

## Avaliação do potencial eólico no município de Jaguaruana, litoral cearense

Francisco José Lopes Lima<sup>1</sup>, Roni Valter de Souza Guedes<sup>1</sup>,  
Ana Paula Nunes da Silva<sup>1</sup>, Emerson Mariano da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mestrado em Meteorologia/Universidade Federal de Campina Grande, PB

<sup>2</sup>Mestrado em Ciências Físicas Aplicadas  
Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE  
e-mail: thescolopes@yahoo.com.br

### Resumo

O objetivo do trabalho foi estudar a variação da velocidade e direção do vento, bem como determinar a potência eólica da região selecionada. Apresenta-se neste estudo uma avaliação preliminar do potencial eólico no município de Jaguaruana, região litorânea do Estado do Ceará, através de uma série de dados de velocidade do vento obtidos de uma Plataforma de Coleta de Dados (PCD) da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), no período de janeiro de 2004 a dezembro de 2006. Para tanto, identificou-se o perfil do vento para velocidade a 110 m de altura, com isso, estimaram-se os parâmetros da distribuição de Weibull para a determinação da densidade de potência eólica mensal média para os três anos em estudo. Em função dos resultados apresentados neste trabalho, pode-se concluir que a direção predominante do vento em Jaguaruana é de leste com variações entre nordeste e sudeste. A região tem um potencial eólico satisfatório com ótimos resultados de densidade de potência. Os resultados mostraram que a localidade de Jaguaruana obteve valores satisfatórios e bons resultados para o fator de capacidade, variando entre 20% e 35%.

**Palavras-chave:** densidade de potência; Weibull; fator de capacidade.

### Summary

This paper objective was to study the variation of speed wind and direction, and to determine the wind power in the selected region. It is presented in this study, a preliminary assessment of wind potential in the municipality of Jaguaruana, coastline region of Ceará State, using data of speed wind obtained in a Meteorological Data Acquisition Equipment (Plataforma de Coleta de Dados - PCD) of Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

(FUNCEME), from January 2004 to December 2006. For this, it was identified the wind speed profile for 110 meters, with that the Weibull distribution parameters was estimated to determine the monthly average of density of wind power for the three years studied. In accordance with the results presented in this paper, it was conclude that in Jaguaruana the predominant wind direction is from east with variations between northeast and southeast. The region has a good wind potential with excellent results in power density. The results showed that the location of Jaguaruana obtained satisfactory values and good results for the capacity factor, ranging between 20% and 35%.

**Keywords:** power density; Weibull; capacity factor.

### Introdução

Segundo Sauer *et al* (2006), o Brasil oferece excelentes sítios para instalação de parques eólicos, sendo as áreas costeiras as melhores. No entanto, sugere-se que, no interior, particularmente nos Estados do Nordeste, onde está inserido o Estado do Ceará, encontram-se sítios com capacidade de geração de energia eólica.

A maioria dos estudos relacionados à potência dos ventos se concentra no problema do ajuste de distribuições estatísticas aos dados de velocidade do vento (Justus *et al.*, 1976; Van der Auwera *et al.*, 1980; Sansigolo, 2005).

Em relação aos estudos observacionais, que visam a caracterizar os regimes predominantes de ventos, bem como quantificar os recursos eólicos e identificar possíveis áreas de geração de energia na região nordeste do Brasil, pode-se destacar o estudo de Barreto *et al.* (2002), que usaram dados de direção e velocidade do vento em superfície e a 10 metros de altura, provenientes de 77 estações meteorológicas de superfícies do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), espalhadas por toda a região Nordeste do Brasil, para estudar o ciclo diário do vento em superfície em toda essa região. Esse estudo mostrou que nas áreas litorâneas o vento intensifica-se no período diurno, atingindo intensidade máxima no início-meio da tarde em resposta ao escoamento médio de grande escala e da brisa marítima, e, se desintensifica no período noturno com a atuação da brisa terrestre, no sentido do escoamento médio de grande escala, o que ocasiona um mínimo de intensidade no final da noite - início da manhã.

Silva *et al.* (2002), em estudos de caracterização predominante do regime dos ventos na Bahia, usando dados de velocidade e direção do vento a 10 metros de altura, provenientes de 22 estações meteorológicas, do período de janeiro de 1977 a dezembro de 1981, verificaram que a distribuição de frequência Weibull representou adequadamente a distribuição de frequência da velocidade do vento, propiciando a identificação de áreas com grande potencial de geração de energia eólica no Estado.

