

ANÁLISE PRELIMINAR DO POTENCIAL EÓLICO DA REGIÃO SALINEIRA DO RIO GRANDE DO NORTE

Alisson Silva Vieira¹, Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes²

Resumo: O presente trabalho traz como objetivo testar a viabilidade de implantação de parques eólicos nos estuários dos rios Apodi-Mossoró e Piranhas-Açu. Para isso foram observadas as velocidades dos ventos na região a uma altura de 50m com dados obtidos pelo CRESESB e analisados com o auxílio do software Qgis, onde foram gerados mapas das velocidades dos ventos, densidade de potência e do potencial eólico. Com isso pode-se observar preliminarmente um grande potencial para a região pois a mesma possui localidades nas quais a velocidade do vento chega a próximo de 8m/s o que já são valores bastante consideráveis para a geração de energia elétrica, por fim para trabalhos futuros sugere-se que sejam realizados estudos também a alturas de 75 e 100 metros para que se tenha um melhor conhecimento acerca da variação dos ventos na região e assim também possa-se analisar se com torres mais robustas se tenha um melhor aproveitamento.

Palavras-chave: Energia eólica; Densidade de Potência; Potencial Energético.

1. INTRODUÇÃO

A criação e o abastecimento energético são questão prioritária para a evolução da civilização humana, constituindo um dos principais desafios para sociedade moderna nas próximas décadas. O tema assume ainda mais destaque quando se constata que fontes de energia tradicionais e não renováveis, contém uma porcentagem maior de impactos negativos comparadas às fontes de energia renováveis. Tal cenário tem incentivado a busca por fontes alternativas de energia, dentre as quais, a energia eólica, onde atualmente existem mais de 500 parques eólicos implantados no Brasil, totalizando 12 GW de potência instalada (EPE, 2018). Menos impactante que a energia hidrelétrica, e mais eficiente que a energia solar, a energia eólica pode ser obtida nos mais diversos locais do planeta, através de um processo produtivo relativamente simples, no qual o movimento das massas de ar é captado por hélices ligadas a aerogeradores (energia cinética do vento em energia elétrica), que por sua vez é convertida em eletricidade, usando dessa forma uma fonte de energia renovável. Sua principal matéria prima, os ventos, são originados pela associação entre o aquecimento exercido por energia solar sobre a superfície terrestre em rotação planetária (AMARANTE, 2001).

Ainda assim, não se pode declarar que energia eólica é isenta de impactos ambientais negativos, que vão desde ruídos excessivos, devido ao seu funcionamento (poluição sonora) e interferência em sinal de rádio e TV, até o afugentamento e morte da fauna e flora das áreas onde se instala os parques na fase de construção e durante a permanência do empreendimento ou sua exploração (KERLINGER, 2002). Os impactos recorrentes são supressão da vegetação remoção de terra e compactação do terreno por máquinas. Destaca-se também a necessidade de grandes áreas para a implantação do parque, em sua maior parte em regiões litorâneas e/ou sobre dunas, o que resulta na alteração da paisagem local e geração de conflitos com as populações tradicionais. Por essa razão, deve-se buscar áreas que minimizem os impactos negativos gerados pela implantação de usinas eólicas, analisando os aspectos sociais, ambientais e econômicos do projeto desde sua concepção, subsidiando, desta forma, a decisão sobre a viabilidade da instalação dos mesmos. Estudos demonstram que essas atividades geralmente são realizadas em um sistema ambiental de preservação permanente podendo gerar a extinção de setores fixados pela vegetação, bem como a supressão de ecossistemas antes ocupados por fauna e flora específicas (MEIRELES, 2008).

