

# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO EM CINCO REGIÕES DO ESTADO DA PARAÍBA.

*Francisco José Lopes de Lima<sup>1,2</sup>, Enilson Palmeira Cavalcanti<sup>2</sup>, Enio Pereira de Souza<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Bolsista CAPES/CNPq do Curso de Mestrado em Meteorologia.

[thescolopes@yahoo.com.br](mailto:thescolopes@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Atmosféricas - DCA. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB/Brasil. [enilson@dca.ufcg.br](mailto:enilson@dca.ufcg.br), [esouza@dca.ufcg.br](mailto:esouza@dca.ufcg.br)

**RESUMO:** Neste trabalho foram utilizados dados horários de velocidade e direção do vento a 10 m de altura de cinco estações climatológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia, no período de janeiro de 1977 a dezembro de 1981. As estações são: São Gonçalo, Monteiro, Patos, Campina Grande e João Pessoa. O objetivo foi estudar a variação da velocidade e direção do vento, bem como determinar a densidade de potência eólica das estações selecionadas. Para tanto, identificou-se o perfil do vento para alturas a 50 m e 110 m e, a partir daí, os parâmetros da distribuição de Weibull para a determinação da densidade de potência eólica anual média. Concluiu-se que a direção predominante nas cinco estações é de leste com variações entre nordeste e sudeste. A região com maior potencial eólico é verificada em Campina Grande com bons resultados de densidade de potência eólica, enquanto que em São Gonçalo se mostrou com baixos valores.

**Palavras-Chave:** Energia Eólica, Distribuição de Weibull, Densidade de Potência Eólica.

**ABSTRACT:** In this work we used hourly data of 10 m wind speed and wind direction of five meteorological stations from the Instituto Nacional de Meteorologia, from January 1977 to December 1981. The stations are São Gonçalo, Monteiro, Patos, Campina Grande and Joao Pessoa. The objective was to study the variation of both wind speed and direction as well as to determine the wind power density of those stations. Toward this end, we identified the wind speed profile at 50 m and 110 m. Then we estimated the parameters of the Weibull distribution in order to determining the annual average of the wind power density. We concluded that the wind direction in São Gonçalo, Monteiro, Patos, Campina Grande and Joao Pessoa is mainly easterly varying between northeasterly and southeasterly. The region with the highest wind potential is Campina Grande with great density of wind power, whereas São Gonçalo showed the lowest values.

**Key words:** Wind Power, Weibull Distribution, Wind Power Density.

## 1. INTRODUÇÃO

O funcionamento da sociedade moderna exige uma enorme quantidade de energia, conferindo ao meio ambiente um custo muito alto. De acordo com Magalhães e Rodrigues (2007), a energia representa o principal elemento de degradação ambiental, se comparada aos outros agentes poluidores. Numa escala planetária, a produção e o uso de energia contribuem com 76% das emissões de dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio e metano, gases que contribuem para o efeito estufa.

As fontes não renováveis de energia são finitas e não se repõe na mesma velocidade que estão sendo utilizadas, ainda assim, emitem CO<sub>2</sub> para atmosfera causando vários problemas ambientais para a humanidade. Já as fontes renováveis de energia apresentam reposição mais rápida que sua utilização pelo homem, e não emitem CO<sub>2</sub>, são consideradas energias “limpas”.

No cenário mundial a enorme participação na matriz energética das fontes não renováveis coloca a sociedade diante de um grande desafio, a busca por fontes renováveis. Isso não pode demorar a acontecer, uma vez que o sistema atual tende para um colapso. Se a utilização do petróleo e seus derivados mantiverem o mesmo modelo, em que o petróleo tem uma importância vital, em alguns anos as reservas estarão se esgotando.

Há diversas fontes alternativas de energia, havendo a necessidade de um maior desenvolvimento tecnológico para que possam ser economicamente rentáveis, e sejam usados em grandes escalas, entre elas temos o sol, o vento, o álcool, o biogás entre outras.

Segundo GREENPEACE (2007), a disponibilidade eólica nos seis continentes do planeta é suficiente para suprir o consumo mundial de energia em quatro vezes o nível atual de consumo. A energia eólica já é uma história de sucesso e geram eletricidade para milhões de pessoas, empregos para dezenas de milhares de seres humanos e bilhões de dólares de lucro.

O aproveitamento da energia cinética contida nas massas de ar em movimento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cata-ventos e moinhos, para trabalhos mecânicos como bombeamento de água.

Assim como a energia hidráulica, a energia eólica é utilizada há milhares de anos com diversas funções, bombeamento de água, moagem de grãos entre outras, com todas envolvendo energia mecânica. Para a geração de eletricidade, as primeiras tentativas surgiram no final do século XIX. Mas só depois da crise internacional do petróleo, na década de

setenta, é que houve interesse e investimentos suficientes para o desenvolvimento e aplicação de equipamento em escala comercial.

Nesse contexto, cita-se que, com o apoio da ANEEL e do Ministério de Ciência e Tecnologia-MCT, o Centro Brasileiro de energia Eólica-CBEE, da Universidade Federal de Pernambuco-UEPE publicou em 1998 a primeira versão do Atlas Eólico da Região Nordeste, onde a continuidade desse trabalho resultou no Panorama do Potencial Eólico no Brasil.

Em relação aos estudos, observacionais, que visam 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:

Bastos et al. (1987) utilizando dados de direção e velocidade do vento em superfície para o nordeste brasileiro. Verificou que a maior potência eólica localiza-se no litoral norte, em particular em regiões vizinhas a Macau (RN) e Acaraú (CE). Estas regiões se adentram no continente uma centena de quilômetros. No interior do nordeste encontram-se localidades com valores bem próximos ao encontrado no litoral.

O estudo de Barreto et al. (2002) que usaram dados de direção e velocidade do vento em superfície, a 10 metros de altura, proveniente 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 a brisa marítima, desintensificando 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. Fortes indícios da penetração da brisa marítima continente adentram em estados do Norte do Nordeste, interagindo com o escoamento médio e outras circulações locais em áreas de orografias complexas, com máximo secundário em algumas áreas.

Silva et al. (2002) estudaram caracterização predominante do regime dos ventos, visando quantificar os recursos eólicos para o Estado da Bahia. Os dados usados no estudo foram de velocidade e direção do vento a 10 m de altura, provenientes de 22 estações meteorológicas de superfícies do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do período de janeiro de 1977 a dezembro de 1981. Distribuições de frequência da velocidade em direções predominantes foram geradas. Os resultados mostraram 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 da Bahia.