O estudo observacional de Silva (2003), para caracterizar os regimes de ventos na região Nordeste do Brasil para aplicação em projetos de centrais eólicas em regiões litorâneas, mostrou que a climatologia observada dos ventos na região Litoral Norte do Nordeste, onde se encontra o litoral do Estado do Ceará, é condicionada principalmente por dois mecanismos eólicos: o comportamento dos ventos Alísios, em grande escala, e as brisas marítimas, em escala regional. O primeiro, com periodicidade anual, regulada pela movimentação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e o segundo possui periodicidade diária, regulado apenas pelo gradiente térmico terra-mar.

Nesse sentido, objetiva-se neste trabalho investigar o potencial eólico e seus aspectos em Jaguaruana no Estado do Ceará no período de janeiro de 2004 a dezembro de 2006.

## Materiais e métodos

### *Materiais*

Os dados utilizados neste estudo, velocidades horárias médias do vento e suas respectivas direções, são provenientes da rede de Plataforma de Coleta de Dados (PCD) da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e compreendem um período de Janeiro de 2004 à Dezembro de 2006. Os sensores estão instalados a 10 metros acima do solo. A direção do vento foi dividida em oito faixas centradas nas direções Norte (0°) a Noroeste (315°), cada faixa corresponde a 45°. Por exemplo, a direção Norte compreende os ventos com direção entre 0° e 22,5° e Nordeste de 22,5° e 45°.

### *Métodos*

Os dados de vento foram medidos a 10 m de altitude. Por essa razão, foi utilizada uma expressão logarítmica para estimar a velocidade do vento na altura de 110m. Conforme a Equação 1.

$$V(z) = V(z_r) \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_r}{z_0}\right)} \quad (1)$$

em que  $V(z_r)$  é velocidade na altura de referência (10 m),  $V(z)$  é a velocidade na altura desejada,  $Z$  é altura desejada,  $Z_r$  é altura de referência e  $Z_0$

é a rugosidade da região, neste caso foi adotado, 0,03 m.

Foi selecionada uma turbina comercial para exemplificar a produção de energia na região em estudo, a AAER A-2000/84 da empresa AAER, com potência nominal de 2.000 kW, diâmetro do rotor de 84 m e altura de cubo numa faixa de 110 m.

Foi constatado que, para a maioria das ocorrências de vento, a distribuição de Weibull (Equação 2) fornece um bom ajuste (Justus *et al.*, 1976; Sansigolo, 2005; Silva *et al.*, 2004). A distribuição de Weibull é descrita matematicamente como:

$$f(V) = \frac{k}{c} \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right] \quad (2)$$

em que  $c$  é o parâmetro de escala,  $\text{m.s}^{-1}$  e positivo,  $k$  é o parâmetros de forma, adimensional e positivo, e  $V$  é a velocidade do vento ( $\text{m.s}^{-1}$ ).

A função distribuição acumulada é dada pela Equação 3, que indica a probabilidade de se encontrar um valor de velocidade entre 0 e  $V$ . Ao multiplicar esse valor pelo número de horas do período em que os dados foram coletados, tem-se a fração do tempo em que a velocidade permaneceu entre os dois valores.

$$F(V) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right] \quad (3)$$

em que  $k$  é o fator de forma e determina a forma da curva da distribuição de Weibull. Esse parâmetro revela a regularidade dos ventos, ou seja, quanto maior o valor de  $k$ , maior será a regularidade dos ventos em termos de velocidade, mais estreita será a curva de distribuição,  $c$  é o parâmetro de escala e o fator característico da distribuição (Castro, 2005).

Os parâmetros de Weibull foram determinados seguindo o mesmo procedimento adotado por Kuhnen *et al.* (2004).

Para descrever o comportamento do potencial eólico de uma região, são necessárias informações como velocidade mensal média, densidade de potência do vento, fator de capacidade e energia produzida em 1 ano, pelo menos. Sendo as duas últimas dependentes do aerogerador. Essas informações foram calculadas como descritas em Carvalho (2003), Manwell (2002).

A densidade de potência eólica ( $P_v$ ) do fluxo instantâneo do vento ( $\text{W.m}^{-2}$ ) foi calculada com base nos parâmetros de Weibull, conforme a equação abaixo:

$$P_v = \frac{1}{2} \rho E (V^3) \quad (4)$$

em que  $E(V^3)$  é o terceiro momento centrado na origem que, para a distribuição de Weibull, é descrito como:

$$E(V^3) = c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (5)$$

em que  $\Gamma$  é a função matemática gama.

