

ANÁLISE DA DENSIDADE DE POTÊNCIA PARA A CIDADE DE FORTALEZA - CE

Livya Wana Duarte de Souza Nascimento

liviawana@gmail.com

Hiliane da Costa Carvalho

hiliene19@gmail.com

RESUMO

O trabalho tem como objetivo uma identificação sobre as regiões de maior intensidade do vento para produção de energia eólica no Nordeste com o foco principal para a cidade de Fortaleza no estado do Ceará, dessa forma auxiliando no planejamento energético, visto que uma das principais dificuldades da maior inserção de fontes renováveis na matriz energética é a falta de previsão dentro de um cenário. Para essa análise, foram utilizados os dados de ventos coletados para uma altura de 10m pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) no período de 2016 a 2018. A região de pesquisa foi o Nordeste brasileiro com enfoque para a cidade de Fortaleza. Para todo o Nordeste foram calculadas a intensidade do vento para uma média mensal do período. Realizou-se para a cidade escolhida a extrapolação dos dados para uma altura de 100m e calculados a densidade de potência mensal para cada ano. Os resultados mostraram como foi o comportamento da intensidade do vento para o Nordeste e como foi a convecção da energia contida no vento para trabalho útil (potência) para a cidade escolhida. Essas informações podem ajudar no planejamento energético, buscando um melhor aproveitamento dos recursos renováveis para a sociedade.

Palavras-chave: Energia Eólica. Planejamento Energético. Energia Cinética

WIND TRANSFORMATION IN WIND ENERGY

ABSTRACT

The objective of this work is to identify the regions of greater wind intensity for wind energy production in the Northeast, with the main focus for the city of Fortaleza in the state of Ceará, thus assisting in energy planning, since one of the main difficulties of the greater insertion of renewable sources in the energy matrix is the lack of forecasting within a scenario. For this analysis were used wind data collected at a height of 10m by the Cearense Foundation of Meteorology and Water Resources (FUNCEME) during the period from 2016 to 2018. The research region was the Brazilian Northeast with a focus on the city of Fortaleza. For all the Northeast were calculated the intensity of the wind for a monthly average of the period. The extrapolation of the data to a height of 100 m was performed to the chosen city and the monthly power density calculated for each year. The results showed how the intensity of the wind to the Northeast was and how it was the convection of the energy contained in the wind to useful work (power) for the chosen city. This information can help in energy planning, seeking a better use of renewable resources for society.

Keywords: Wind Energy. Energy Planning. Kinetic energy

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com um desenvolvimento sustentável fez com que o mundo buscasse formas de produção de energia a partir de fontes renováveis. Existem diversas fontes de energia alternativas, porém, custo e minimização de impactos são dois fatores que influenciam sua expansão. De acordo com Lima (2012) desenvolvimento sustentável não significa que um país não possa se desenvolver, mas pede que esse desenvolvimento seja o mais sustentável possível.

O uso da energia dos ventos para a produção de eletricidade vem sendo bastante utilizado com o intuito de uma produção mais sustentável. A energia eólica baseia-se no princípio da primeira Lei da Termodinâmica, onde é colocado que a energia não pode ser criada nem destruída, mas ela pode ser apenas transformada (ÇENGEL, BOLES, 2013).

No Brasil comparado com 2015, a produção de eletricidade, a partir da fonte eólica, em 2016 aumentou 54,9% alcançando 33.489 GWh. Nesse mesmo ano a potência instalada para geração eólica expandiu 33%. (EPE, 2017)

Dentro do contexto mundial o Brasil é um país de grande potencial, que de acordo com o GWEC (2017) está em 8º lugar no ranking mundial em capacidade instalada com a potência de 12,763 MW, ficando à frente de países como Canadá e Itália, a liderança do ranking fica com a China que possui 188,232 MW instalados.

O Nordeste se caracteriza por ser uma região de alto potencial eólico, devido sua abrangente área litorânea e com isso já conta com uma grande quantidade de parques eólicos. Os principais estados do Nordeste na geração de energia eólica são Rio Grande do Norte, Bahia, Ceará e Piauí, os outros estados têm uma parcela pequena no número de instalações.

