.04. 2008.
- KALNAY, E.; e COAUTORES. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, v.77, n.3, p.437-472, 1996.
- KISTLER, R.; e COAUTORES. The NCEP-NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly Means: CD-ROM and Documentation. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, n.82, p.247-267, 2001.
- LIMA, F. J. L.; AMANJÁS, J. C.; GUEDES, R. V. S.; SILVA, E. M. Análises de Componente Principal e de Agrupamento para estudo de ventos para a geração de energia eólica na região do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science*: v. 5, n. 2, 2010.
- OLIVEIRA, J. L.; COSTA, A. A. Estudo de variabilidade do vento em escala sazonal sobre o Nordeste Brasileiro utilizando o RAMS: Os casos de 1973-1974 e 1982-1983. *Rev. Bras. Met.*, v.26,n.1,53-66,2011
- SPIEGEL, M. R. Probabilidade e estatística. 2. ed. New York: Mc Graw-Hill, 1985. (Coleção Schaum)
- WALKO, R. L.; TREMBACK, C. J. RAMS: Regional Atmospheric Modeling System – Technical Description. Boulder (CO), 2001. 50 p. Disponível em: <[http://www.atmet.com/html/docs/rams/rams\\_techman.pdf](http://www.atmet.com/html/docs/rams/rams_techman.pdf)>. Acesso em: 03 jun. 2016.

#### 7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

## MEASUREMENT OF WIND RESOURCES OF FORTALEZA USING DATA SERIES OF WIND VELOCITY BY THE NCEP/NCAR REANALYSIS PROJECT AND BY INMET

Max André Araújo Ferreira, [maxaaferreira@gmail.com](mailto:maxaaferreira@gmail.com)<sup>1</sup>  
Antônio Fernandes Bandeira Neto, [afbna.fbna@gmail.com](mailto:afbna.fbna@gmail.com)<sup>1</sup>  
Francisco de Assis Leandro Filho, [leandrofilho@unifor.br](mailto:leandrofilho@unifor.br)<sup>1</sup>  
Bruno Aragão Martins de Araújo, [brunoaragao84@hotmail.com](mailto:brunoaragao84@hotmail.com)<sup>1</sup>  
Rodrigo Alves Patrício, [rodrigo.patricio@unifor.br](mailto:rodrigo.patricio@unifor.br)<sup>1</sup>  
Francisco dos Santos Cavalcante Junior, [juniornum@gmail.com](mailto:juniornum@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Fortaleza - UNIFOR, [leandrofilho@unifor.br](mailto:leandrofilho@unifor.br)

**Abstract.** This study aims to analyze wind speed data to the coastal region of Ceará state, in order to perform a measurement of wind resources in the city of Fortaleza. This quantification of the wind resource aims to give support to the installation of future wind farms projects and verify the feasibility of estimating the wind potential of a region in the absence of local wind data. Were analyzed in this study, wind speed data using data from Reanalysis through the "National Centers for Environmental Prediction" (NCEP) and the "National Center Atmospheric Research" (NCAR). It carried out a statistical analysis through the observed wind data series and Reanalysis is giving particular emphasis to the series of re-analysis prepared by the NCEP / NCAR. The observed data are measured at 10 meters high on a weather station surface the National Institute of Meteorology (INMET). The main result is expected to analyze the reliability of data provided by the Reanalysis.

**Keywords:** Reanalysis, INMET, Wind Speed.