Em seguida, determinou-se o valor da potência média equivalente fornecida pelo aerogerador, no intervalo de tempo analisado, conforme a Equação 6.

$$\bar{P} = \int_{v_0}^v D(V) dF(V) \quad (6)$$

em que  $P(V)$  representa a potência em função da velocidade do vento, de acordo com a curva de potência do aerogerador.

A energia produzida por um aerogerador depende da potência de saída e do tempo de permanência do aerogerador nessa potência. E a potência de saída depende da velocidade do vento e do rendimento do aerogerador. A energia produzida é dada pela Equação 7.

$$E = \int_{v_0}^v D(V) T F(V) \quad (7)$$

em que  $T$  é o intervalo de tempo entre as medidas, nesse caso de 1 hora.

O fator de capacidade ( $FC$ ) representa a razão entre a energia produzida, ou esperada, num determinado intervalo de tempo  $T$ , e a energia máxima, capaz de ser gerada, naquele sítio, por um determinado aerogerador que opere, continuamente, com potência nominal, no intervalo  $T$ . O  $FC$  é utilizado para se avaliar a eficiência de geração de um determinado sítio, em função de determinado aerogerador é calculado pela Equação 8.

$$FC = \frac{E}{P_N T} \quad (8)$$

em que  $P_N$  representa a potência nominal do aerogerador. Valores de  $FC$  acima de 0,20 são considerados satisfatórios e bons, quando acima de 0,3 (Martinez, 2003).

## Resultados

### *Energia eólica na estação em estudo*

A velocidade do vento à superfície varia bastante com o tempo e caracteriza-se por intensas oscilações, cuja rapidez e amplitude estão rela-

cionadas com o estado de agitação do ar, que constitui a turbulência. Essa agitação denuncia a passagem, pelo local de observação, de turbilhões de diferentes tamanhos. Uma variação brusca na velocidade do vento chama-se rajada e geralmente é acompanhada por uma variação igualmente brusca na direção.

A Figura 1 representa as médias calculadas para cada mês durante os três anos em estudo. Nela é possível perceber que, ao longo dos anos de 2004 a 2006, foram registradas algumas rajadas de vento que atingiram entre  $5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  e  $6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  para ventos a 10 m e velocidades superiores a  $7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  para as velocidades de vento a 110 m, acima do nível do solo. No ano de 2006, observa-se no mês de maio valor nulo de velocidade. Esse fato se deve à ausência de dados neste período, o que não prejudica a análise nos demais meses.

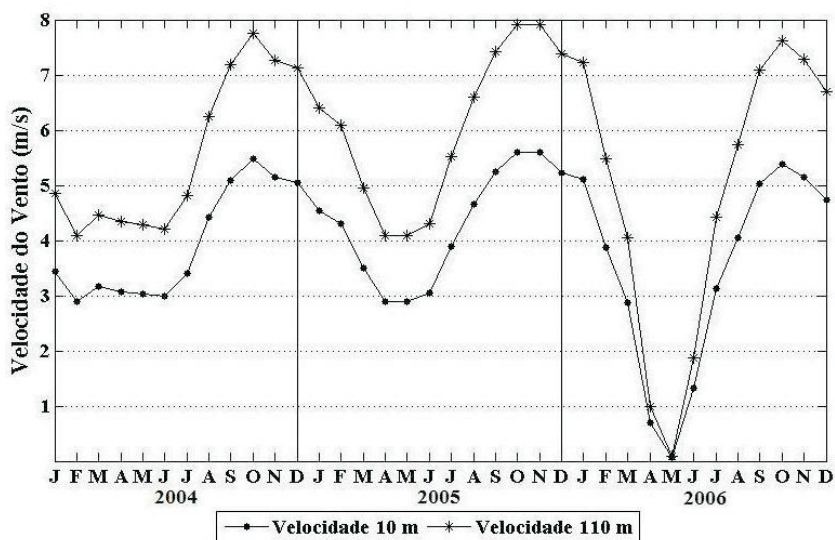


Figura 1. Variação média mensal das velocidades do vento nos anos em estudo para Jaguaruana, CE.

A direção do vento exprime a posição do horizonte aparente do observador a partir do qual o vento parece provir e nunca para onde o vento estaria indo. A direção é expressa em termos de graus, referente ao ângulo que o vetor velocidade do vento forma com o norte verdadeiro do local, medido no sentido horário.

Na Figura 2, observa-se a direção mensal para os três anos e pode-se verificar vento calmo nos três anos de estudo para o município de Jaguaruana (CE).