Silva (2003) fez um estudo observacional para caracterizar os regimes de ventos na região Nordeste do Brasil para aplicação em projetos de centrais eólicas em regiões litorâneas. Os resultados desse estudo mostram que a climatologia observada dos ventos na região Litoral Norte do Nordeste é condicionada principalmente por dois mecanismos eólicos: o comportamento dos ventos Alísio, 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 possuem periodicidade diária, regulado apenas pelo gradiente térmico terra-mar.

Neste sentido, objetiva-se nesse trabalho investigar a densidade de potência eólica e seus aspectos em cinco localidades do Estado da Paraíba no período de janeiro de 1978 a dezembro de 1981.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Materiais**

Os dados utilizados nesta pesquisa são observações horárias de direção e velocidade do vento para um período de cinco anos, janeiro de 1977 a dezembro de 1981, coletadas em cinco estações, localizadas no Estado da Paraíba, são estações meteorológicas de superfície da Rede Climatológica do Nordeste operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados provêm de anemógrafos Universais Fuess, cujos sensores se encontram a 10 metros de altura. Informações referentes ao processamento e análise desses dados visando determinar o potencial eólico são encontrados em Bastos et al. (1987). Foram consideradas todas as medições obtidas no período de janeiro de 1977 a dezembro de 1981. A direção do vento a 10 m acima do solo foi obtida dividindo-se em oito faixas centradas nas direções, Norte ( $0^\circ$ ) à Noroeste ( $315^\circ$ ), no sentido horário, cada faixa corresponde a  $45^\circ$ , e a direção Norte, por exemplo, compreende os ventos com direção entre  $0^\circ$  e  $22,5^\circ$  e Nordeste de  $22,5^\circ$  e  $45^\circ$ . A localização das estações com suas respectivas, latitude, longitude e a altitude são dadas na Tabela 1.

Tabela 1: Relação das estações de superfície do INMET com dados horários de direção e velocidade do vento.

Localidade	Número sinótico	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
São Gonçalo	82698	6°45'	38°13'	235
Monteiro	82792	7°53'	37°07'	596
Patos	82791	7°00'	37°16'	250
Campina Grande	82795	7°13'	35°53'	508
João Pessoa	82798	7°07'	34°53'	5

## 2.2 Métodos

Os dados de vento foram medidos a 10 m de altitude. Por esta razão foi utilizada uma expressão logarítmica para estimar a velocidade do vento nas alturas de 50 m e 110 m. Eq. (1). Onde é descrita em (Manwell et al., 2002). Nela  $V(Z_r)$  é a velocidade na altura de referência 10 m,  $V(Z)$  é a Velocidade na altura desejada,  $Z$  altura desejada,  $Z_r$  altura de referência e  $Z_0$  é a rugosidade da região, neste caso foi adotado, 0,03 m.

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

Foi constatado que para a maioria das ocorrências de vento a distribuição de Weibull fornece um bom ajuste (Justus e Mikhail, 1976 Sansigolo, 2005).

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

em que: o fator de forma ( $k$ ) determina a forma da curva de distribuição de Weibull. Esse parâmetro indica a variabilidade dos ventos, ou seja, quanto maior o valor de  $k$ , maior será a regularidade do regime de vento, em termos de velocidade, e assim, mais estreita será a curva da distribuição. O parâmetro de escala ( $c$ ) é o fator característico da distribuição que apresenta a mesma unidade de medida da grandeza analisada, e  $V$  é a velocidade do vento (m/s).

A função distribuição acumulada é dada pela Eq. (3).

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

indica a probabilidade de se encontrar um valor de velocidade entre 0 e  $v$ , onde  $v$  é a velocidade do vento. 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.

Os parâmetros de Weibull foram determinados pelo método dos momentos seguindo o mesmo procedimento adotado Por Silva et al., 2002; Muniz, 2007; Carvalho, 2003.

O fator de forma,  $k$ , determina a forma da curva de distribuição de Weibull. Esse parâmetro nos dá idéia da 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. O parâmetro de escala,  $c$ , é o fator característico da distribuição, apresenta a mesma unidade de medida que a grandeza analisada, m/s (Castro, 2005).

A densidade de potência eólica ( $P_v$ ) do fluxo instantâneo do vento ( $W/m^2$ ) foi calculada com base nos parâmetros de Weibull onde é dada por:

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

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

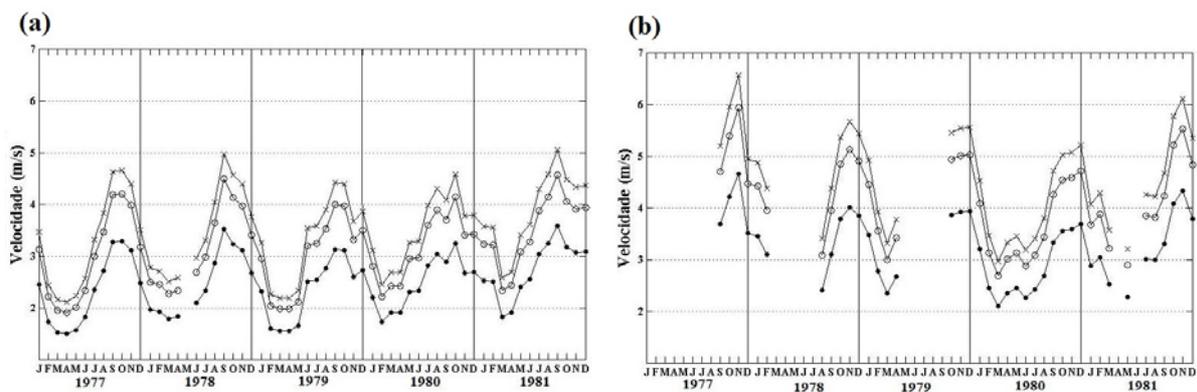
$$E(V^3) = c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (5)$$

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

### 3. RESULTADOS.

#### 3.1 Características da distribuição do vento.

O gráfico da Figura 1 representa as médias calculadas para cada mês durante os cinco anos em estudo. Nele é possível perceber que ao longo dos anos de 1977 a 1981 foram registradas velocidades de vento, que em média atingiram cerca 4 m/s e 5 m/s para ventos a 10 m e velocidades superiores a 6,5 m/s para as velocidades de vento a 50 m e 110 m acima do nível do solo. Pode ser visto ainda a ocorrência de falhas de dados, em especial nas localidades de Monteiro e João Pessoa. Fica evidente também, a presença de um ciclo anual com máximos no segundo semestre dos anos.



