

# REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

## CARACTERIZAÇÃO DO VENTO NA REGIÃO DE CRAÍBAS-AL PARA FINS EÓLICOS<sup>1</sup>

## WIND CHARACTERIZATION ON CRAÍBAS-AL REGION FOR WIND ENERGY<sup>1</sup>

NAREIDA SIMONE DELGADO DA CRUZ<sup>2</sup>; ROBERTO FERNANDO DA FONSECA  
LYRA<sup>3</sup>; WASHINGTON LUIZ FÉLIX CORREIA FILHO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Aceito para Publicação no 2º Trimestre de 2017.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Atmosféricas (UFAL/ICAT), Maceió, Alagoas, Brasil, [nareida.esa@gmail.com](mailto:nareida.esa@gmail.com);

<sup>3</sup>Universidade Federal de Alagoas, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia (UFAL/PPGMet), Maceió, Alagoas, Brasil, [roberto.ufal@gmail.com](mailto:roberto.ufal@gmail.com);

<sup>4</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas (UFRN/PPGCC), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, [wlfcfm@gmail.com](mailto:wlfcfm@gmail.com).

### Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento do vento em Craíbas – AL (09° 40' 03" S, 36° 50' 40" W, 210 m) e investigar a viabilidade do local em termos do aproveitamento eólico. Foram usados dados do Projeto Previsão de Ventos para Parques Eólicos do Nordeste Brasileiro (PVPN) correspondentes ao período de abril de 2014 a março de 2015. A área de estudo fica inserida na zona rural do município de Craíbas, localizado na região central do estado de Alagoas. Para a análise descritiva da velocidade do vento à 100 metros, confecção das rosas dos ventos e obtenção dos parâmetros de Weibull utilizou-se o software WASP (*Wind Atlas Analysis and Application Program*). Os resultados mostraram que a velocidade média mensal variou entre 5,4 m.s<sup>-1</sup> e 7,7 m.s<sup>-1</sup>, com seu máximo em outubro de 2014. O maior desvio padrão foi verificado no mês de novembro de 2014, indicando uma maior dispersão dos dados em relação a velocidade média mensal. O coeficiente de variação oscilou

entre 22,61% e 40,58%, nos meses de outubro e abril do ano de 2014, respectivamente. A direção do vento não demonstra variações bruscas ao longo do ano, com direção predominante de sudeste. Quanto aos parâmetros  $k$  e  $A$  da distribuição Weibull, os valores foram de 3,47 e 7,46  $\text{m.s}^{-1}$ , respectivamente. A pequena variabilidade na direção do vento e a intensidade constante da velocidade do vento indicam Craíbas como uma ótima opção para a instalação de aerogeradores.

**Palavras-chave:** Distribuição de Weibull, energia eólica, Sertão.

### **Abstract**

The objective work to analyze to wind behavior to Craíbas Region (09° 40' 03.4" S 36° 50' 40.2" W, 210 m) and to investigate the local viability in terms to wind energy. It used to Wind Forecast Wind Forecasting for Wind Farms for Brazilian Northeast Project between April 2014 and March 2015 period. The area study is insert on rural zone of municipality of Craíbas located on Central region of Alagoas State. The descriptive analysis on wind speed at 100 meters, wind roses graphs and Weibull parameters were obtained on WAsP software (*Wind Atlas Analysis and Application Program*). The results showed at monthly wind speed varied between 5.4  $\text{m.s}^{-1}$  and 7.7  $\text{m.s}^{-1}$ , with maximum in October 2014. The higher standard deviation was verified in November 2014, indicating at higher dispersion on data in relation on monthly wind speed. The coefficient of variation varied between 22.61% and 40.58%, between October and April 2014, respectively. The wind direction does not abrupt variations along of year, with southeast direction as predominant direction. In relation at  $k$  and  $A$  parameters Weibull distribution were 3.47 and 7.56  $\text{m.s}^{-1}$ , respectively. The small variability on wind direction and wind speed constant indicate as great option for wind turbines.

**Keywords:** Weibull distribution, wind energy, Sertão.

## 1. Introdução

A geração de energia está diretamente vinculada a questões ambientais, isto porque quando não afetam diretamente o ambiente terrestre por meio de ocupação de grandes áreas, estão intimamente relacionados a emissão de poluentes para atmosfera que contribuem para as alterações climáticas regionais e até globais (ALVES, 2006).