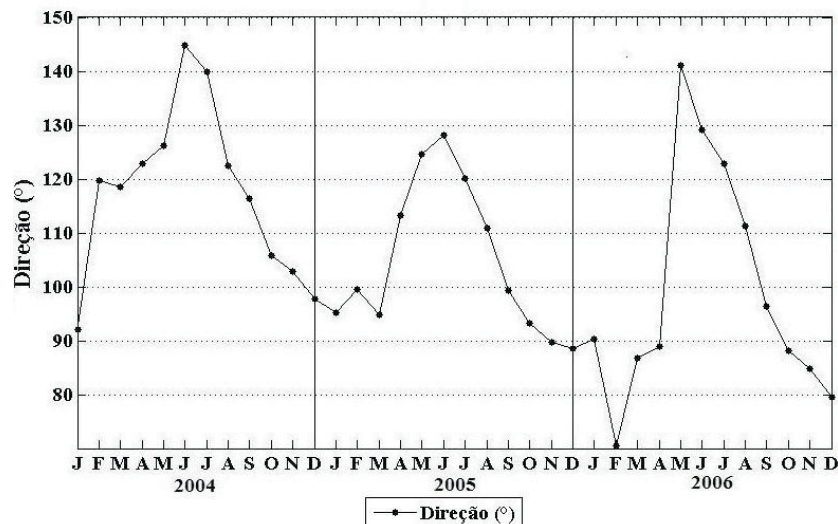


Figura 2. Variação média mensal da direção do vento nos anos em estudo para Jaguaruana, CE.

Na Figura 3, é mostrado o ciclo anual da velocidade média do vento. No período de janeiro a maio, houve uma queda na velocidade do vento que pode ser explicada pelo período chuvoso no Estado do Ceará, ou seja, período de menor incidência de vento no Estado. No restante do ano, tem-se um aumento na velocidade do vento, explicado pelo período de seca no Estado, onde se tem maiores incidência de vento.

Ainda pela Figura 3, observando-se as médias mensais, é possível notar que os valores nos meses de março a junho registraram variações entre  $2 \text{ m.s}^{-1}$  e  $4 \text{ m.s}^{-1}$ . Percebe-se que os valores máximos encontrados foram nos meses de julho a novembro, com valores variando entre  $3 \text{ m.s}^{-1}$  e  $6 \text{ m.s}^{-1}$ , para vento a 10 m de altura. Para velocidade a 110 m acima do solo, observa-se valor máximo no mês de outubro com valores de aproximadamente  $8,0 \text{ m.s}^{-1}$  e menor valor no mês de maio, com  $2,8 \text{ m.s}^{-1}$ . Essas medições mostram uma característica interessante, com presença de ventos máximos no segundo semestre (final do inverno, primavera e início do verão).

Analisando o ciclo diário da velocidade (Figura 4), observam-se valores baixos no período da madrugada (entre 1 e 7 horas locais) e altos valores são encontrados no período compreendido entre 10 e 18 horas locais. Valores máximos são observados no horário da tarde onde há circulações locais de mesoescala, como as brisas marítimas.

Foram computados gráficos de Rosa dos Ventos (Figura 5) para Jaguaruana, para velocidade e direção do vento localizado a 10 m e 110 m

acima da superfície. Percebe-se que, ao longo do período em estudo, os ventos foram predominantes de leste, variando de  $45^\circ$  a  $135^\circ$ , ou seja, variando de nordeste a sudeste.

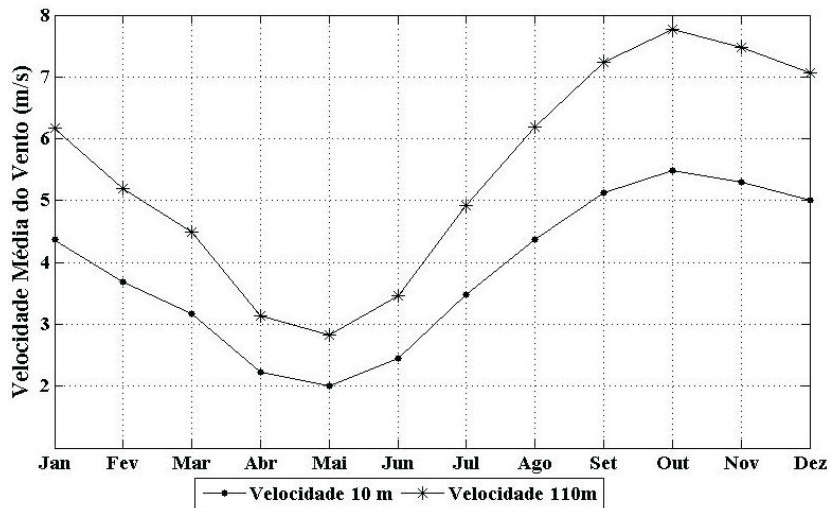


Figura 3. Ciclo anual da Velocidade média (m/s) e Velocidade do vento no nível 110m acima do solo.