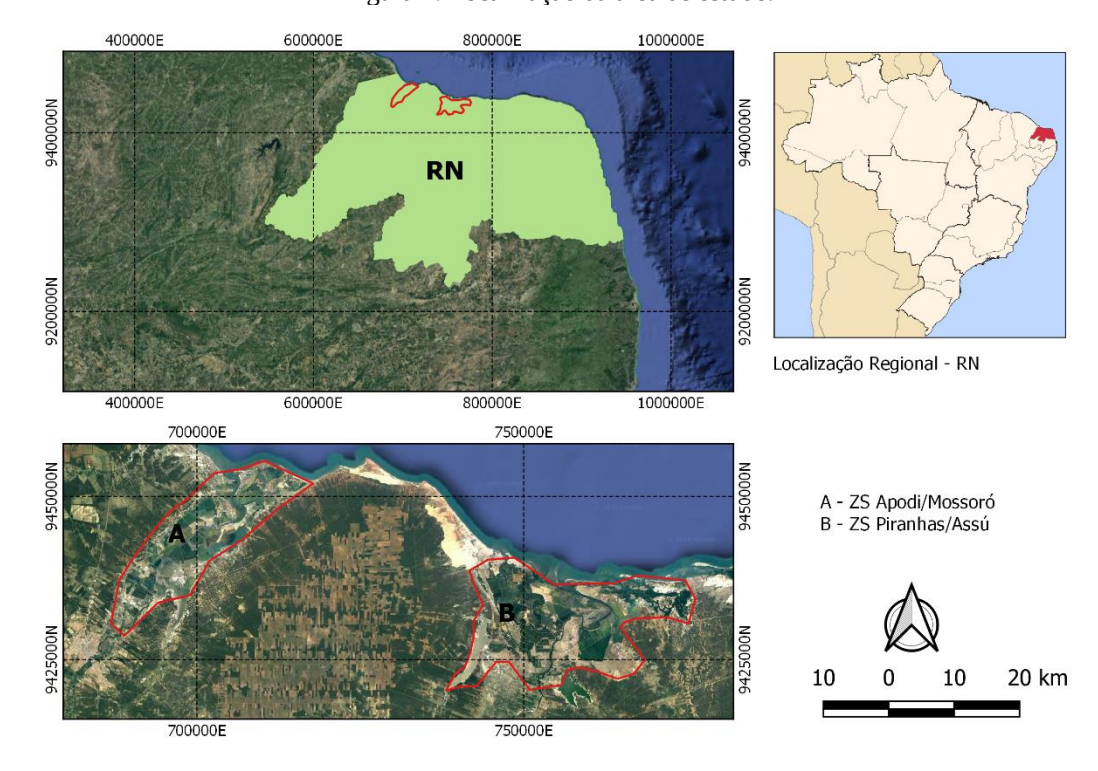
Uma alternativa é o aproveitamento das áreas reservadas à produção de sal (salinas) existentes no litoral Riograndense (RN). Instaladas na região ainda durante o período da colonização do Brasil, as salinas ocupam áreas costeiras à margem dos estuários dos rios Apodi-Mossoró, Piranhas-Assú, reconhecidas pela alta intensidade e constância dos ventos durante todo ano. Além disso, as áreas das salinas já se encontram antropizadas, o que, a priori, resultaria em um impacto ambiental significativamente menor quando comparado à ocupação de áreas de dunas, por exemplo.

Dessa forma, a presente pesquisa tem como objetivo analisar potencial de geração de energia eólica das áreas salineiras localizadas no litoral norte do Rio Grande do Norte. Tendo como objetivo específico a subsidiar novas discussões e que conciliam possíveis projetos de geração de energia com a conservação do meio ambiente, por meio do uso de áreas já antropizadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no litoral norte do estado do Rio Grande do Norte, na região conhecida como costa salineira, e abrangeu as Zonas Salineiras (ZS) rios Apodi/Mossoró e Piranhas/Assú (Figura 1). As referidas ZS Apodi/Mossoró e Piranhas/ Assú concentram a maior parte das salineiras do país, respondendo por mais de 70% da produção nacional de sal marinho.