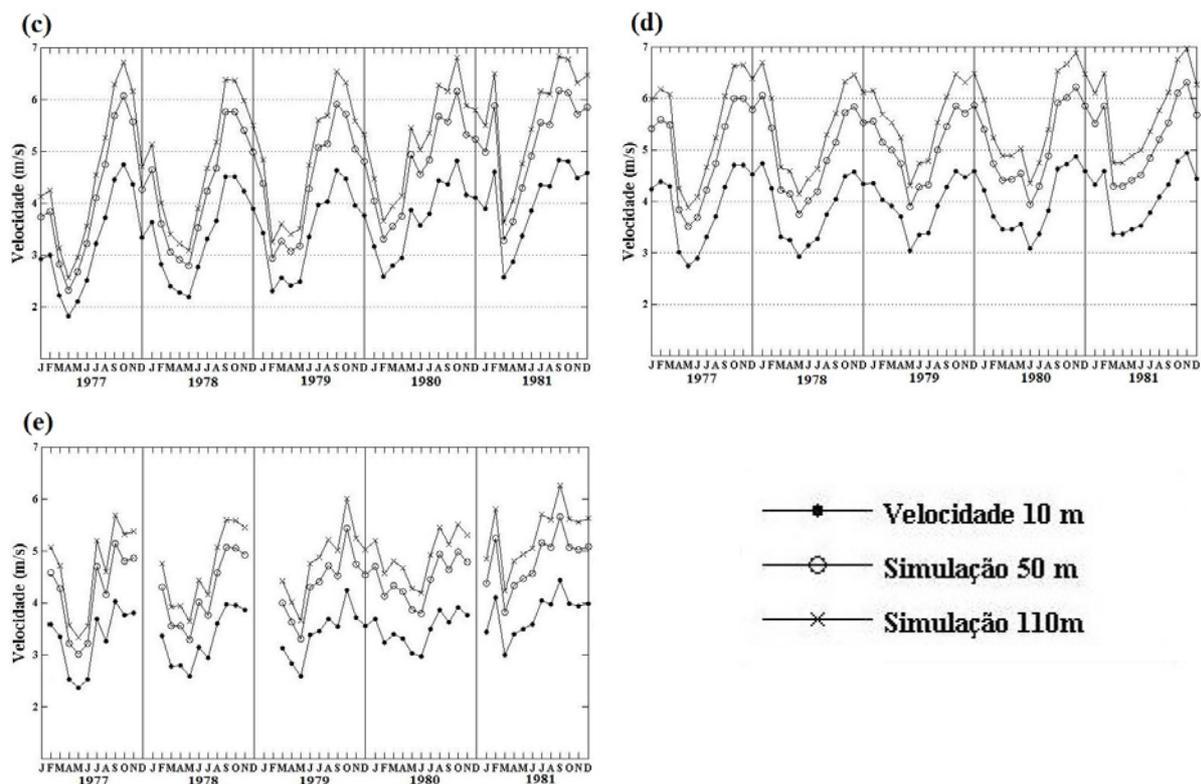
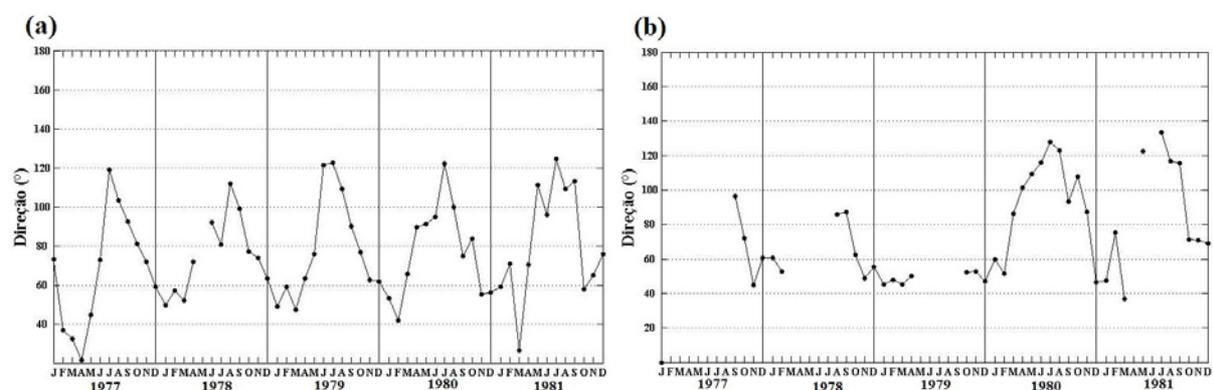


Figura 1. Variação média mensal das velocidades dos anos em estudo para as estações, a) São Gonçalo, b) Monteiro, c) Patos, d) Campina Grande, e) João Pessoa.

Na Figura 2 é observada a variação mensal média da direção do vento para os cinco anos, tem-se que a direção do vento nas regiões de São Gonçalo, Monteiro e Patos variaram entre os ângulos de  $20^\circ$  e  $140^\circ$  no período em estudo, enquanto que em Campina Grande e João Pessoa variou entre os ângulos de  $80^\circ$  e  $160^\circ$ , sendo em 1979 e 1980 o máximo aproximou-se de  $180^\circ$ . As mesmas falhas se repetem para a direção do vento.



