

# 1

## Introdução

As fontes renováveis de energia representam uma das alternativas para atender o crescimento de demanda energética. Entre tais fontes, a energia eólica emerge como uma das mais promissoras, tendo experimentado um crescimento acelerado nos últimos anos. Suas vantagens decorrem principalmente do fato de ser de natureza barata, uma vez que o parque eólico é instalado, inesgotável e, sobretudo limpa.

Atualmente, o vento é transformado em energia elétrica através de turbinas eólicas (aerogeradores), ver 1.1. Estes, de maneira resumida, são geradores elétricos capazes de captar o vento, transformando a energia cinética gerada pela movimentação de suas pás (cata-vento) em energia elétrica. Em geral, os aerogeradores são dispostos em grupos para captar a maior quantidade de vento útil, constituindo assim um parque eólico.



Fonte: InfoEscola

Figura 1.1: Aerogeradores

Algumas críticas a esse tipo de gerador residem no fato de interferirem nos hábitos de certas aves, além de gerarem poluição sonora, visual e, sobretudo, da dificuldade de encontrar regiões que permitam a sua instalação já que devem ser alocados em locais com vento abundante, porém não muito fortes de maneira a não comprometer a integridade do aerogerador.

Segundo o Global Wind Energy Council (GWEC), a capacidade acumulada de geração de energia através do vento até dezembro de 2010 era de 194.390 MW. Ainda segundo o GWEC, a China é o país com a maior capacidade energética acumulada através de energia eólica com 42.287 MW, representando 21,8% do total de energia mundial gerada através do vento. Os EUA e Alemanha, tradicionais mercados desse tipo de energia, tinham capacidade de geração, em dezembro de 2010, de 40.180 MW e 27.214 MW, respectivamente, o que representava 20,7% e 14% do total mundial de energia eólica produzida, ver figura 1.2.

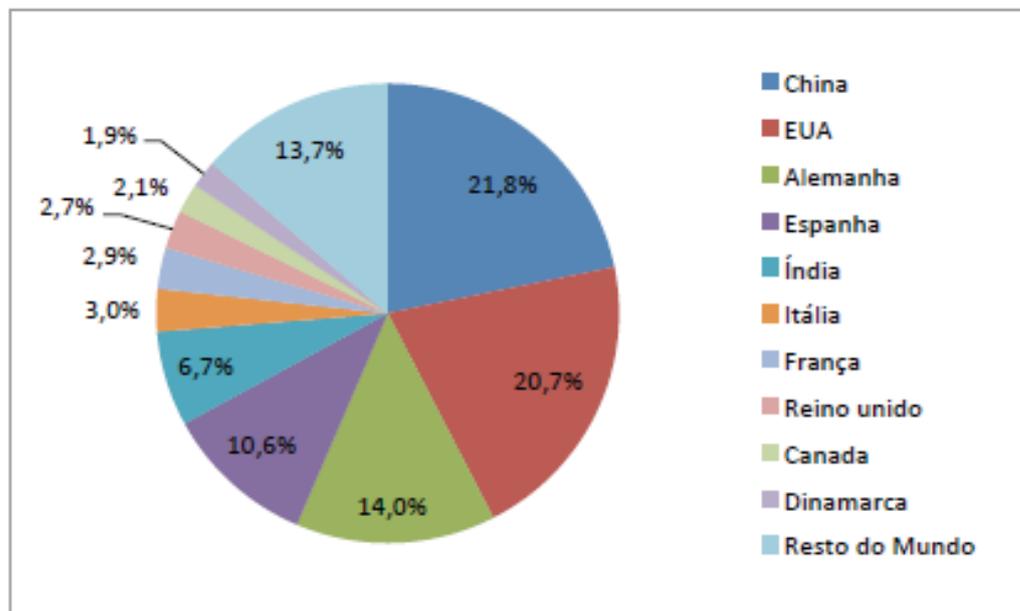
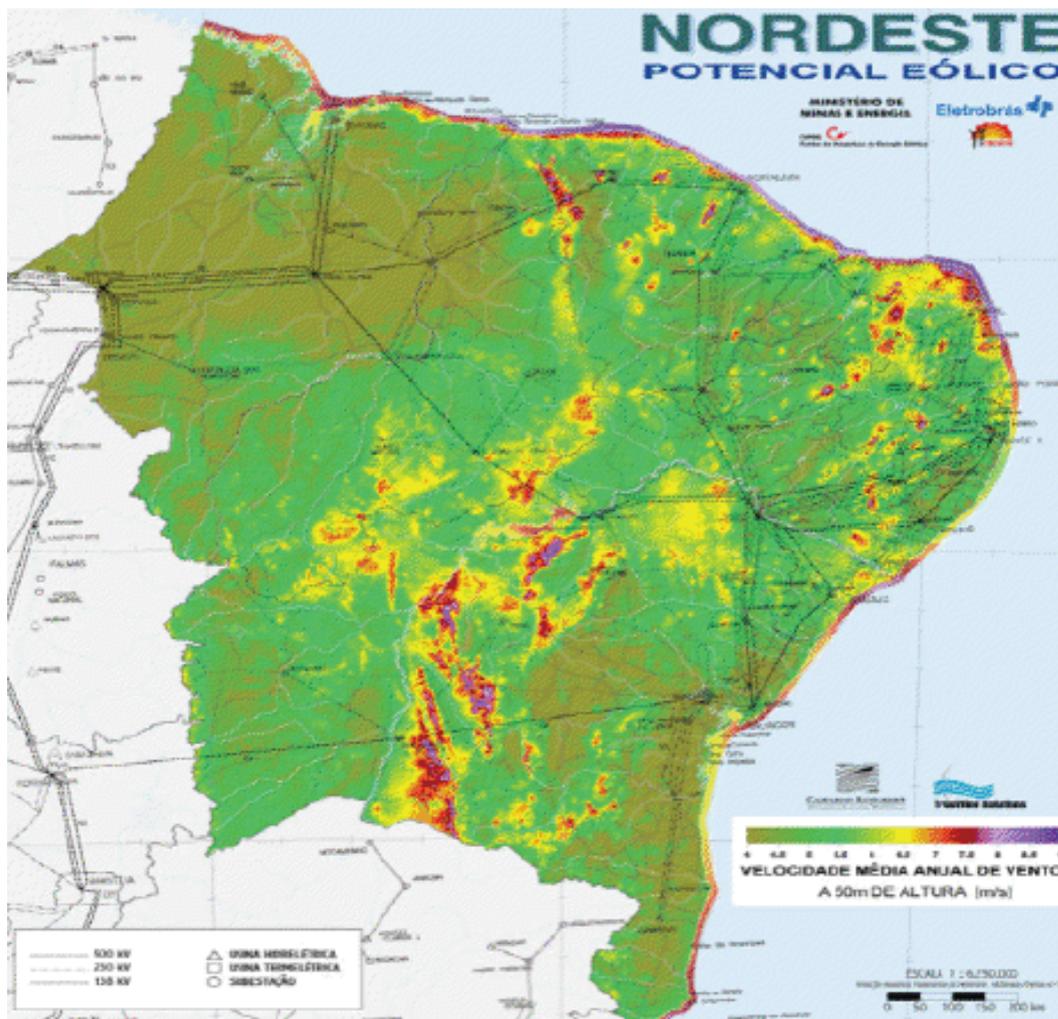