Figura 1: Localização da área de estudo.



Fonte: Autoria Própria (2020)

A ZS Apodi/Mossoró inclui parte dos municípios de Mossoró, Grossos e Areia Branca, e possui área total de 304,48 Km², e abrange toda a planície de inundação do estuário do rio Apodi/Mossoró. A ZS Piranhas/Assú, por sua vez, engloba parte dos territórios dos municípios de Porto do Mangue e Macau, totalizando 443,96 Km², e corresponde ao delta da bacia hidrográfica do rio Piranhas/Assú.

Essa região é alvo de oscilações decorrentes da zona de convergência intertropical, apresentando um alto índice de sazonalidade do período chuvoso sendo esse correspondente aos meses de fevereiro até abril enquanto o período seco corresponde aos outros meses do ano (EMPARN, 2011). O clima da região é classificado com BSw'h' (British Standard Whitworth thread) segundo a escala de classificação Köppen sendo do tipo semiárido quente. A temperatura média da região é em torno de 27°C e a umidade do ar 70%;

Os ventos da região são controlados pelos alísios de leste e pelas brisas terrestres e marinhas, apresentando também um elevado grau de sazonalidade, tendo a maior intensidade dos ventos entre os meses de agosto e novembro, enquanto que os seus menores índices são observados entre os meses de fevereiro até maio (AMARANTE et al., 2001).

2.1. Estimativa de Velocidade dos Ventos

Para determinar a velocidade dos ventos na área de interesse, utilizou-se a base de dados em formato kml (formato de arquivo usado para visualização de dados geográficos do google Earth)

disponibilizada pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB), para altura de 50 metros, abrangendo toda a região nordeste. (Figura 2).

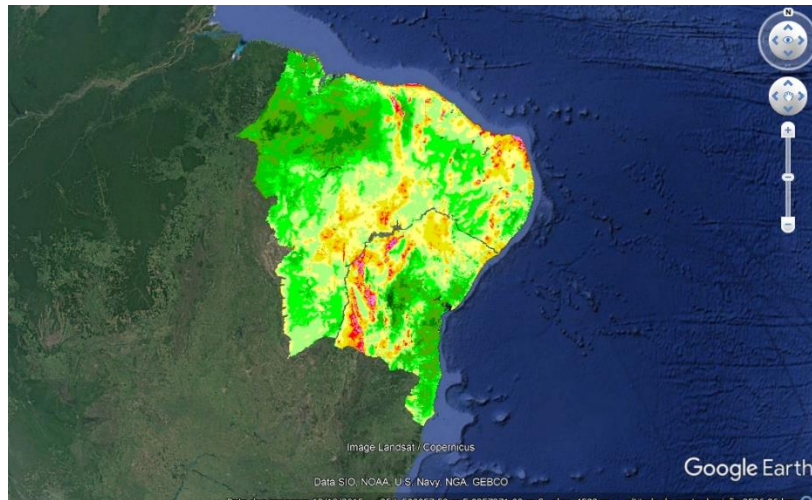


Figura 2: Base de dados disponibilizada pelo CRESESB no formato .kml para velocidade dos ventos a 50 metros de altura do solo (Adaptado do Google Earth).

Os dados do CRESESB (2001), foram produzidos utilizando o sistema de MesoMap, que é um conjunto integrado de modelos de simulação atmosférica, base de dados meteorológicos e geográficos, redes de computadores e sistemas de armazenamento. A escolha da intensidade dos ventos a 50 metros é devida à altura dos rotores do modelo de aerogerador selecionado para o presente estudo, Wobben Enercon E-44.