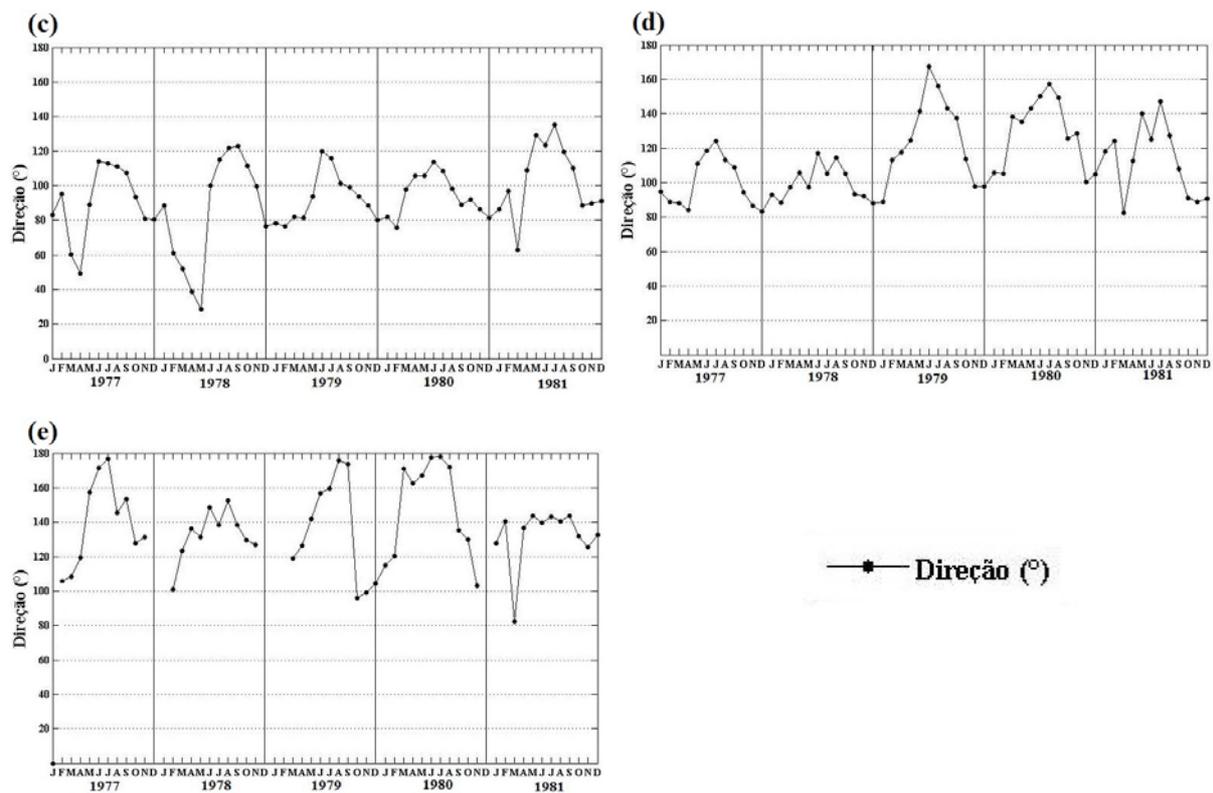


Figura 2. Variação média mensal da direção dos anos em estudo para as estações, a) São Gonçalo, b) Monteiro, c) Patos, d) Campina Grande, e) João Pessoa.

A velocidade e direção média dos ventos a 10 m de altura, para as cinco estações em estudo São Gonçalo, Patos, Monteiro, Campina Grande e João Pessoa na Paraíba - PB no período de janeiro de 1977 a dezembro de 1981 é mostrado abaixo. Os valores simulados através do perfil logaritmo para ventos em 50 m e 110 m de altura, usando a constante de rugosidade da superfície de 0,03 m. É também apresentada na Figura 3 a variação sazonal da velocidade média do vento.

Desta forma fica evidente que valores menores ocorrem no período chuvoso das regiões, enquanto que os maiores valores de velocidade do vento ocorrem nos meses de setembro a outubro. Estas medições mostram uma característica interessante com presença de ventos máximos no segundo semestre (final do inverno, primavera e início do verão).