Diversos países têm investido fortemente na utilização de fontes renováveis de energia provenientes de recursos renováveis, principalmente aquelas que causam menor impacto ao meio ambiente (SILVA et al., 2015).

De acordo com Fiorin et al. (2011) a diversificação da matriz energética é essencial para o desenvolvimento de um país, garantindo a confiabilidade e segurança do setor energético. No entanto, os dados da EPE (2016) apontam que a matriz energética brasileira é majoritariamente proveniente das usinas hidroelétricas, tornando-se dependente das oscilações climáticas.

Algumas ações foram tomadas de modo disseminar a dependência hídrica no setor energético Brasileiro, uma delas foi a implantação do Programa de Incentivo Nacional de Fontes Alternativas (PROINFA) em 2002, com o objetivo de promover e estimular fontes alternativas de energia, e que pudessem representar 10% da matriz energética até 2022 (DUTRA e SZKLO, 2008).

Dentre estas alternativas, a eólica vem se destacando. De acordo com Martins et al. (2008) essa fonte é uma das mais viáveis como complementação da fonte hídrica energética no país. Além disso, esse tipo de energia apresenta algumas vantagens como: fonte com baixos custos de produção, segurança de fornecimento e sustentabilidade ambiental.

Ramos (2012) reforça a ideia defendendo que a energia eólica se trata de uma fonte limpa, renovável e oferece uma série de vantagens e que quando não é benéfica, é no mínimo menos agressora ao meio ambiente.

Durante o período de estiagem é registrada as maiores intensidades de velocidade do vento, havendo assim sinergia potencial entre os regimes eólico e hídrico (AMARANTE et al., 2001). Sendo este uma possível solução para minimizar os impactos inerentes a escassez de chuvas das Usinas Hidroelétricas ao longo do Rio São Francisco (FILGUEIRAS e SILVA, 2003; GALVÃO e BERMANN, 2015).

Neste âmbito, a energia eólica pode ser uma boa opção para compensação energética com as hidroelétricas, baseadas nas características regionais e variações sazonais de precipitação (SILVA et al., 2015). Durante o período de estiagem é registrada as maiores intensidades de velocidade do vento, havendo assim sinergia potencial entre os regimes eólico

e hídrico (AMARANTE et al., 2001). Sendo este uma possível solução para minimizar os impactos inerentes a escassez de chuvas das Usinas Hidroelétricas ao longo do Rio São Francisco (FILGUEIRAS e SILVA, 2003; GALVÃO e BERMANN, 2015).

A inserção da energia eólica proporcionará ao Brasil uma matriz energética menos dependente dos recursos hídricos e complementado por outras fontes renováveis (AMARANTE et al., 2001). Isto permitirá amealhar a água nos reservatórios das usinas hidroelétricas, para eventuais situações adversas que podem ocasionar o racionamento de energia, para casos de longas estiagens (COSTA e LYRA, 2012; GALVÃO e BERMANN, 2015).

Independentemente da região, a exploração do recurso eólico ainda enfrenta alguns obstáculos quanto à produção energética, pois está condicionada ao regime dos ventos de uma dada região (RAMOS et al., 2013). Neste caso, o vento é uma variável instável e de difícil previsão, fatos esses que dão um caráter de incerteza as estimativas de potência eólica disponível (CAMELO et al., 2015). Sendo a falta de informações confiáveis e precisas sobre a variabilidade do recurso eólico como um dos principais entraves para o desenvolvimento no setor eólico (MARTINS e PEREIRA, 2011).

Na tentativa de estimar o potencial Eólico Nacional e dos Estados, uma parceria entre instituições privadas, públicas e universidades federais desenvolveram o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (AMARANTE et al., 2001), com a perspectiva de diagnosticar possíveis regiões propícias a geração de energia pelos ventos.