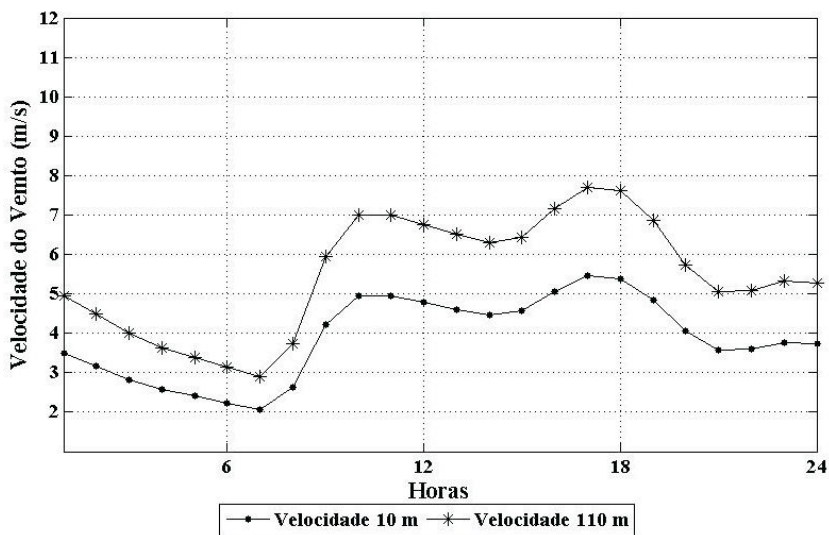


Figura 4. Ciclo diário da velocidade do vento



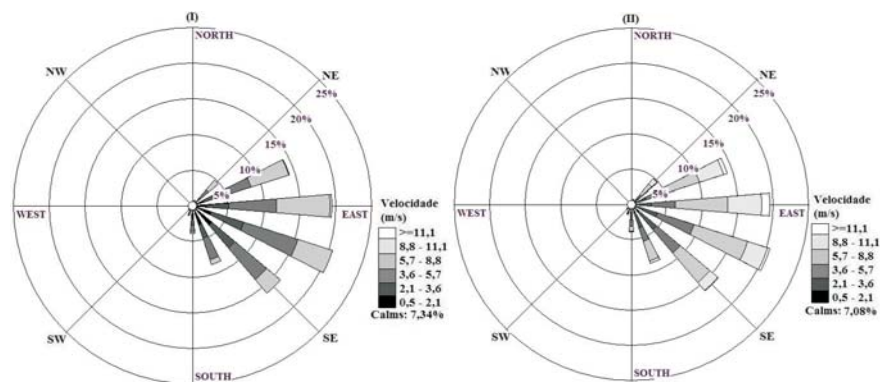


Figura 5. Rosa dos Ventos, velocidade e direção do vento para vento a 10m e 110m acima da superfície. (I) 10m de altura e (II) 110m de altura.

Outra informação obtida com o tratamento dos dados é a distribuição de frequência das velocidades de vento. A Figura 6 mostra a frequência com que são atingidas determinadas faixas de velocidade do vento, para ventos 10 m e 110 m acima do solo. A curva sobreposta às faixas de velocidade representa a distribuição de Weibull, uma distribuição de probabilidade comumente usada para caracterizar a amplitude da distribuição de velocidades dos ventos.

A melhor distribuição de Weibull tem como resultados os mostrados na Figura 6.

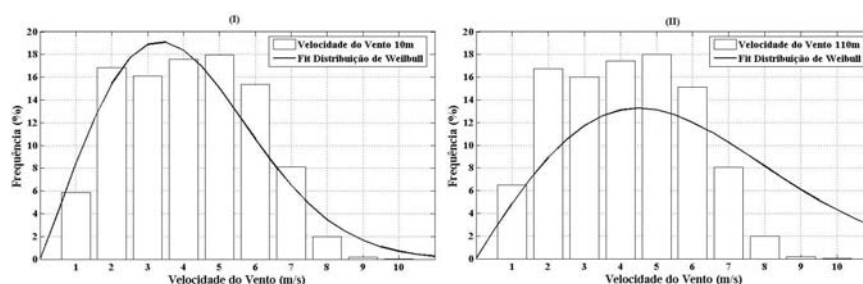


Figura 6. Função distribuição de frequência e o melhor ajuste da distribuição de Weibull para a Velocidade do Vento em 10 m e 110m acima da superfície, (I) Velocidade do Vento 10m e (II) Velocidade do Vento 110m.