Os dados foram importados para o software livre Qgis (Sistema de Informação Geográfica) versão 3.4.12 onde foram processados seguindo as etapas descritas a seguir:

- 1 – Conversão da base dados para o formato shapefile (.shp);
- 2 – Construção de matriz regular de pontos na área de estudo, com espaçamento de 5 km x 5 km, para coleta de valores de referência de velocidade dos ventos;
- 3 – Interpolação das curvas de velocidade dos ventos pelo método do Inverso do Quadrado da Distância (IDW), tomando como base a matriz de pontos e suas respectivas velocidades dos ventos;
- 4 – Geração dos arquivos raster para área de estudo contendo as informações de velocidade do vento para altitude de 50 metros.

2.2. Determinação da Densidade Potência Eólica

A densidade de potência eólica pode ser compreendida como a quantidade de energia disponível por unidade de área varrida pelo rotor de um aerogerador, e sua estimativa realizada em função da velocidade do vento e a densidade do ar (Eq. 1).

$$DP \text{ (watts/m}^2\text{)} = 12v^3$$

(1)

Sendo ρ a densidade do ar, considera que ao nível do mar e a 15°C o ar tem uma densidade de cerca de 1,225kg/m³, v é a velocidade média dos ventos estimados para área de estudo (em m/s).

2.3. Estimativa do Potencial Energético

O potencial energético da área de estudo foi estimado com base na potência elétrica produzida por uma torre eólica do modelo escolhido, Wobben Enercon E-44, calculada conforme a Equação 2:

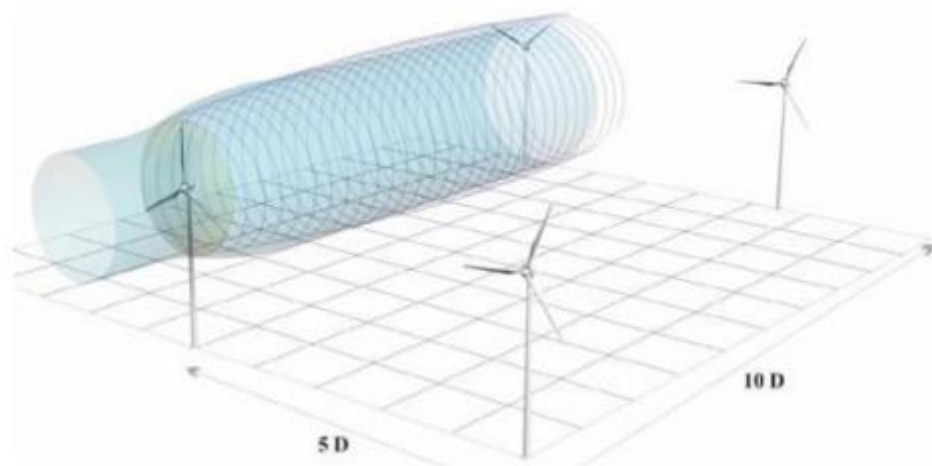
$$P \text{ (watts/h)} = 12Arv^3C_p\eta$$

(2)

Sendo a densidade do ar ($1,225\text{kg/m}^3$), A_r é a área de varredura do rotor do aerogerador, equivalente 1.521 m^2 para o modelo escolhido, v é a velocidade média dos ventos estimados para área de estudo (em m/s), C_p é o coeficiente aerodinâmico da potência do rotor adotado como 0,45 (valor máximo atingido na prática pelos aerogeradores) e, por fim η é a eficiência do conjunto gerador/transmissor que pode variar entre 0,93 e 0,98 (adotou-se 0,93).

A potência energética total produzida para cada ZS foi calculada pelo produto da potência energética de cada aerogerador pela quantidade de aerogeradores que poderiam ser instalados nas áreas consideradas adequadas. A quantidade de aerogeradores por unidade de área (densidade de aerogeradores) em cada ZS foi estimada tomando como base na distância segura entre aerogeradores (Figura 2), sendo essa distância igual a $10 \times D$ (dez vezes seu diâmetros) para distância frontal entre aerogerador do rotor ao se instalar e $5 \times D$ (cinco vezes seu diâmetro) para distancia lateral entre aerogeradores.