Para a implantação de um parque eólico é necessário conhecer características do vento, é preciso ter conhecimento de velocidade média, além de outras grandezas. Esses pontos de características determinam o melhor local para instalação. Inúmeros modelos estatísticos têm sido utilizados com o intuito de descrever o comportamento da distribuição da velocidade do vento.

Este trabalho analisa o comportamento mensal da transformação da energia contida nos ventos para a cidade de Fortaleza no estado do Ceará, para um período de 3 anos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Como o Brasil possui um grande potencial eólico e para verificação da transformação da energia, realizou-se para a cidade de Fortaleza no estado do Ceará uma análise da transformação da energia cinética mensal em trabalho durante o período de 2016 a 2018. Os dados de velocidade do vento foram obtidos para uma altura de 10m através da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). A partir dos de velocidade do vento foram elaborados mapas de intensidade do vento para o Nordeste, com o objetivo de compreender melhor o comportamento do vento na região. Os mapas foram feitos de acordo com a média mensal entre os anos de estudo.

Considerando um sistema fechado, será feito o balanço de energia:

$$E_{ent} - E_{sai} = \Delta E_{sistema} \quad (1)$$

$$EC + EP + EI = Q - W \quad (2)$$

Para um sistema eólico a variação de energia será considerada da seguinte forma:

$$EC = W \quad (3)$$

- EC = Energia Cinética
- W = Trabalho

Para o sistema em questão é considerado que toda a energia é convertida em trabalho, no caso esse trabalho é um trabalho de eixo (mecânico).

No intuito de obter melhor as características do potencial eólico os dados foram extrapolados para uma altura de 100m, utilizou-se a formulação matemática (QUASCHNING, 2005):

$$\frac{V_1}{V_2} = \ln\left(\frac{H_1}{Z_0}\right) / \ln\left(\frac{H_2}{Z_0}\right) \quad (4)$$

Onde:

- H1= altura do solo no ponto 1(m);
- H2= altura do solo no ponto 2 (m);
- V1= velocidade do vento no ponto 1(m);
- V2= velocidade do vento no ponto 2(m);

- Z_0 = rugosidade do terreno.

A rugosidade do terreno foi considerada baseada no mapa de rugosidade brasileira (AMARANTE, 2001). O Valor de rugosidade utilizado foi de 0,1.

A energia cinética está relacionada ao movimento e ao efeito de fatores externos sobre o sistema (ÇENGEL, BOLES, 2013), para o cálculo da energia cinética, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$EC = m \frac{v^2}{2}$$

Considerando um fluxo de massa que atravessa uma determinada área é definido pela equação:

$$m = \rho \cdot A \cdot v$$

Substituindo a equação 6 na equação 5 é possível calcular a densidade de potência (P), a mesma é relação da energia que pode ser gerada por área.

$$P = \frac{\rho V^3}{2}$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos mapas das figuras I, II e III, é possível observar intensidade maior, principalmente no litoral, justificado pela influência dos ventos alísios de leste e brisas terrestres e marinhas. Essa combinação das brisas com os alísios resulta na maior ocorrência de ventos médios anuais na parte dos litorais do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. As velocidades são maiores nessa parte principalmente ao fato dos ventos alísios se tornarem mais fortes à medida que se afastam da Zona de Convergência Intertropical e dado que as brisas marinhas são significativamente acentuadas ao sul dessa região em função dos menores índices de vegetação e de umidade do solo. (TOLMASQUIM, 2016).

Existe variação sazonal da intensidade dos ventos, onde para os meses de junho a novembro há ocorrência de ventos mais intensos e a partir de dezembro a intensidade decresce.

Os quatro primeiros meses do ano, incluem-se para o Nordeste como meses do período da quadra chuvosa, para esses quatro primeiros mapas, nota-se que março e abril são meses de

menor intensidade do vento no Nordeste. A variação nesses meses chegam a pouco mais de 5m/s em alguns pontos dos mapas.