A distribuição de frequência da velocidade dos ventos revela que, em Jaguaruana, para ventos 10 m acima da superfície, a maior ocorrência de ventos é na faixa de  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a  $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , enquanto que, para velocidades a 110 m, observa-se o mesmo padrão de ventos a 10 m.

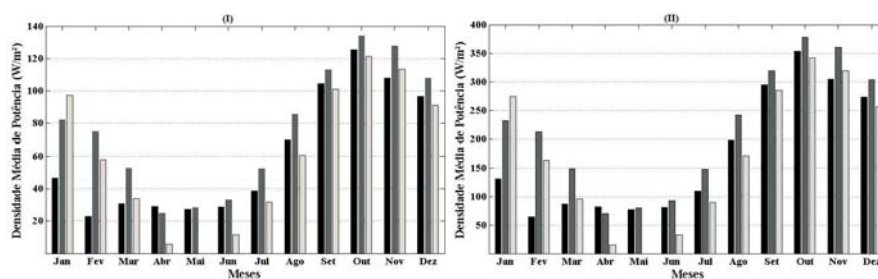
*Estimativas da densidade de potência eólica na região em estudo*

Para estimar a energia gerada em Jaguaruana (CE), foi calculada a densidade de potência eólica através dos parâmetros de Weibull, baseado nos gráficos analisados anteriormente. Observam-se na Tabela 1 os principais parâmetros do potencial eólico da estação.

Observa-se na Tabela 1 que o teor médio de energia para a estação de Jaguaruana para vento a 10 e 110 m acima do solo é de 577 e 1.628 kWh. m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>, respectivamente. As velocidades médias encontradas foram de 5,5 m.s<sup>-1</sup> para vento a 110 m acima do solo e 3,9 m.s<sup>-1</sup> para vento a 10 m de altura. A densidade média de potência para o período em estudo foi de 186 W.m<sup>-2</sup> para vento a 110 m de altura e 66 W.m<sup>-2</sup> para vento a 10 m.

**Tabela 1.** Parâmetros meteorológicos das estações.

Parâmetros	Jaguaruana - CE	
	Simulado 110 m	Velocidade 10 m
Média da velocidade do vento (m.s <sup>-1</sup> )	5,5	3,9
Weibull k	1,5	1,5
Weibull c (m.s <sup>-1</sup> )	5,9	4,2
Média da densidade de potência (W.m <sup>-2</sup> )	186	66
Teor médio de energia (kWh. m <sup>-2</sup> .ano <sup>-1</sup> )	1.628	577



**Figura 7.** Densidade média de potência para velocidade do vento, (I) velocidade do vento a 10 m, (II) velocidade do vento a 110 m de altura acima da superfície em W.m<sup>-2</sup>.

Pela Figura 7, observa-se que a maior potência eólica é encontrada nos meses de julho a dezembro com valores variando entre 55 W.m<sup>-2</sup> e 130 W.m<sup>-2</sup> para vento a 10 m e cerca de 150 W.m<sup>-2</sup> e 380 W.m<sup>-2</sup> para vento de 110 m. No ano de 2005, obtiveram-se os melhores resultados com valores mai-

ores que  $20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  para todos os meses em estudo, para vento a 10 m de altura e para vento a 110 m, o qual obteve médias acima de  $60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Com base nos dados em estudo, foram elaboradas tabelas e gráficos de velocidade do vento a 10 m e velocidades do vento 110 m, acima do solo, descritos nas seções anteriores. Dessas tabelas e gráficos, foram extraídas as informações necessárias para elaborar gráficos de distribuição espacial da densidade de potência eólica média.

Na região litorânea em estudo, os ventos alísios favorecem a penetração de brisa marítima no continente durante os períodos de máxima. Nessas épocas, maiores intensidades de potência eólica encontram-se adentradas no continente.