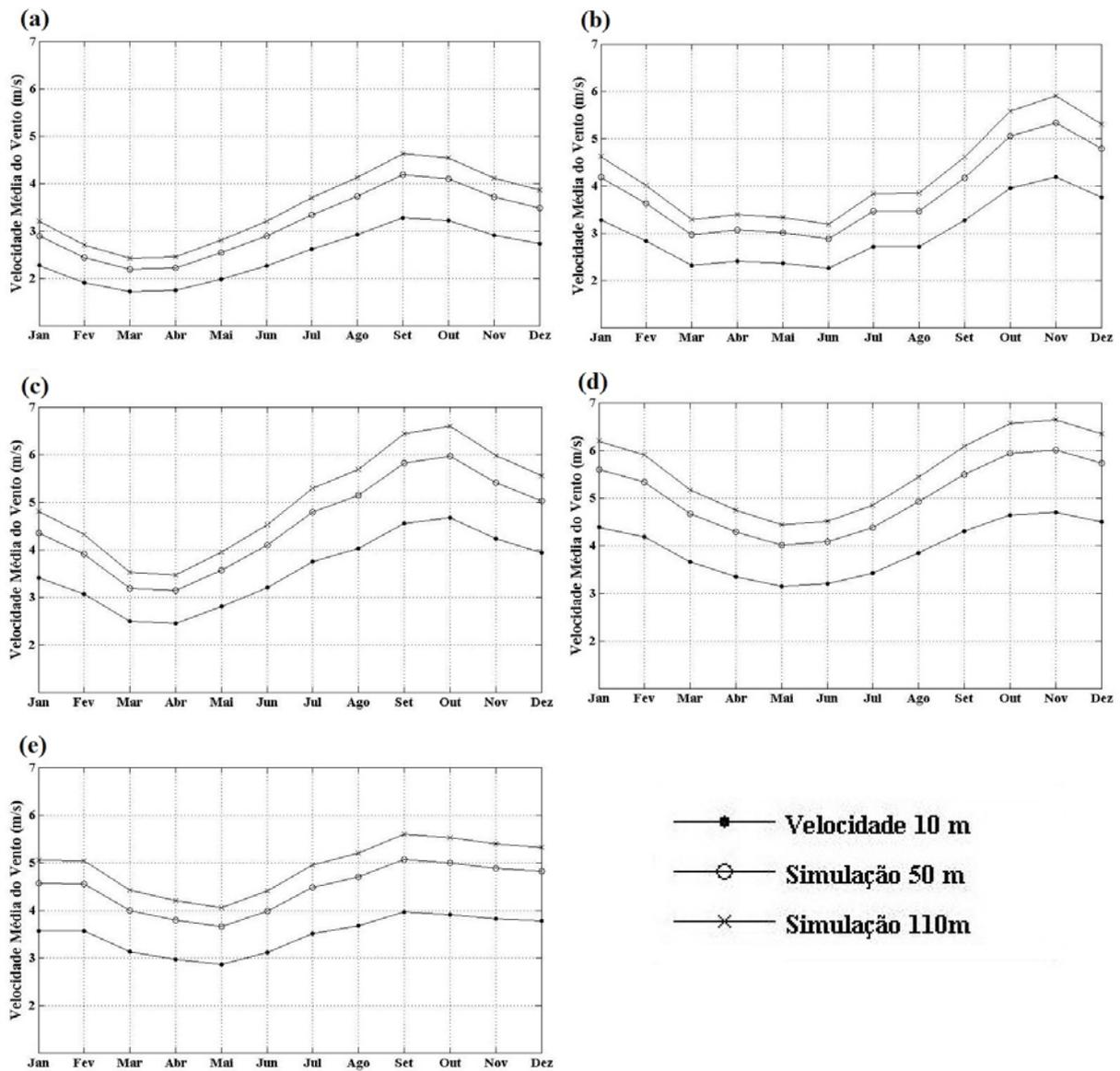


Figura 3. Ciclo anual da Velocidade média (m/s) e simulação os níveis de 50 m e 110 m acima do solo, a) São Gonçalo, b) Monteiro, c) Patos, d) Campina Grande, e) João Pessoa.

Analisando o ciclo diário da velocidade para São Gonçalo (Figura 4a) observam-se valores de picos para a velocidade do vento no período em 10 e 11 horas, possivelmente, por ser uma área irrigada, sofre resfriamento mais brusco no final da tarde estabilizando-se posteriormente. Padrão semelhante para Monteiro (Figura 4b) e Patos (Figura 4c) sendo que nestes casos se entende até cerca de 21 horas. Enquanto que Campina Grande e João Pessoa obtiveram a maiores médias no período da tarde. Em Campina Grande e João Pessoa há uma diminuição dos ventos no período da noite, devido a influencia das brisas terrestres no sentido contrario ao escoamento de grande escala.

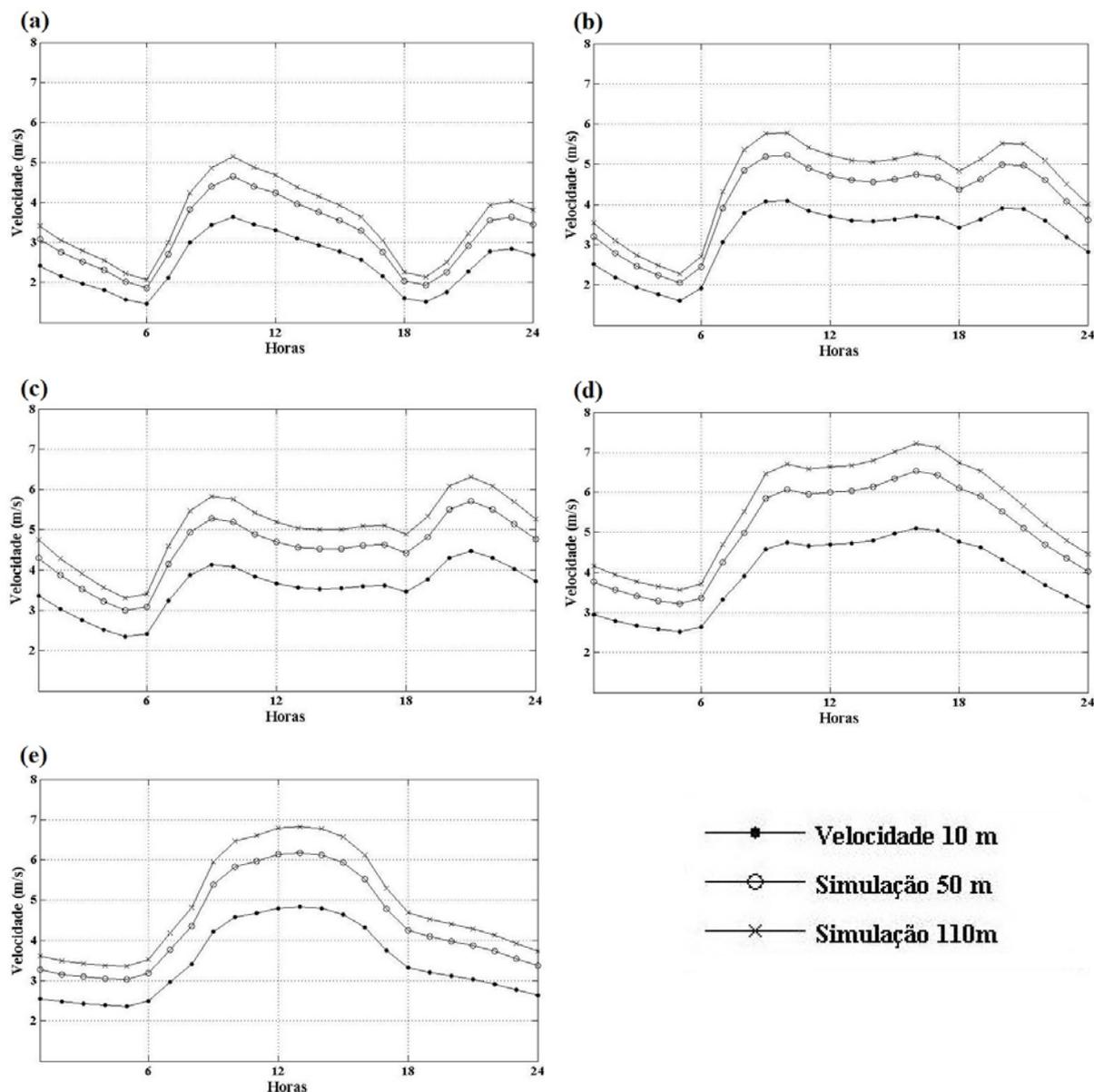


Figura 4. Ciclo diário da Velocidade, a) São Gonçalo, b) Monteiro, c) Patos, d) Campina Grande, e) João Pessoa.

Ainda em relação a direção do vento em estudo, foram construídos gráficos de Rosa dos Ventos Figura 5, para as cinco localidades. Percebe-se que, ao longo do período em estudo de 1977 a 1981, os ventos foram predominantes de leste, variando de 45° a 135°, ou seja, variando de nordeste a sudeste. Na direção norte é observado uma alta porcentagem para a estação de São Gonçalo, provavelmente devido a problemas na obtenção dos dados, ou calmaria. As maiores porcentagem de velocidade do vento ocorreram na faixa de 3,6 m/s a 5,7 m/s para vento a 10m acima do solo.