Figura 2: Distância entre torres eólicas



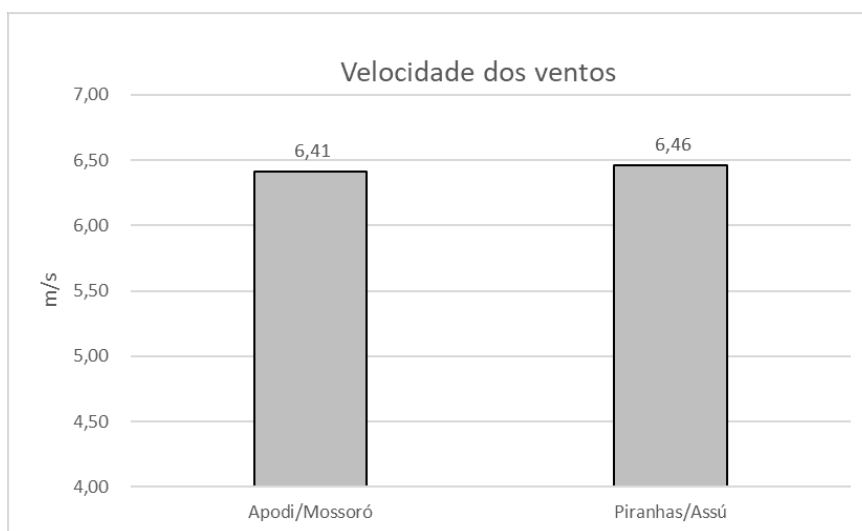
Fonte: Amarante et al. (2001)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Velocidade dos Ventos

A ZS do Apodi/Mossoró apresentou média para velocidade do vento a 50 metros de altura de 6,41 m/s (DP: 0,41 m/s), variando entre o máximo de 7,99 m/s e o mínimo de 5,55 m/s. Valores semelhantes foram ZS do Piranhas/Assú, que registrou média levemente superior, 6,46 m/s (DP: 0,27 m/s), e valores que oscilaram entre 6,00 mínimo e 7,50 máximo m/s.

Figura 3: Velocidade média do vento nas ZS analisadas.

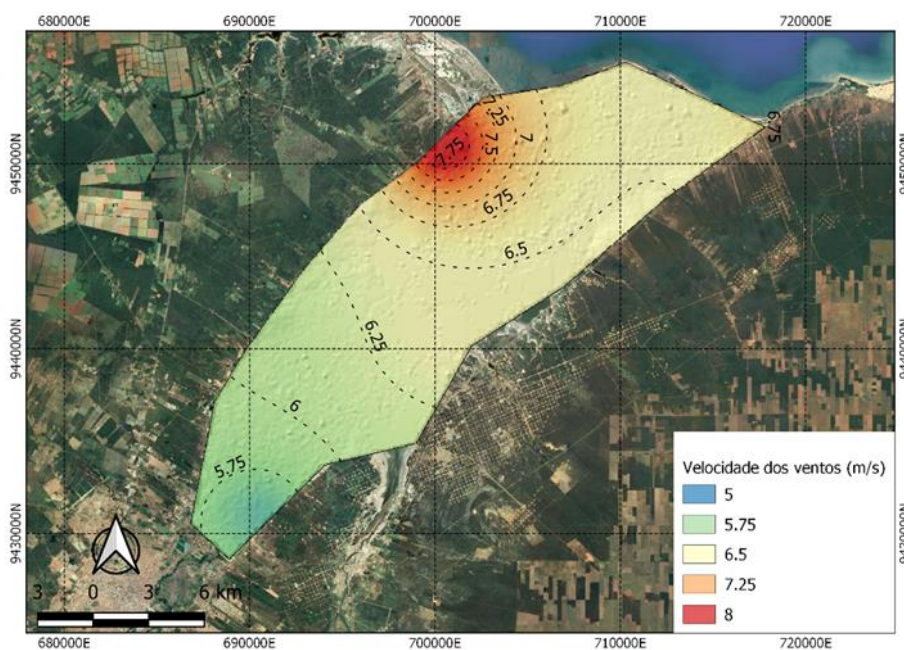


Fonte: Autoria Própria (2020)