Trabalhos como Silva et al. (2004), Sombra (2008), Rocha et al. (2011) e Souza et al. (2013), apontam que o maior potencial eólico brasileiro se concentra na região do Nordeste, mais precisamente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. Outros estudos de suma importância foram desenvolvidos de modo a estudar as características do vento para fins de aproveitamento energético em diferentes regiões do Brasil, como os de Pimenta et al. (2008), Haas et al. (2013) e Pereira et al. (2013).

Com este propósito foi desenvolvido também o Atlas do Potencial Eólico do Estado de Alagoas, de modo a diagnosticar áreas de maior potencial eólico. Este mapeamento em sintonia com alguns estudos realizados apontaram a existência de possíveis regiões com bom potencial eólico, inclusive para o Estado de Alagoas.

Costa e Lyra (2012) identificaram que as maiores velocidades foram observadas no interior desse Estado (Agreste e Sertão) e com menor variabilidade no vento, em relação ao litoral. De acordo com os autores, o Estado apresentou condições ideais de velocidade do

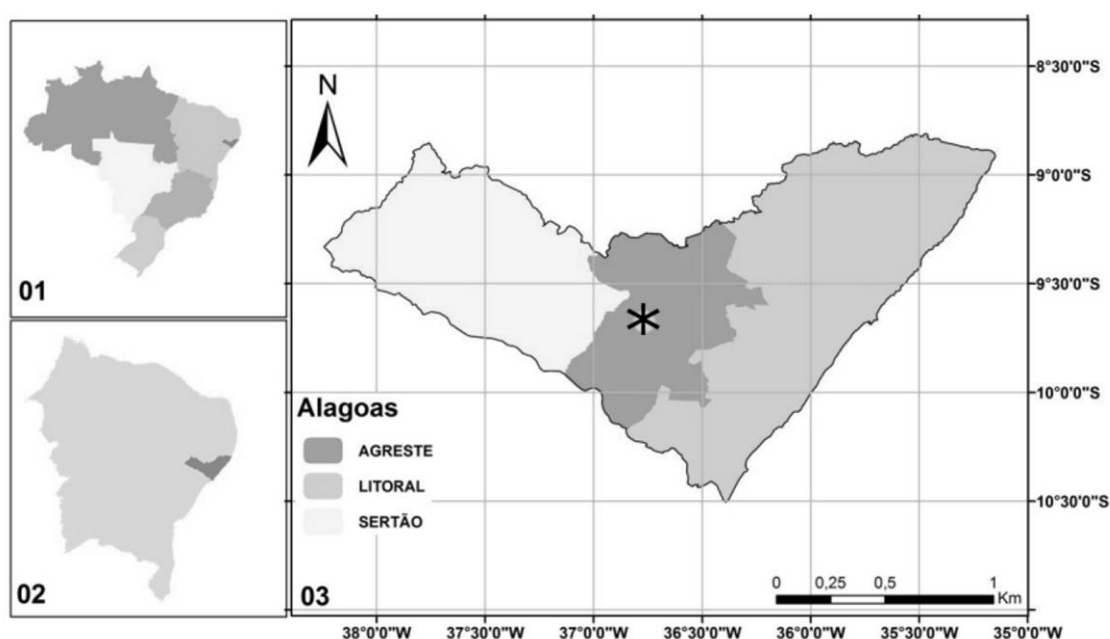
vento: Agreste ( $7,1 \pm 1,2 \text{ m.s}^{-1}$  mensal), Sertão ( $6,8 \pm 0,9 \text{ m.s}^{-1}$  mensal) e Litoral ( $5,3 \pm 0,8 \text{ m.s}^{-1}$  mensal), tornando-o uma ótima opção para a instalação de aerogeradores.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é caracterizar o vento na região de Craíbas, Alagoas, visando o aproveitamento eólico.

## 2. Materiais e métodos

A área de estudo fica situada no município de Craíbas ( $09^\circ 40' 03'' \text{ S}$ ,  $36^\circ 50' 40'' \text{ W}$ , 210 m), localizada na região central do estado de Alagoas (Figura 1). Para a realização deste estudo, foram utilizados dados do Projeto Previsão de Ventos para Parques Eólicos do Nordeste Brasileiro (PVPN). Estes dados são provenientes de medições efetuadas numa altura de 100 metros acima do solo, obtidas a partir de um sistema de aquisição de dados, instaladas em uma torre anemométrica.