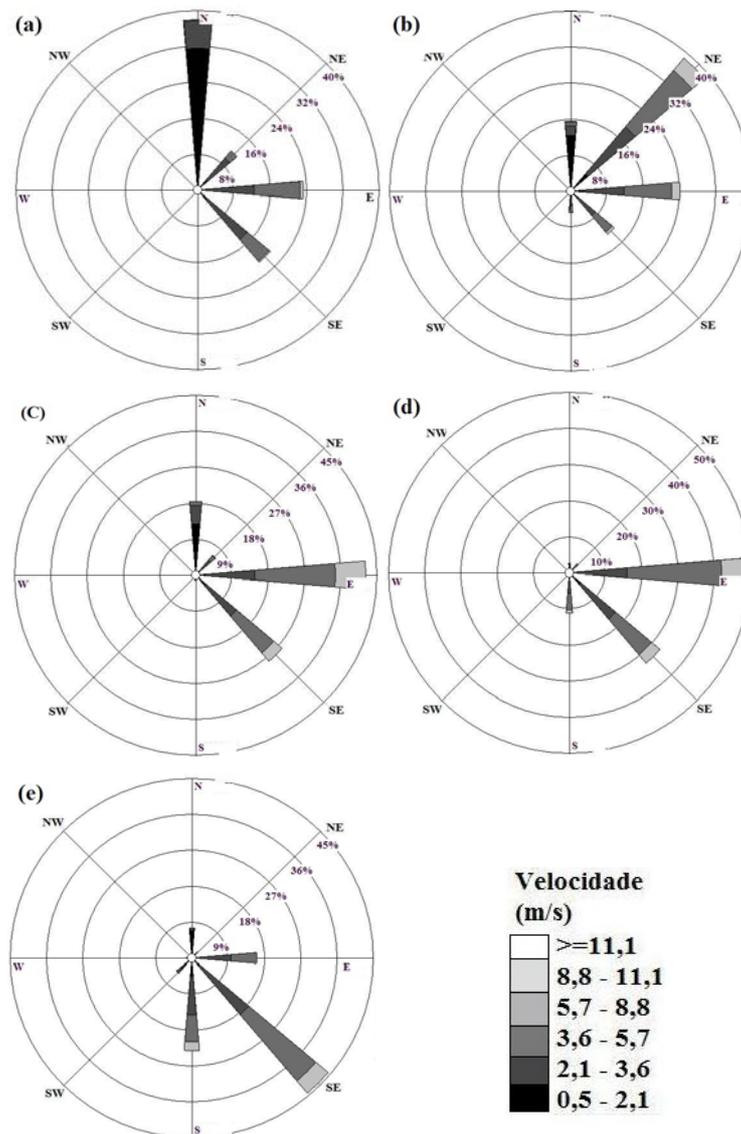


Figura 5. Rosa dos Ventos, velocidade e direção do vento para vento a 10 m acima da superfície medida em a) São Gonçalo, b) Monteiro, c) Patos, d) Campina Grande, e) João Pessoa.

Outra informação obtida com o tratamento dos dados é a distribuição de frequência das velocidades de vento. A Figura 6 apresenta a frequência de velocidade do vento para determinadas faixas. A curva sobreposta às faixas de velocidade representa a distribuição de Weibull. Essa distribuição de probabilidade é comumente usada para caracterizar a amplitude da distribuição de velocidades dos ventos.

A distribuição de frequência da velocidade dos ventos revela que em São Gonçalo a maior ocorrência de ventos é na faixa de 1,5 a 3,5 m/s, enquanto que para as demais estações os ventos são superiores a 4 m/s em especial Patos, Campina Grande e João Pessoa.