De modo geral, pode-se afirmar que, em relação às velocidades médias dos ventos, ambas as ZS poderiam abrigar projetos de usinas eólicas, uma vez que, de acordo com Rosetto (2014) a velocidade média mínima e a máxima para que se tenha retorno de um empreendimento eólico é de aproximadamente 6,5 m/s.

No que se refere a variação espacial dentro de cada ZS, observou-se que Apodi/Mossoró apresentou velocidades maiores na região próxima à linha de costa e menor na região próxima ao continente (Figura 4). Essa variação pode ser explicada pelo formato da ZS em questão, que se torna mais estreita à medida que adentra o continente, reduzindo a área de exposição aos ventos mais intensos oriundos do oceano. Verificou-se também que a região com maior intensidade dos ventos está localizada na porção noroeste (coordenadas 9450000N e 700000E) onde chegam a atingir velocidades de 7,75 m/s, o que está relacionada a direção predominante dos ventos na região.

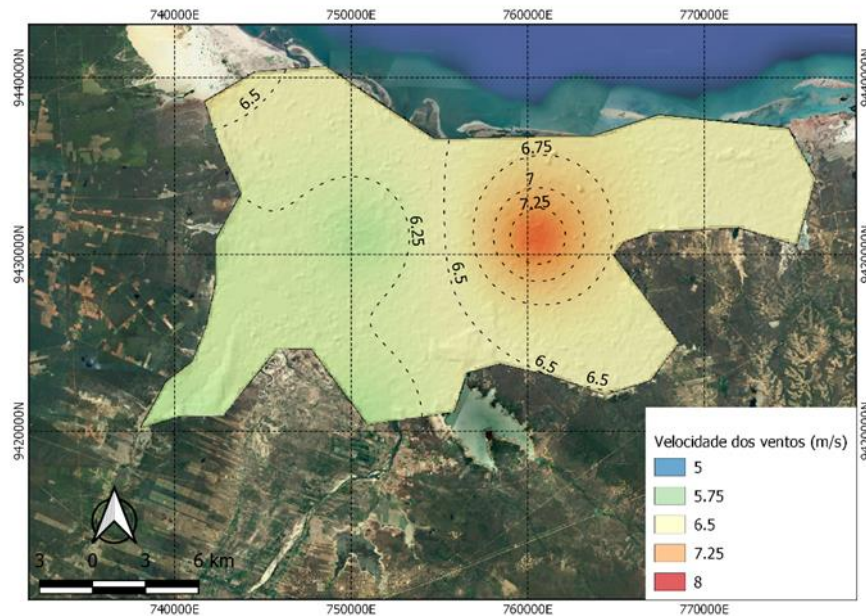
Figura 4: Distribuição espacial da velocidade média do vento na ZS Apodi/Mossoró.



Fonte: Autoria Própria (200).

A ZS Piranhas/Assú, registrou maior uniformidade na distribuição espacial da velocidade dos ventos, com a maior parte do território apresentando velocidades compreendidas entre 6,25 e 6,50 m/s, com ventos mais intensos registrados na porção central (coordenadas 9430000N e 760000E), chegando a valores de 7,25 m/s. A maior uniformidade registrada -resulta do fato da foz do Piranhas/Assú constituir, na realidade, um delta, o que faz com que toda a planície de inundação fique exposta a ação dos ventos.