**Figura 1** – Localização da região onde a torre anemométrica encontra-se instalada, destacada pelo asterisco (\*).



Fonte: RAMOS (2012) adaptada por CRUZ (2017).

Esta série de dados corresponde ao período de abril de 2014 a março de 2015, dos quais são coletadas as seguintes variáveis: velocidade, direção e rajada de vento, com medidas a cada 15 segundos e registradas a cada 10 minutos, transmitida via telemetria (GPRS) a cada hora. Após a organização dos dados diários em mensais, posteriormente calculou-se a direção do vento resultante seguindo a metodologia proposta por Silva (2007), sendo que nas etapas subsequentes utilizaram-se os dados de direção corrigida.

A partir da conversão dos dados horários para diários, utilizou-se a estatística descritiva para a obtenção da velocidade média mensal e anual, desvio padrão mensal e anual, importantes para a definição do regime de ventos. Além disso, utilizou-se a distribuição estatística de Weibull para a obtenção dos parâmetros de forma e de escala, primordiais para diagnosticar as características do vento. A exposição detalhada desta distribuição está descrita em Dalmaz (2007).

Para a elaboração das curvas de distribuição de Weibull e das rosas dos ventos foi utilizado o software WAsP, ao qual foram inseridos dados mensais coletados 10 em 10 minutos de velocidade e direção do vento.

Durante a manipulação do programa, algumas considerações foram seguidas: as velocidades inferiores a  $0,2 \text{ m.s}^{-1}$  foram consideradas como situações de calmaria, a faixa intervalar entre as classes da velocidade de vento foi de  $1 \text{ m.s}^{-1}$ . Em relação às rosas dos ventos, foram confeccionadas de modo a apresentarem 16 pétalas, com faixa intervalar de  $22,5^\circ$  para cada uma, podendo identificar os pontos cardeais, colaterais e subcolaterais, cuja direção predominante corresponde à sessão da rosa da pétala mais preenchida.

A distribuição de Weibull de dois parâmetros,  $A$  e  $k$ , configura como uma das melhores alternativas para avaliar o potencial eólico de uma região, por apresentar um bom ajuste à distribuição de frequência dos dados de velocidade do vento (ROCHA et al., 2011; RAMOS, 2012).

Vale ressaltar que, o parâmetro de escala da distribuição de Weibull é comumente encontrado na literatura com a conotação de “ $c$ ”, neste trabalho, será apresentado com a conotação de “ $A$ ”, devido as configurações do WAsP. De acordo com Dalmaz (2007), o parâmetro  $k$  caracteriza a regularidade dos ventos, ou seja, quanto maior o valor de  $k$ , maior será a regularidade dos ventos em termos de velocidade. Já o parâmetro  $A$  corresponde ao fator característico da distribuição, sendo concebida na mesma unidade da variável analisada, que neste caso corresponde à velocidade do vento.

### **3. Resultados**

#### **3.1 Velocidade do vento**

Os resultados a seguir referem-se a velocidade do vento para o município de Craíbas, Alagoas. Com base na estatística descritiva, exibida na Tabela 1, nota-se que os valores de média, desvio padrão e o coeficiente de variação anuais da velocidade do vento são de  $6,73 \text{ m.s}^{-1}$ ,  $2,25 \text{ m.s}^{-1}$  e 33 %, respectivamente.

**Tabela 1** - Análise descritiva da velocidade do vento ( $\text{m.s}^{-1}$ ) do período de estudo.

Estatística	Meses					
	abr/14	mai/14	jun/14	jul/14	ago/14	set/14
Máx	14,14	11,63	13,84	13,05	13,46	13,32
Mín	0,62	0,37	0,40	0,19	0,23	1,59
Amp.Total	13,52	11,26	13,43	12,86	13,22	11,73
Média	5,92	5,45	6,13	6,24	6,76	7,20
DP	2,40	2,04	2,21	2,33	2,02	1,90
Variância	5,78	4,17	4,90	5,44	4,10	3,62
CV (%)	40,58	37,47	36,09	37,34	29,96	26,43
Estatística	Meses					
	out/14	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15
Máx	13,68	12,54	13,69	16,01	14,89	13,40
Mín	2,53	0,60	1,39	2,06	0,87	0,62
Amp.Total	11,15	11,94	12,30	13,95	14,02	12,78
Média	7,70	6,72	7,35	7,49	6,89	6,71
DP	1,74	2,52	2,08	2,02	2,33	2,35
Variância	3,03	6,34	4,34	4,10	5,44	5,50
CV (%)	22,61	37,50	28,36	27,00	33,82	34,92

Fonte: CRUZ (2017).