Na Figura 8, tem-se a curva de potência do aerogerador AAER A-2000/84 da empresa AAER, com potência nominal de 2.000 kW, diâmetro do rotor de 84 m e altura de cubo numa faixa de 110 m. De acordo com a curva, o aerogerador só estaria operando a partir de velocidade de  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  e só operaria com potência nominal para velocidades superiores  $13 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Desse modo, mesmo com excelentes médias de vento na localidade em estudo, na maior parte do tempo, o aerogerador estará operando abaixo da potência nominal. Dessa forma, a turbina eólica pararia de funcionar com velocidades superiores a  $22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , de acordo com a curva de potência do aerogerador utilizado neste trabalho.

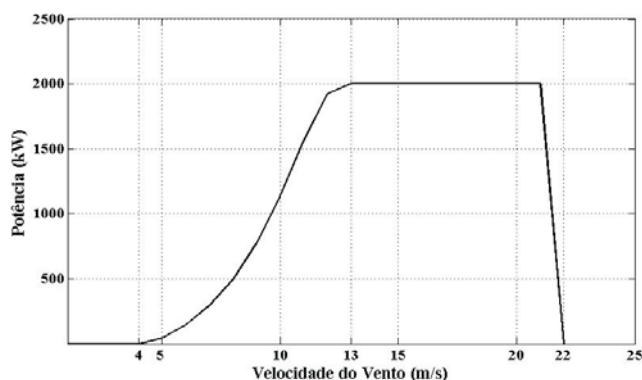


Figura 8. Curva de potência do aerogerador AAER A-2000/84 da empresa AAER, com potência nominal de 2000 kW, diâmetro do rotor de 84 m e altura de cubo numa faixa de 110 m.

Na Figura 9, é apresentada a curva de duração de potência para o período de três anos (26.304 horas), que indica o número de horas em que o aerogerador esteve operando acima de certo valor de potência. Pode-se observar que a turbina eólica funcionou apenas algumas horas com sua po-

tência nominal de 2.000 kW. Durante os três anos em estudo, o aerogerador funcionou ao todo cerca de 20.000 horas, sendo que, no restante das horas, ele não produziu energia. A maior quantidade de energia foi produzida em 7.500 horas no período de três anos da pesquisa.

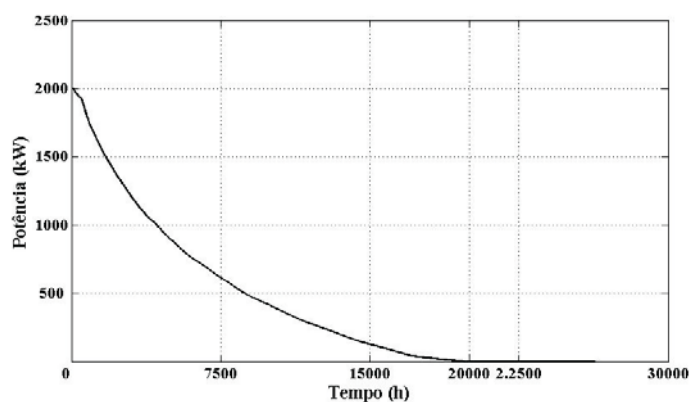


Figura 9. Curva de Duração de Potência do aerogerador para Jaguaruana, CE.

Tabela 2. Valores mensais das principais variáveis encontrados nos três anos em estudo para o Município de Jaguaruana, CE.

Mês	V média (m.s <sup>-1</sup> )	P médio (kW)	E (KWh.ano <sup>-1</sup> )	FC (%)
Janeiro	6,16	419,2	311,9	21,0
Fevereiro	5,20	277,3	186,3	13,9
Março	4,49	203,6	151,5	10,2
Abril	3,14	96,4	69,4	4,8
Mai	2,82	92,2	68,6	4,6
Junho	3,47	123,2	88,7	6,2
Julho	4,92	214,6	159,6	10,7
Agosto	6,19	396,3	294,8	19,8
Setembro	7,24	589,0	424,1	29,5
Outubro	7,76	696,5	518,2	34,8
Novembro	7,48	645,8	465,0	32,3
Dezembro	7,06	553,3	411,6	27,7

## Conclusões e recomendações

Deve ser apontado que os resultados do presente trabalho têm caráter necessariamente preliminar do ponto de vista da instalação de aerogeradores, apesar de consideráveis os dados analisados. O fato de as estações climatológicas se encontrarem distribuídas com propósitos sinóticos, obriga a uma análise genérica de áreas favoráveis.