Figura 5: Distribuição espacial da velocidade média do vento na ZS Piranhas/Assú

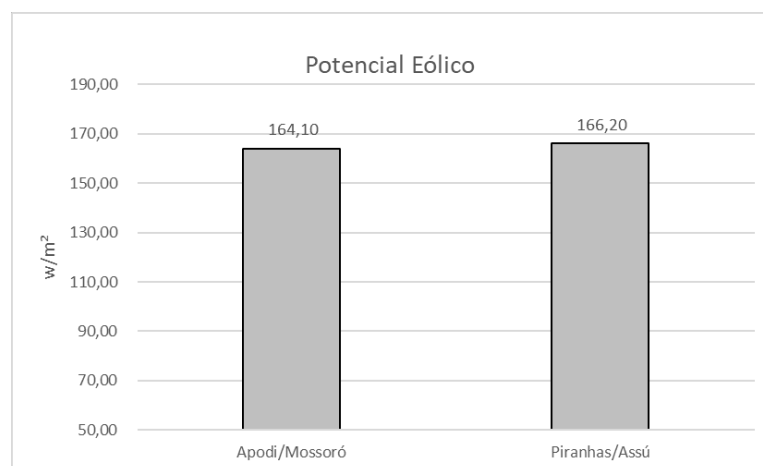


Fonte: Autoria Própria (2020)

3.2 Densidade de Potência Eólica

A densidade de potência eólica, também denominada potencial eólico bruto, apresentou média de 164,10 W/m² (DP: 33,16 W/m²) e 165,31 w/m² (DP: 21,67 W/m²) para as ZN Apodi/Mossoró e Piranhas/Assú, respectivamente (Figura 6). Para esse parâmetro, a ZN Apodi/Mossoró registrou valores entre 101,90 W/m² mínimo e 313,59 W/m² máximo, enquanto Piranhas/Assú variou entre o mínimo de 132,30 W/m² e o máximo de 258,40 W/m².

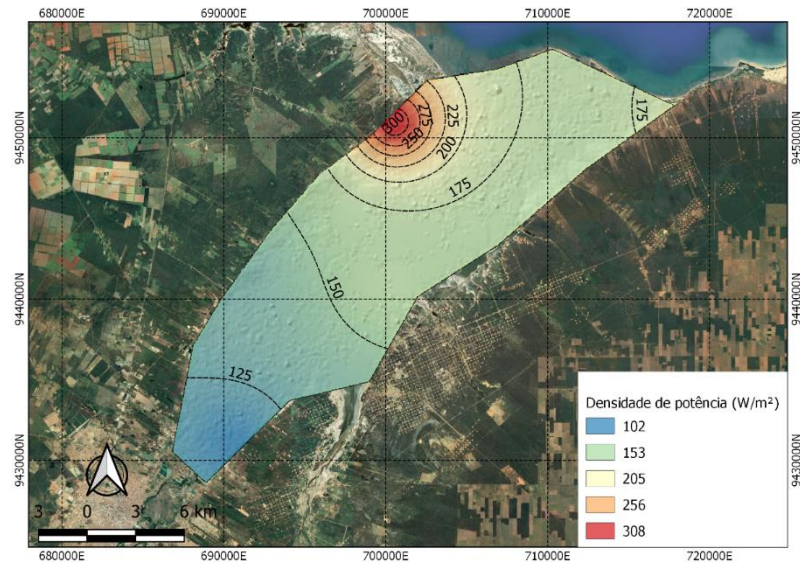
Figura 6: Densidade de potência eólica média nas ZS analisadas



Fonte: Autoria Própria (2020)

Em relação a variação espacial da densidade de potência eólica, constatou-se que mais de 60% da área da ZS Apodi/Mossoró apresentou valores superiores a 150 W/m², por que colocando a velocidade dos ventos na equação da Densidade do Potencial Eólico chegaremos a esse resultado, incluindo aproximadamente 5% da área com valores acima de 300 W/m², valores considerados atrativos para projetos de parques eólicos.