Ainda, com base nas medidas de posição, verifica-se que a velocidade média mensal varia entre  $5,45 \text{ m.s}^{-1}$  e  $7,7 \text{ m.s}^{-1}$ , com seu máximo em outubro de 2014. Quanto ao desvio padrão, constata-se que o maior valor foi verificado no mês de novembro de 2014, indicando uma maior dispersão na velocidade média mensal.

Esta sazonalidade também foi constatada por Costa (2009) na região de Feliz Deserto (AL). Ramos (2012) em seu estudo com medições feitas na altura de 30 metros, obteve valores de velocidade média durante o período de estiagem para as regiões Água Branca ( $6 \text{ m.s}^{-1}$ ), Feliz Deserto ( $5 \text{ m.s}^{-1}$ ), Girau do Ponciano ( $7 \text{ m.s}^{-1}$ ), Maragogi ( $5 \text{ m.s}^{-1}$ ), Palmeira dos Índios ( $6 \text{ m.s}^{-1}$ ) e Roteiro ( $5 \text{ m.s}^{-1}$ ), ambas localizadas no estado de Alagoas.

Quando se compara a velocidade média anual com os resultados obtidos por Silva (2011), nota-se que Craíbas apresenta uma menor intensidade ( $6,73 \text{ m.s}^{-1}$ ) em relação às regiões de Água Branca ( $7,26 \text{ m.s}^{-1}$ ) e Girau do Ponciano ( $7,65 \text{ m.s}^{-1}$ ). Ambas localizadas

próximas à região do sítio experimental, no entanto, estão situadas em locais de maior altimetria, favorecendo assim o aumento da magnitude do vento. Em relação a Roteiro ( $5,7 \text{ m.s}^{-1}$ ) e Maragogi ( $5,84 \text{ m.s}^{-1}$ ), ambas estão situadas no litoral, Craíbas apresenta maior intensidade do vento.

Os resultados da velocidade média corroboram com as afirmações de Silva (2009), as velocidades médias mensais registradas no período de outubro (2014) a janeiro (2015) que correspondem ao período de estiagem no estado de Alagoas, são superiores a aquelas registradas no período chuvoso (abril de 2014 e julho de 2015).

Em relação ao coeficiente de variação (CV), nota-se uma oscilação entre 22,61% e 40,58%, nos meses de outubro e abril do ano de 2014, respectivamente. Demonstrando assim que o outubro corresponde ao mês com ventos mais constantes com relação aos demais, dada a menor variabilidade. Quanto ao CV anual, Craíbas apresenta o valor de 33%, o mesmo obtido por Silva (2011) nas regiões de Água Branca e Roteiro, sendo inferior em Maragogi (37%) e superior a Girau do Ponciano.