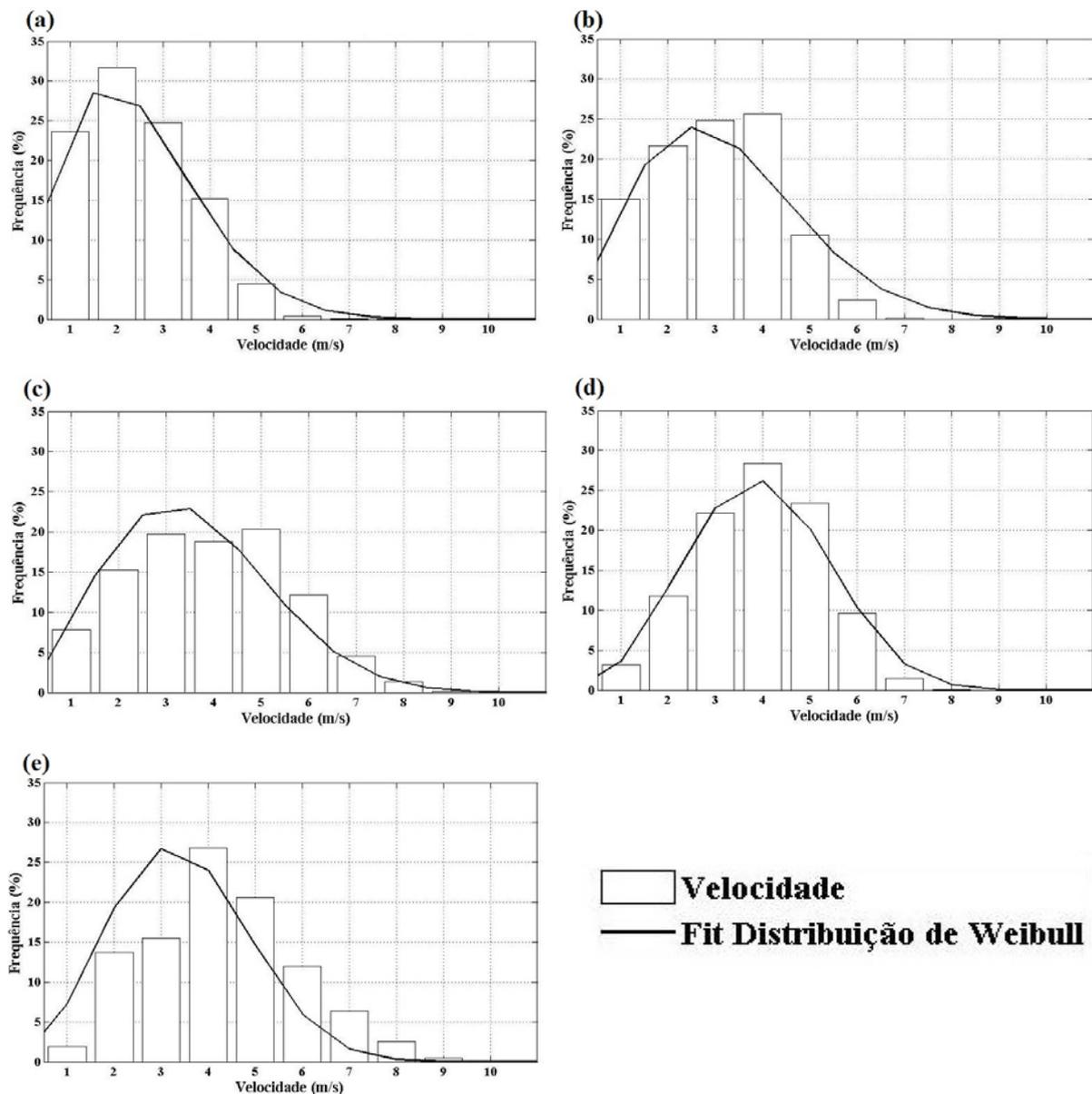


Figura 6. Função Distribuição de frequência e o melhor ajuste da distribuição de Weibull para a Velocidade do Vento em 10 m acima da superfície, a) São Gonçalo, b) Monteiro, c) Patos, d) Campina Grande, e) João Pessoa.

### 3.2 Estimativas da Densidade de Potência Eólica na Região em Estudo.

Para estima o potencial de energia para São Gonçalo, Monteiro, Patos, Campina Grande e João Pessoa foi calculado a densidade de potência eólica através dos parâmetros de Weibull baseado nos gráficos analisados anteriormente. Neste sentido é apresentado a Tabela 2 com os principais parâmetros do potencial eólico das estações.

Tabela 2: Parâmetros meteorológicos das estações.

Parâmetros\Estações		São Gonçalo		
Variável	Simulado 110 m	Simulado 50 m	Velocidade 10 m	
Média da velocidade do vento (m/s)	3,502	3,165	2,478	
Weibull k	1,846	1,844	1,845	
Weibull c (m/s)	3,934	3,555	2,784	
Média da densidade de potência (W/m <sup>2</sup> )	51	38	18	
Teor médio de energia (kWh / m <sup>2</sup> / ano)	449	331	159	
Parâmetros\Estações		Monteiro		
Variável	Simulado 110 m	Simulado 50 m	Velocidade 10 m	
Média da velocidade do vento (m/s)	4,534	4,098	3,209	
Weibull k	2,002	2,001	2,002	
Weibull c (m/s)	5,085	4,596	3,599	
Média da densidade de potência (W/m <sup>2</sup> )	96	71	34	
Teor médio de energia (kWh / m <sup>2</sup> / ano)	842	622	299	
Parâmetros\Estações		Patos		
Variável	Simulado 110 m	Simulado 50 m	Velocidade 10 m	
Média da velocidade do vento (m/s)	5,017	4,535	3,551	
Weibull k	2,265	2,273	2,272	
Weibull c (m/s)	5,657	5,116	4,006	
Média da densidade de potência (W/m <sup>2</sup> )	126	93	45	
Teor médio de energia (kWh / m <sup>2</sup> / ano)	1108	818	393	
Parâmetros\Estações		Campina Grande		
Variável	Simulado 110 m	Simulado 50 m	Velocidade 10 m	
Média da velocidade do vento (m/s)	5,571	5,036	3,943	
Weibull k	2,962	2,962	2,961	
Weibull c (m/s)	6,239	5,64	4,416	
Média da densidade de potência (W/m <sup>2</sup> )	142	105	51	
Teor médio de energia (kWh / m <sup>2</sup> / ano)	1248	922	443	
Parâmetros\Estações		João Pessoa		
Variável	Simulado 110 m	Simulado 50 m	Velocidade 10 m	
Média da velocidade do vento (m/s)	4,867	4,399	3,445	
Weibull k	2,616	2,615	2,615	
Weibull c (m/s)	5,481	4,954	3,879	
Média da densidade de potência (W/m <sup>2</sup> )	108	80	38	
Teor médio de energia (kWh / m <sup>2</sup> / ano)	944	697	335	

Observam-se na Tabela 2 que o teor médio de energia para a estação de São Gonçalo para vento a 10 m, 50 m e 110 m acima do solo é de 159, 331 e 449 kWh / m<sup>2</sup> / ano respectivamente onde se encontra os menores valores de velocidade entre as estações em estudo. Todas as outras estações obtiveram valores bem razoáveis tanto para vento a 10 m como para simulações de ventos a 50 m e 110 m de altura. Campina Grande apresertam os

melhores resultados dentre essas cinco estações com valores para vento a 10 m de 443 kWh / m<sup>2</sup> / ano e para as simulações de 50 m e 110 m com valores de teor médio de energia de 922 e 1258 kWh / m<sup>2</sup> / ano respectivamente.