Através deste trabalho, foi possível compreender como funcionam os sistemas de geração distribuída de energia que utilizam a fonte eólica, bem como podem contribuir para o fornecimento de energia elétrica de forma limpa e sustentável. Apesar de não serem instalados em larga escala até então, entende-se, com base no que foi levantado com as pesquisas, que há uma tendência global na utilização dos sistemas de geração distribuída de energia por fontes renováveis. Isso representa uma das soluções para a redução das emissões atmosféricas de CO<sub>2</sub>, colaborando com a redução do impacto das atividades humanas no aquecimento global.

Verificou-se que a direção predominante do vento em Jaguaruana (CE) é de leste com variações entre nordeste e sudeste. A região apresenta um excelente potencial eólico e solar com ótimos resultados de densidade de potência eólica.

Os dados mostraram que a velocidade média dos ventos analisados é relativamente alta para o aproveitamento eficiente de energia. A instalação de uma turbina eólica e células fotovoltaicas tornariam possível a geração de energia nesta cidade, contribuindo com a redução do consumo de energia entregue pela rede elétrica convencional.

Esses resultados preliminares mostram que, na região em estudo, a variabilidade do vento é pequena, o período de ventos mínimos coincide com o período chuvoso e o período máximo do vento, com o período mais seco.

Jaguaruana obteve valores de fator de capacidade nos meses de agosto a janeiro variando entre 20% e 35%, valores considerados satisfatórios e bons segundo Martinez (2006).

Nesse sentido, algumas recomendações podem ser ressaltadas para uma caracterização mais detalhada das regiões promissoras: medições de vento com técnicas micrometeorológicas; uso de torres com sensores em vários níveis; simulações com outras marcas de aerogeradores para identificar qual é o mais propício a ser instalado na localidade em estudo.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), pelos dados usados neste trabalho. À CAPES, pelo apoio financeiro aos alunos.

## Referências

- BARRETO, A. B.; ARAGÃO, M. R. S. Estudo do Ciclo Diário do Vento à Superfície no Nordeste do Brasil. In: **Anais...** Congresso Brasileiro de Meteorologia, foz do Iguacu – PR. Agosto de 2002. CDROM.
- CARVALHO, P. **Geração Eólica**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2003. 146 f.
- CASTRO, R. M. C. **Introdução à Energia Eólica**. Portugal, Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2005. 83 f.
- JUSTUS, C. G.; MIKHAIL, A. Height Variation of Wind Speed and Wind Distribution. **Geophysical Research Letters**, v. 03, 261-264, 1976.
- KUHNEN, G.; PASSOS, J. C.; COLLE, S.; REGUSE, W.; BEYER, H. G. Metodologia de Avaliação do Potencial de Geração Eólica para o Estado de Santa Catarina. In: **Anais...** III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. 2004.
- MANWELL, J. F.; MCGOWAN, J. G.; ROGERS, A. L. **Wind Energy – Theory, Design and Application**. Ed. John Wiley & Sons, LTD. 2002.
- MARTÍNEZ, C. Sistemas Eólicos de Producción de Energia Electrica. Ed. Rueda S. L, 2003.
- SANSIGOLO, C. A. Distribuição de Probabilidade de Velocidade e Potência do Vento. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 20, n.02, 207-214. 2005.
- SAUER, I. L.; QUEIROZ, M. S.; MIRAGAYA, J. C. G.; MASCARENHAS, R. C.; JÚNIOR, A. R. Q. Energia Renováveis: Ações e Perspectivas na Petrobras. **Bahia Análise e Dados**. Salvador. v.16, n.01, 9-22. 2006.
- SILVA, B. B.; ALVES, J. J. A.; CAVALCANTI, E. P.; VENTURA, E. D. Variabilidade espacial e temporal do potencial eólico da direção predominante do vento no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.2, 189 202, 2004.
- SILVA, G. R. Características de Vento da Região Nordeste – Análise, Modelagem e Aplicações para Projetos de Centrais Eólicas. Universidade Federal de Pernambuco – **Dissertação** (Mestrado em). Recife - Brasil, 2003.
- SILVA, B. B.; ALVES, J. J. A.; CAVALCANTI, E. P. **Caracterização do Potencial Eólico da Direção Predominante do Vento no Estado da Bahia**. Congresso Brasileiro de Meteorologia, foz do Iguacu – PR. Agosto de 1992. CDROM.

VAN DER AUWERA, L.; MELET, L. M. The Use of the Weibull 3-Parameters Model for Estimating Mean Wind Power Densities. **Journal of Applied Meteorology**, v. 19, n. 07, 819-825, 1980.

Submetido: 09/junho/2010  
Aceito: 15/março/2011