Observa-se que a partir do mês de junho o valor da intensidade aumenta principalmente na região de encontro entre Piauí, Ceará, Pernambuco e Bahia, com valores chegando a pouco mais de 7m/s.

A partir do mês de julho, encontra-se nos mapas um aumento da intensidade no vento na região do litoral do Nordeste ultrapassando os 7m/s.

A partir dos gráficos IV, V e VI, foi possível perceber como o vento se comportou nesse período. Nos períodos de janeiro a julho do ano houve uma menor transformação da energia cinética em energia mecânica (trabalho). Os meses de setembro, outubro e novembro são os meses que apresentaram uma maior transformação de energia.

Alguns fatores influenciam nessa sazonalidade da transformação de energia, o comportamento dos ventos alísios, o período de quadra chuvosa, efeitos climáticos provocados pelo El Niño ou La Niña, são fatores que influenciam no comportamento do vento. Como é colocado pelo CPTEC (2018), o El Niño é caracterizado por um aquecimento anormal das águas no oceano Pacífico Tropical e a La Niña já se caracteriza por um resfriamento das águas do Pacífico Tropical, e esse comportamento podem influenciar no comportamento dos padrões dos ventos a nível mundial.

Com base no trabalho pode-se concluir como a energia eólica é presente no Brasil e principalmente no Nordeste e pesquisas nessa área são bastante relevantes. A partir dos dados obtidos com a elaboração dos mapas de intensidade dos ventos, verificou-se as áreas de maiores intensidades dos ventos e que acabam sendo as áreas com a maior presença de parques eólicos. E com os gráficos de densidade de potência verificou-se em quantidade o quanto de energia cinética é transformado em trabalho útil.

O estudo de relações para a intensidade do vento é muito importante, pois a partir de informações de relevâncias é possível aumentar a confiabilidade de projetos de parques eólicos, garantindo a qualidade e aumentando o número de empreendimentos sendo feitos nessa área.

6. REFERÊNCIAS

AMARANTE, O.A.C; BROWER, M; ZACK, J; Sá, A.L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**
CPTEC- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Monitoramento do El Niño durante DJF-2019**. 2018. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 19 de maio 2019.

ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A.. “**Termodinâmica**”, Mcgraw-Hill, 7ª Edição, 2013.
EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Ministério de minas e energia – MME.
Balço energético nacional 2017: ano base 2016. Rio de Janeiro, 2017. 296p.

GWEC. 2017. **Global Wind Statistics**. Disponível em: < http://gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2017_EN-003_FINAL.pdf >. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

LIMA, Raquel Araújo. A produção de energias renováveis e o desenvolvimento sustentável: uma análise no cenário da mudança do clima. **Revista eletrônica direito e-nergia**, v. 5, n. 4, Jan-Jul 2012. Disponível em: < <https://periodicos.ufrn.br/direitoenergia/article/download/5145/4126/> > Acesso em: 03 de agosto de 2018.

Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2001.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro, EPE, 2016. 452 p.