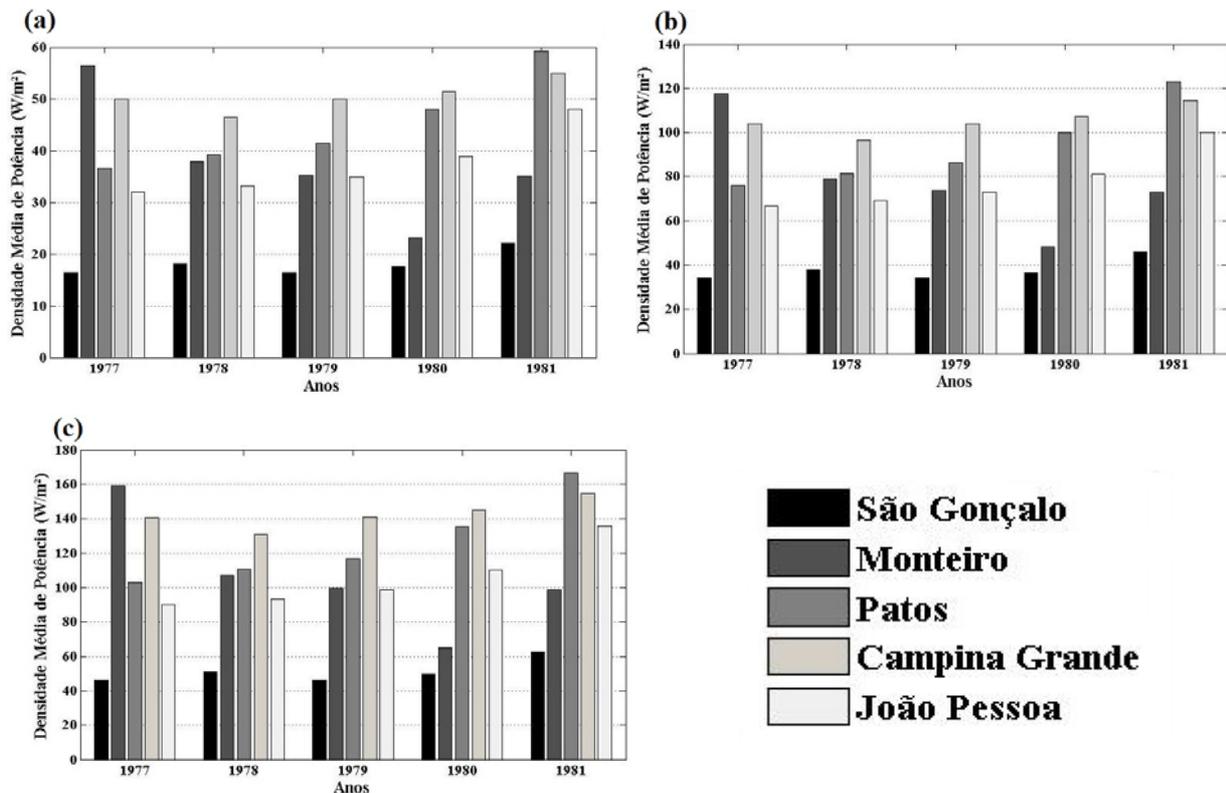


Figura 7. Densidade média de potência para velocidade do vento, a) velocidade do vento a 10 m, b) velocidade do vento a 50 m, c) velocidade do vento a 110 m de altura acima da superfície em (W/m<sup>2</sup>).

A Figura 7 expressa a densidade de potencia eólica para todas as estações e anos em estudo. A maior potência eólica verifica-se em Patos no ano de 1981 com valores de 59 W/m<sup>2</sup> para vento a 10 m e cerca de 120 e 165 W/m<sup>2</sup> para ventos de 50 m e 110 m respectivamente. Em Campina Grande obteve os melhores resultados com valores maiores de 50 W/m<sup>2</sup> para todos os anos em estudo, para vento a 10 m de altura, em João Pessoa obteve médias acima de 30 W/m<sup>2</sup> e nesta região se adentram no continente uma centena de quilômetros. No interior da Paraíba apresenta valores maiores que 45 W/m<sup>2</sup> è razoável supor que existe influencia orográfica nessas regiões. A baixa região de potência é observada em São Gonçalo com 18 W/m<sup>2</sup> para vento a 10 m.

No litoral, ou seja, em João Pessoa os alísios favorecem a penetração de brisa marítima no continente durante os períodos de máxima. Nestas épocas, maiores intensidades de potência eólica encontram-se adentradas no continente.

#### 4. 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 dados analisados. O fato das estações climatológicas se encontrarem distribuídas com propósitos sinóticos, obriga a uma análise genérica de áreas favoráveis.

Os resultados apresentados neste trabalho levam a concluir que a direção predominante do vento em São Gonçalo, Monteiro, Patos, Campina Grande e João Pessoa são de leste com variações entre nordeste e sudeste. A região com maior potencial eólico é verificado em Campina Grande com consideráveis valores de densidade de potência eólica, enquanto que em São Gonçalo obteve baixo valores de densidade de potência eólica, quando comparado as demais localidades.

Os dados mostraram que a velocidade média dos ventos analisados é relativamente alto para o aproveitamento eficiente de energia eólicas, nas estações de Patos, Campina Grande e João Pessoa.

Nesse sentido, recomenda-se a caracterização mais detalhada das regiões promissoras, através de medições de vento com técnicas micrometeorológicas e o uso de modelos numéricos da atmosfera em mesoescala.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

BARRETO, A. B.; ARAGÃO, M. R. S.; BRAGA C. C. **Estudo do Ciclo Diário do Vento à Superfície no Nordeste do Brasil**. Congresso Brasileiro de Meteorologia, foz do Iguaçu – PR. Agosto de 2002. CDROM.

BASTOS, E. J. B.; CEBALLOS, J. C.; SOBRAL, Z. R.; SIMÕES, F. **Distribuição Estatística da Energia Eólica no Nordeste**. Inventário Energético do Nordeste. 1987.

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.

GREENPEACE. Manifesto pela energia limpa. Disponível em <[www.greenpeace.org/brasil](http://www.greenpeace.org/brasil)>. Acesso em: 09 de abril de 2007.

JUSTUS, C. G. e MIKHAIL, A. **Height Variation of Wind Speed and Wind Distribution**. Geophysical Research Letters, V. 03, 261-264, 1976.

MAGALHÃES, E. L., RODRIGUES, M. C. **Fontes Alternativas de Energia**. São Paulo: Universidade de São Paulo Instituto de Geociência, 2007.

MANWELL J. F., MCGOWAN J. F., ROGERS A. L. **Wind energy explained**. New York: Wiley, 2002. 569 p.

MUNIZ, A. L. **Energia Eólica no Mundo: Perspectivas**. Audiência Pública “Fonte Alternativa de Energia”. Brasília, 2007.

SANSIGOLO, C. A. **Distribuição de Probabilidade de Velocidade e Potência do Vento**. Revista Brasileira de Meteorologia. v.20, n.02, 207-214. 2005.

SILVA, G. R., **Características de Vento da Região Nordeste – Análise, Modelagem e Aplicações para Projetos de Centrais Eólicas**. Universidade Federal de Pernambuco – Dissertação de mestrado. 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 Iguaçu – PR. Agosto de 1992. CDROM.

SILVA, B. B.; ALVES, J. J. A.; CAVALCANTI, E. P.; DANTAS, R. T. **Potencial Eólico na Direção Predominante do Vento no Nordeste Brasileiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3, 431-439, 2002.