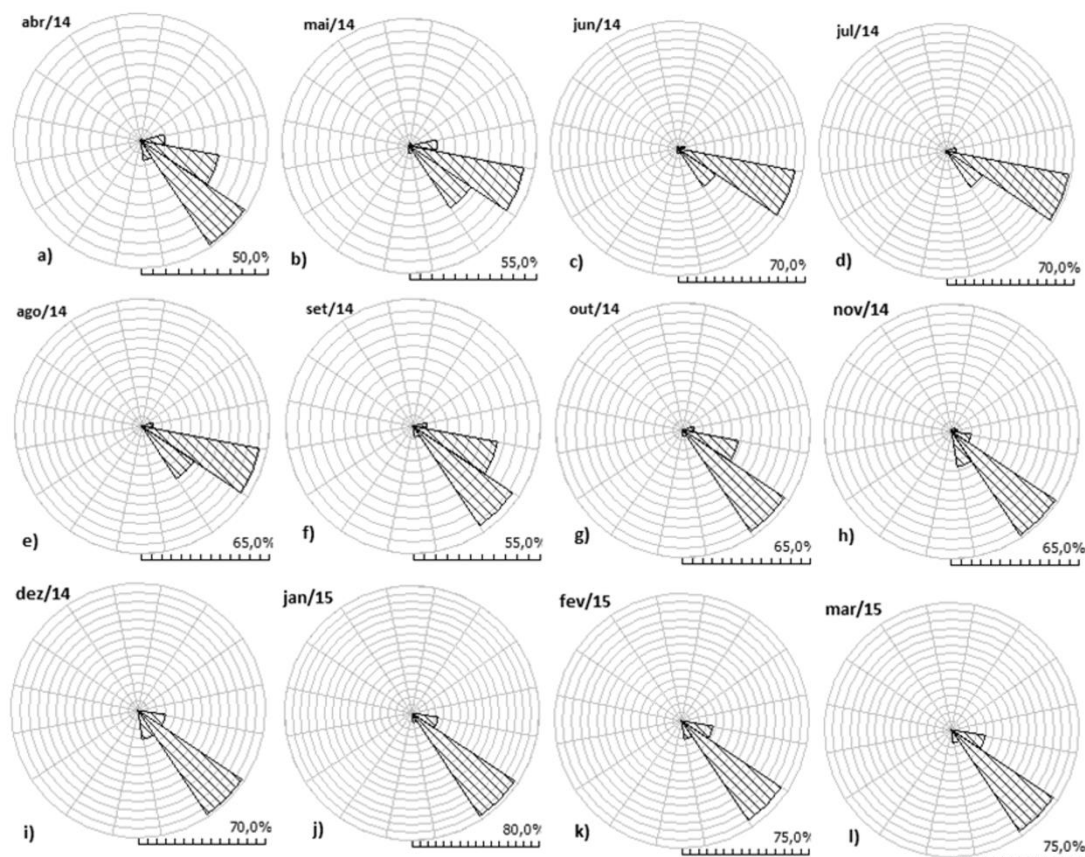
### 3.2 Direção

A Figura 2 exibe a variabilidade mensal da direção predominante do vento em Craíbas durante o período de abril de 2014 a março de 2015. Nota-se que o vento apresenta pequena variabilidade ao longo do ano quanto à sua direção predominante, sendo este de sentido Sudeste (SE), com percentuais de ocorrência variando de 50% em abril e 85% em janeiro. Já a segunda direção, conhecida como direção secundária, sua maior ocorrência é de sentido Leste-Sudeste (ESE), variando de 15% em dezembro a 70% em junho e julho.

Verificam-se também pequenas oscilações na direção Sul-Sudeste (SSE). Durante o mês de abril, verifica-se uma maior variabilidade na direção do vento. Pode-se constatar que durante a quadra chuvosa da região, a direção predominante foi de sentido E-SE, tendo sempre como segunda direção predominante SE, com exceção do mês de abril que ocorreu o contrário. Já na estação seca, a variabilidade do vento foi menor que na quadra chuvosa, com predominância da direção SE.



**Figura 2** - Variabilidade mensal da direção predominante do vento na região de Craíbas-AL, durante o período de abril de 2014 a março de 2015. O intervalo de cada circunferência corresponde a 5% da frequência total.



Fonte: CRUZ (2017)

A predominância da direção sudeste também foi constatada por Costa (2009) e Ramos (2012) na região de Água Branca-AL. Essa predominância foi encontrada por Alves (2006) em seis cidades do Estado do Ceará: Assaré, Amontada, Ipu, Icapuí, Ibaretama e Crateús, e também por Lima e Bezerra Filho (2010) na região de Triunfo-PE.

### 3.3 Distribuição de Weibull

A Tabela 2 mostra os valores referentes aos parâmetros de escala (A) e forma (k) ao longo dos 12 meses. Os valores do parâmetro de escala oscilam entre  $6,2 \text{ m.s}^{-1}$  e  $8,3 \text{ m.s}^{-1}$ , sendo esses extremos correspondentes aos meses de maio e outubro respectivamente.