Figura 1.2: Distribuição de energia eólica mundial em 2010

O Governo Brasileiro dá indícios de que está disposto a investir neste tipo de energia. O programa de incentivo às fontes alternativas de energia (PROINFA), aprovado pelo congresso nacional em 2002, é um exemplo de que o país caminha em direção a este tipo de geração. O PROINFA prevê a implantação de 1.422,92 MW provenientes de 54 usinas eólicas. Segundo o GWEC, dentre as 54 usinas previstas, 40 já estão em operação, totalizando 900

MW. Além disso, segundo o GWEC, já existem 13 projetos em andamento, sendo a grande maioria prevista para ser conectado ao sistema já em 2011, totalizando mais 394,1 MW.

É importante ressaltar que o Brasil está em uma posição favorável à utilização desse tipo de energia já que sua localização geográfica é excelente, sobretudo no nordeste do país onde os ventos sopram de maneira abundante, ver figura 1.3.



Fonte: Atlas do Potencial Eólico

Figura 1.3: Potencial eólico no Nordeste

Entretanto, apesar de todos os benefícios da utilização da energia eólica, dada a natureza variável do vento, torna-se difícil prevê-la. Conseqüentemente, uma vez que seja conectada ao sistema elétrico, essa dificuldade de previsão

gera implicações negativas nas operações de planejamento, manutenção e despacho. Portanto, existe a necessidade de se obter estimativas precisas para que os operadores possam se programar de maneira segura.

## 1.1

### Métodos de Previsão de Vento

A previsão da velocidade de vento tem papel fundamental para a operação do sistema elétrico. Tal fato advém da seguinte relação que o vento mantém com a capacidade de geração de energia:

$$P = 0,5 \cdot C_p \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (1-1)$$

Onde:

$P$  é a potência eólica

$C_p$  é o coeficiente de potência que indica o quanto (%) da potência disponível no vento pode ser aproveitada na turbina

$\rho$  é a densidade do ar

$A$  é a área varrida pelo rotor

$V$  é a velocidade do vento

Fica claro na equação acima a importância de prever de maneira correta a velocidade do vento, já que o mesmo tem uma relação cúbica com a potência eólica e, portanto, pequenas variações na velocidade do vento podem resultar em grandes variações na potência gerada.

Em geral, os métodos de previsão de vento baseiam-se em dois tipos de abordagens: modelos apoiados na física e modelos estatísticos. Uma extensa gama de técnicas tem sido desenvolvida nessa área, utilizando os dois tipos de abordagem. Os modelos baseados na física tentam se valer das propriedades físicas do vento para fazer estimativas e previsões. Já os modelos de abordagem estatística tentam encontrar relações entre variáveis de modo a realizar as melhores previsões possíveis. É importante ressaltar que diversas vezes as abordagens são utilizadas em conjunto de maneira a tentar obter o melhor resultado possível.

O foco desta dissertação será na abordagem estatística. Esta tem apresentado bons resultados no curto prazo. Como exemplos deste tipo de abordagem, temos modelos produzidos por redes neurais, lógica nebulosa, modelos

híbridos (neuro-nebuloso), modelos bayesianos, modelos de memória longa etc.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um modelo que seja capaz de prever com maior acurácia a velocidade do vento para geração de energia.

O capítulo II fará uma breve apresentação do banco de dados utilizado para o desenvolvimento dessa dissertação, bem como o motivo da escolha do período utilizado para elaboração desse trabalho. No capítulo III é detalhada a metodologia utilizada para a elaboração dos modelos propostos e utilizados, bem como as métricas de comparação dos resultados. O Capítulo IV é dedicado à análise exploratória dos dados de maneira a justificar a escolha dos modelos a serem utilizados. O capítulo V apresenta a aplicação dos modelos à série temporal de velocidade de vento na estação anemométrica de São João do Cariri - PB. O Capítulo VI finaliza a dissertação apresentando as considerações finais, bem como sugestões para trabalhos futuros. O capítulo VII apresenta as referências bibliográficas utilizadas na elaboração dessa dissertação.