ANEXO

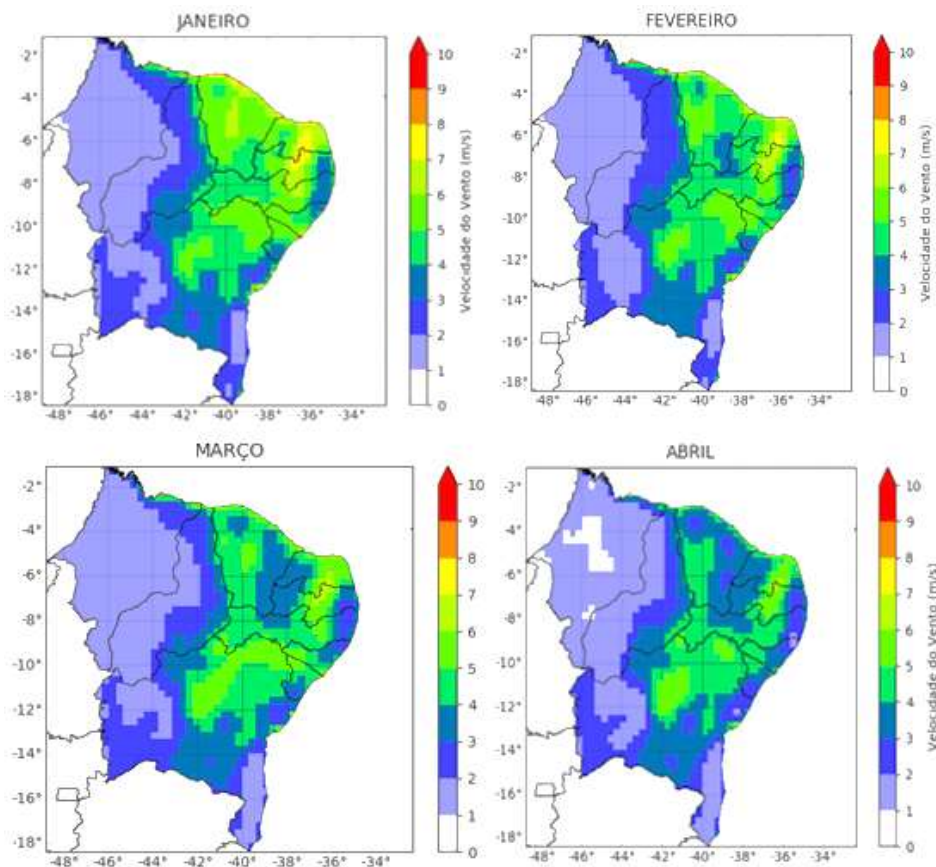


Figura I – Intensidade do vento para meses do 1º quadrimestre.

Figure I - Wind intensity for months of the first four months.

Fonte: Autor (2018)