O parâmetro de escala apresenta valor médio igual a  $7,46 \text{ m.s}^{-1}$ , muito próximos aos resultados obtidos por Rocha et al. (2011) na região de Camocim-CE ( $7,5 \text{ m.s}^{-1}$ ), porém inferiores na região de Paracuru-CE ( $7,72 \text{ m.s}^{-1}$ ). Entretanto, este resultado supera os encontrados por Lima (2011) em cinco regiões do Estado da Paraíba: São Gonçalo ( $3,36 \text{ m.s}^{-1}$

<sup>1)</sup>, Monteiro (4,5 m.s<sup>-1</sup>), João Pessoa (4,8 m.s<sup>-1</sup>), Patos (5,0 m.s<sup>-1</sup>) e Campina Grande (5,67 m.s<sup>-1</sup>).

**Tabela 2** - Médias mensais dos parâmetro de escala (A) e de forma (k) em Craíbas, para o período de abril de 2014 a março de 2015.

Meses	Parâmetros de Weibull	
	A	k
abr/14	6,7	2,67
mai/14	6,2	3,23
jun/14	7,0	3,81
jul/14	7,2	3,92
ago/14	7,5	4,25
set/14	7,9	4,15
out/14	8,3	4,02
nov/14	7,6	3,13
dez/14	8,0	3,38
jan/15	8,1	3,34
fev/15	7,6	2,88
mar/15	7,4	2,88

Fonte: CRUZ (2017)

Com relação ao k, os valores extremos correspondem aos meses de abril (2,67) e agosto (4,25). Nota-se que o parâmetro de escala segue a mesma variação sazonal encontrada na velocidade média, apresentando os valores de picos de mínima em maio e máxima em outubro, não ocorrendo este padrão em relação ao k.

#### 4. Conclusões

A caracterização do vento para o município de Craíbas-AL apresentou características similares a Água Branca e Girau do Ponciano, identificadas em estudos anteriores (Silva, 2011; Ramos, 2012). O vento apresentou-se constante com média superior a 6,5 m.s<sup>-1</sup> e de sentido sudeste, acima do necessário para movimentar as pás dos aerogeradores (> 3 m.s<sup>-1</sup>).

Em relação à distribuição de *Weibull*, o parâmetro de forma (k) foi superior a três, indicando que a região apresenta baixa interferência de processos turbulentos no vento. Isto se

deve as condições locais de relevo, uma região plana. No entanto, verificou-se uma sutil variabilidade na direção do vento no mês de abril de 2014, com valor inferior a 2,67.

Os dois requisitos básicos, ventos constantes de SE e superiores a  $6,5 \text{ m.s}^{-1}$ , demonstraram condições propícias para a exploração do recurso eólico nessa região para a instalação de aerogeradores.

## 5. Agradecimentos

O primeiro autor agradece a CAPES pela concessão de bolsa durante o curso de mestrado realizado entre os anos de 2015-2017.

## 6. Referências

ALVES, J. J. A.. **Estimativa da Potência, Perspectiva e Sustentabilidade da Energia Eólica no Estado do Ceará**. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Pós-Graduação em Recursos Naturais. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Campina Grande/PB, 163 p., 2006.

AMARANTE, O.; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A. L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. CRESESB / ELETROBRAS / CEPEL / MME, Brasília, 44 p., 2001.

CAMELO, H. N.; TEIXEIRA, W. F.; LUCIO, P. S.; LEAL JUNIOR, J. B. V. Previsão de Velocidade Média do Vento através da utilização de modelagem Auto - Regressiva de Médias Móveis (ARMA) em Região Serrana no Estado do Ceará – Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.4, n.3, p. 17- 29, 2015.

COSTA, G. B. **Análise espacial e temporal do vento no Estado de Alagoas**. Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Maceió/AL, 149 p., 2009.

COSTA, G. B.; LYRA, R. F. F. Análise dos padrões de vento no estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.1, p. 31-38, 2012.

CRUZ, N. S. D. **Comportamento do vento e aproveitamento eólico na região central de Alagoas (craibas)**. Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Maceió, 81 p., 2017.

DALMAZ, A.. **Estudo do potencial eólico e previsão de ventos para geração de eletricidade em Santa Catarina**. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Florianópolis/SC, 196 p., 2007.