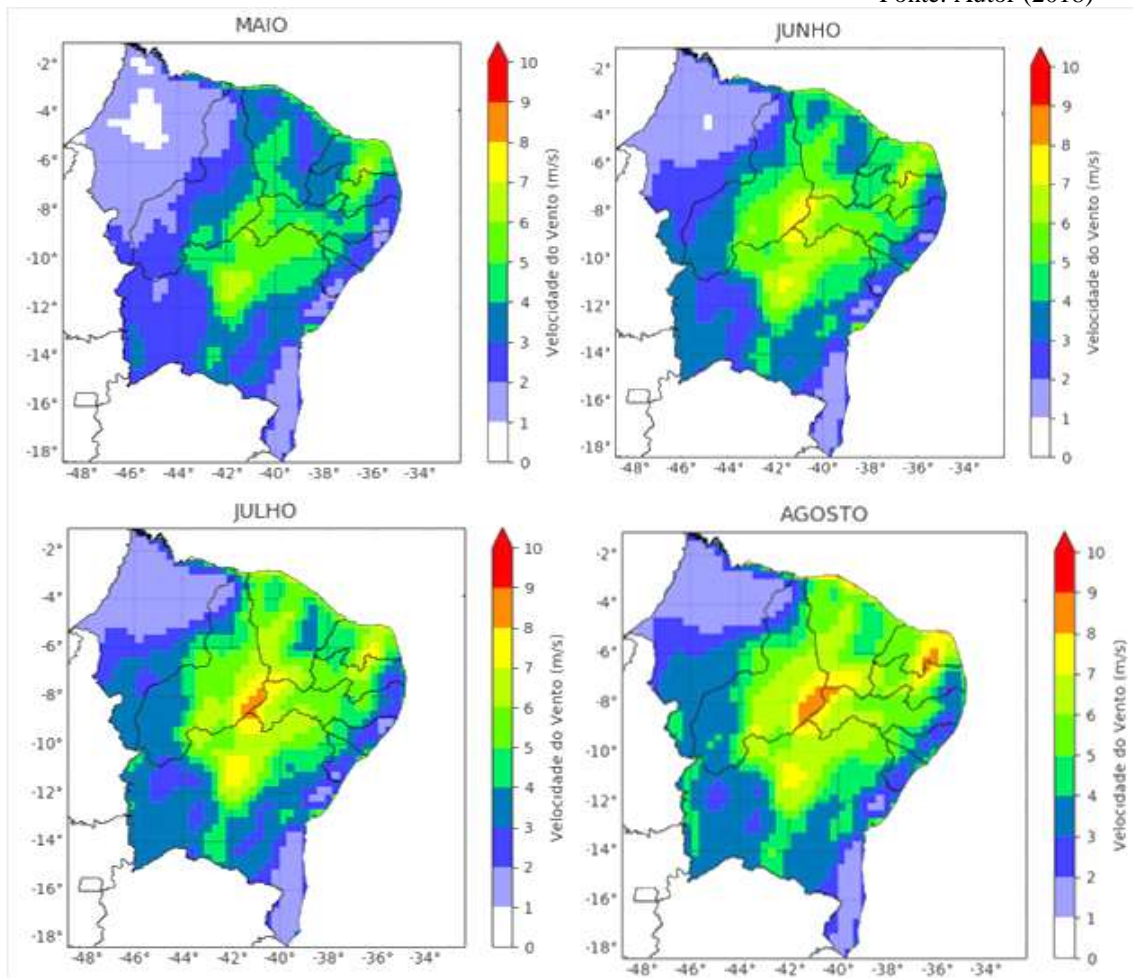


Figura II - Intensidade do vento para meses do 2º quadrimestre

Figure II - Wind intensity for months of the 2nd four-month period

Fonte: Autor (2018)

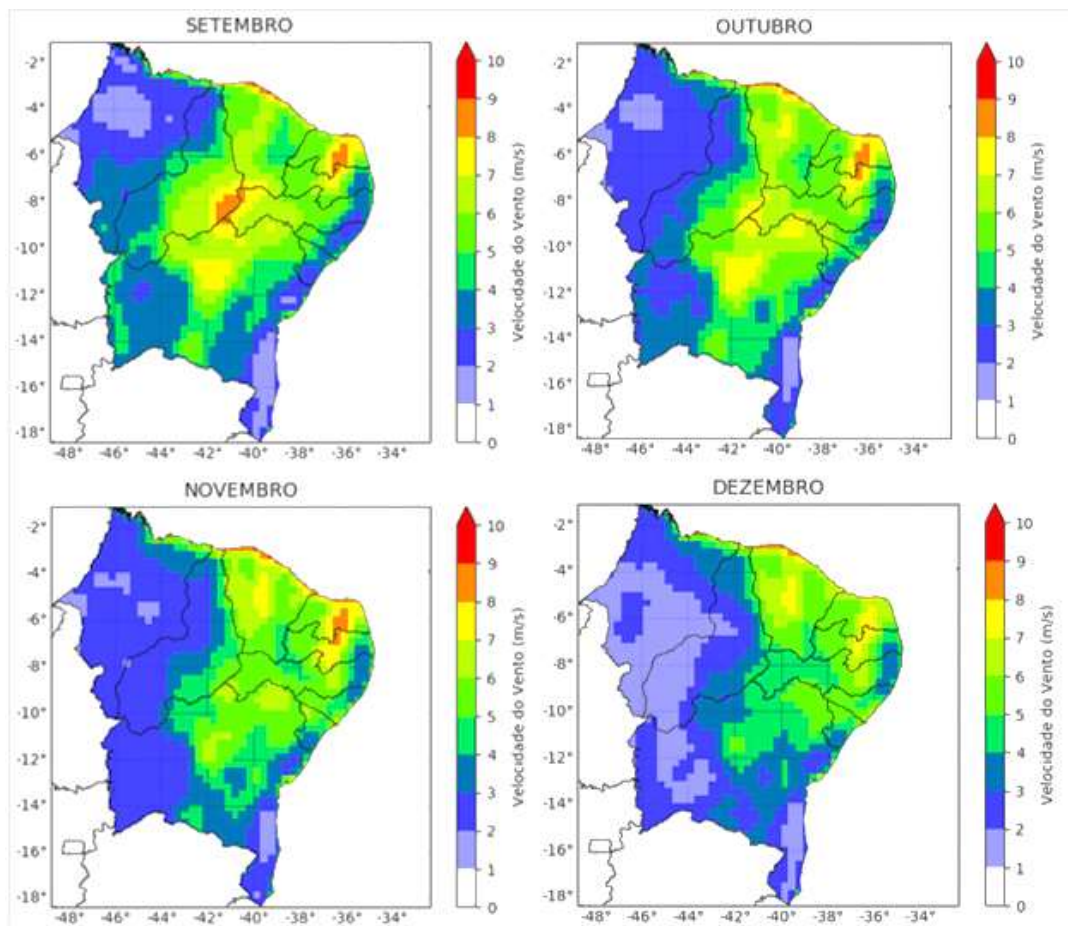


Figura III - Intensidade do vento para meses do 3º quadrimestre

Figure III - Wind intensity for months of the 3rd quarter

Fonte: Autor (2018)

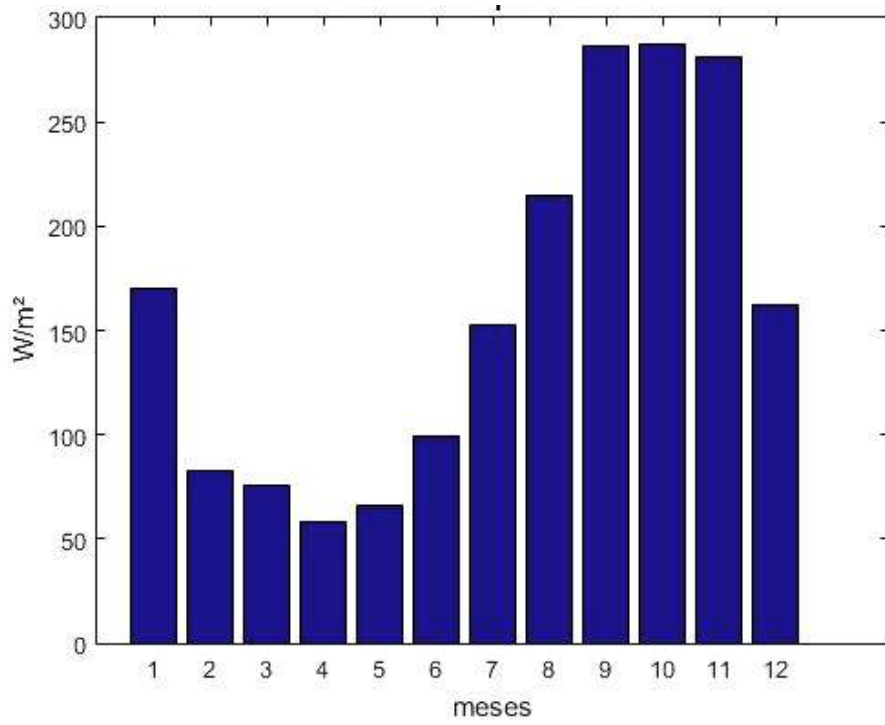


Figura IV – Densidade de Potência Fortaleza - CE (2016)

Figure IV - Power Density Fortaleza - CE (2016)

Fonte: Autor (2019)