DUTRA, R. M.; SZKLO, A. S. Incentive policies for promoting wind power production in Brazil: Scenarios for the Alternative Energy Sources Incentive Program (PROINFA) under the New Brazilian electric power sector regulation. **Renewable Energy**, v.33 (1), p. 65-76, 2008.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2016: Ano base 2015**. Rio de Janeiro: EPE, 294 p., 2016.

FILGUEIRAS, A.; SILVA, T. M. V. Wind energy in Brazil—present and future. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 7, n. 5, p. 439-451, 2003.

FIORIN, D. V.; MARTINS, F. R.; SCHUCH, N. J.; PEREIRA, E. B. **Aplicações de redes neurais e previsões de disponibilidade de recursos energéticos solares**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 1309 (1-10), 2011.

GALVÃO, J.; BERMANN, C.. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 43-68, 2015.

HAAS, R.; SAKAGAMI, Y.; SAUTHIER, L. C.; SANTOS, P. A. A.; TAVES, F. F.; PASSOS, J. C.; MACHUCA, M. N.; CARDOSO, B. J; PEROSA, J. Influência de Fenômenos Climáticos no Desempenho de dois Parques Eólicos. In: VII CITENEL - Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ, 2013.

LIMA, L.A.; BEZERRA FILHO, C. R. Wind energy assessment and wind farm simulation in Triunfo – Pernambuco, Brazil. **Renewable Energy**, v. 35, p. 2705-2713, 2010.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.1, p. 1-13, 2008.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. Enhancing information for solar and wind energy technology deployment in Brazil. **Energy Policy**, v. 39, p. 4378-4390, 2011.

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. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 1, p. 53-66, 2011.

PEREIRA, E. B., MARTINS, F. R., PES, M. P., CRUZ SEGUNDO, E. I., & LYRA, A. D. A. The impacts of global climate changes on the wind power density in Brazil. **Renewable Energy**, v. 49, p. 107-110, 2013.

PIMENTA, F.; KEMPTON, W.; GARVINE, R. Combining meteorological stations and satellite data to evaluate the offshore wind power resource of Southeastern Brazil. **Renewable Energy**, v. 33, n. 11, p. 2375-2387, 2008.

RAMOS, D. R. S. **Mapeamento eólico do estado de Alagoas utilizando ferramentas computacionais e dados observados**. Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Maceió/AL, 130 p., 2012.

RAMOS, D. N. S.; LYRA; R. F. F.; SILVA JÚNIOR, R. S. DA. Previsão do vento utilizando o modelo atmosférico WRF para o estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n. 2, p. 163-172, 2013.

ROCHA, P. A. C.; SOUSA, R. C.; ANDRADE, C. F.; SILVA, M. E. V. Comparison of seven numerical methods for determining Weibull parameters for wind energy generation in the northeast region of Brazil. **Applied Energy**, v. 89, n.1, p. 395-400, 2011.

SILVA, A. R. **Caracterização do vento e potencial eólico no Estado de Alagoas.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Alagoas, Maceió/AL, 95 p., 2011.

SILVA, J. K. A. **Caracterização do vento e estimativa do potencial eólico para a região de tabuleiros costeiros (Pilar, Alagoas).** Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Dissertação (Mestrado em Processos de superfície terrestre), Maceió/AL, 83 p., 2007.

SILVA, B. D.; 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, p. 189-202, 2004.

SILVA, S. S. F.; ALVES, A. C.; RAMALHO, A. M. C.; DE SOUSA LACERDA, C.; SOUSA, C. M. Complementaridade Hidro-Eólica: Desafios e Perspectivas para o Planejamento Energético Nacional. **HOLOS**, v. 6, p. 32-53, 2015.

SOMBRA, S. S. Modelagem numérica em alta resolução para previsão de geração de energia eólica no Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 4, p. 477-489, 2008.

SOUZA, A. G. Q.; PIMENTA, F. M.; SILVA, A. R.; DE SOUSA MELO, E. C.; DA SILVA, M. P.; IANNIRUBERTO, M.; NUNES, H. M. P. North and Northeast Brazil offshore wind power. In: 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society & EXPOGEF, Rio de Janeiro, Brazil, 26–29 August 2013. **Anais...** Society of Exploration Geophysicists and Brazilian Geophysical Society, p. 159-163. 2013.