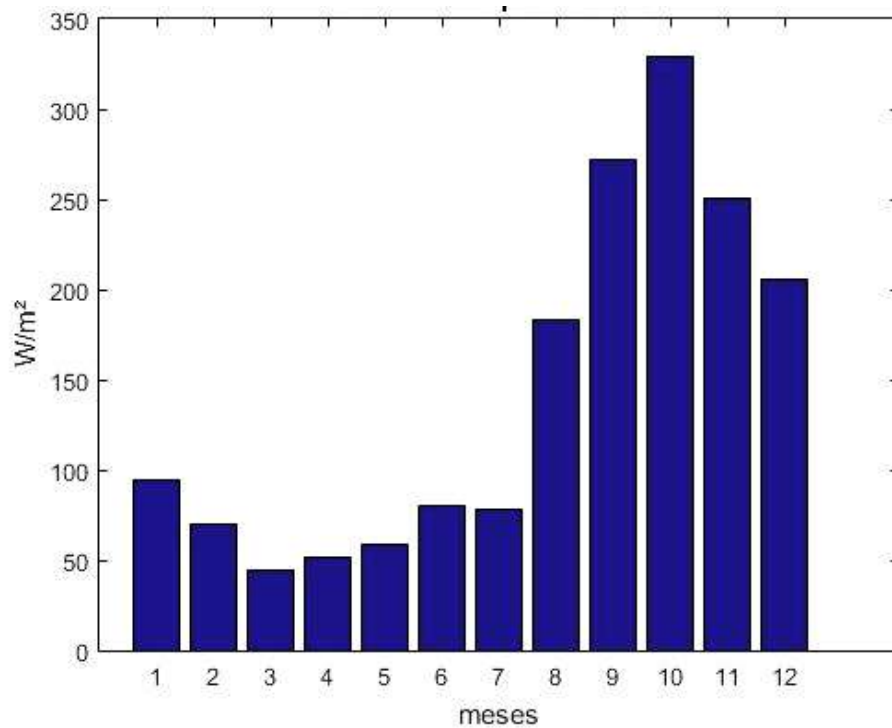


Figura IV – Densidade de Potência Fortaleza - CE (2017)

Figure IV - Power Density Fortaleza - CE (2017)

Fonte: Autor (2019)

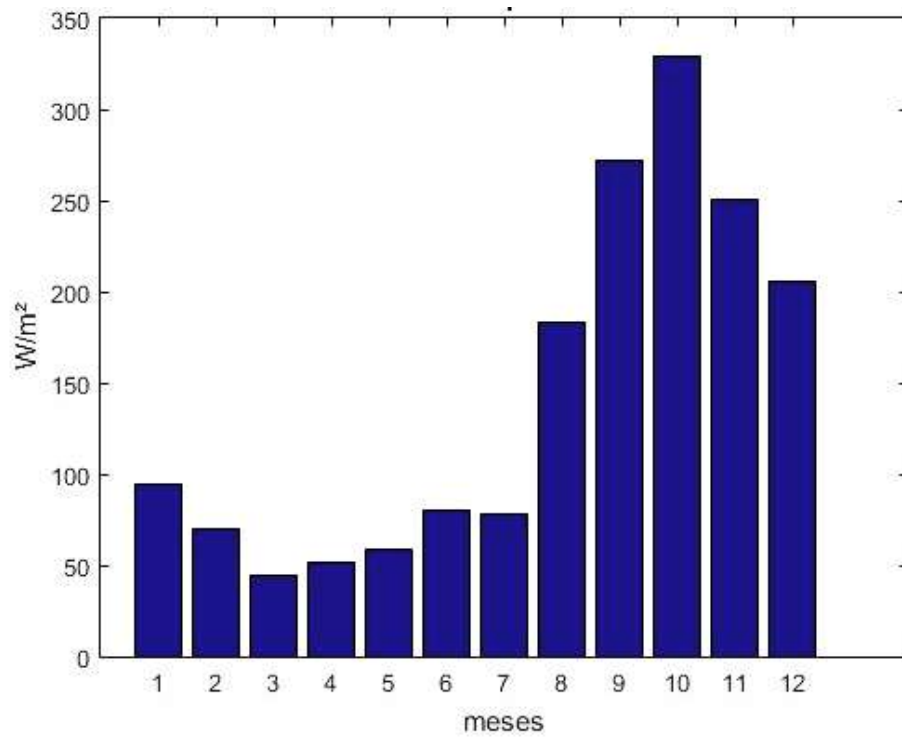


Figura IV – Densidade de Potência Fortaleza - CE (2018)

Figure IV - Power Density Fortaleza - CE (2018)

Fonte: Autor (2019)