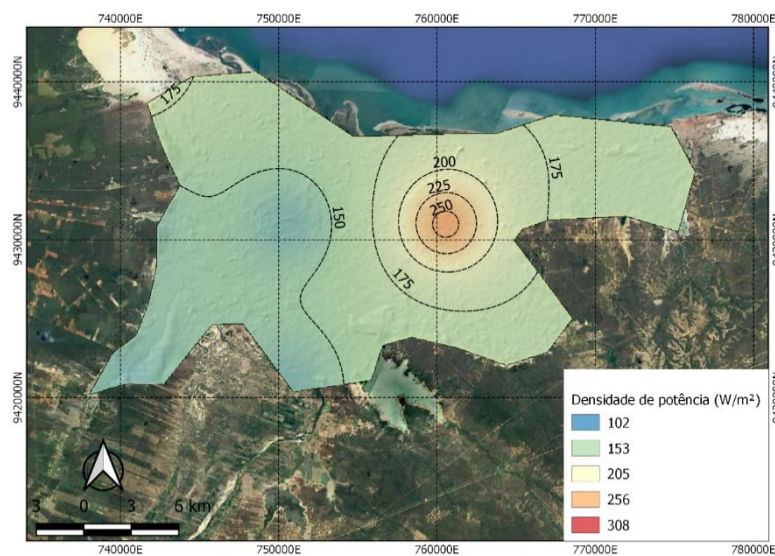
Figura 7: Distribuição espacial da densidade potência eólica na ZS Apodi/Mossoró



Fonte: Autoria Própria (2020)

Para ZS Piranhas/Assú, observou-se maior uniformidade na distribuição da densidade de potência, onde cerca de 80% da área registrou valores superiores a 150 W/m².

Figura 8: Distribuição espacial da densidade potência eólica na ZS Piranhas/Assú



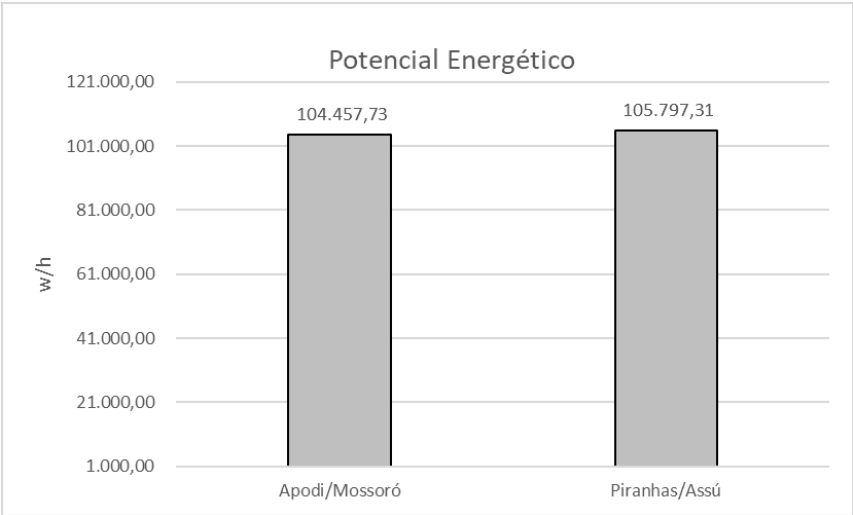
Fonte: Autoria Própria (2020)

3.3 Potencial Energético

O potencial energético de uma determinada região corresponde a potência que de fato pode ser extraída pela turbina eólica, e é uma função do modelo de aerogerador empregado no projeto. Para o

modelo considerado no presente estudo (Webben Enercon E-44) estimou-se um potencial energético médio, para cada aerogerador instalado, de 104.457,73 W/h (104,46 Kw/h) para a ZS Apodi/Mossoró, variando entre o máximo de 199.609,55 W/h e o mínimo de 64866,48 w/h, e de 105.797,31 W/h (105,80 Kw/h) para a ZS Piranhas/Assú com valores compreendidos entre 84.214,22 W/h e 167.478,42 W/h.

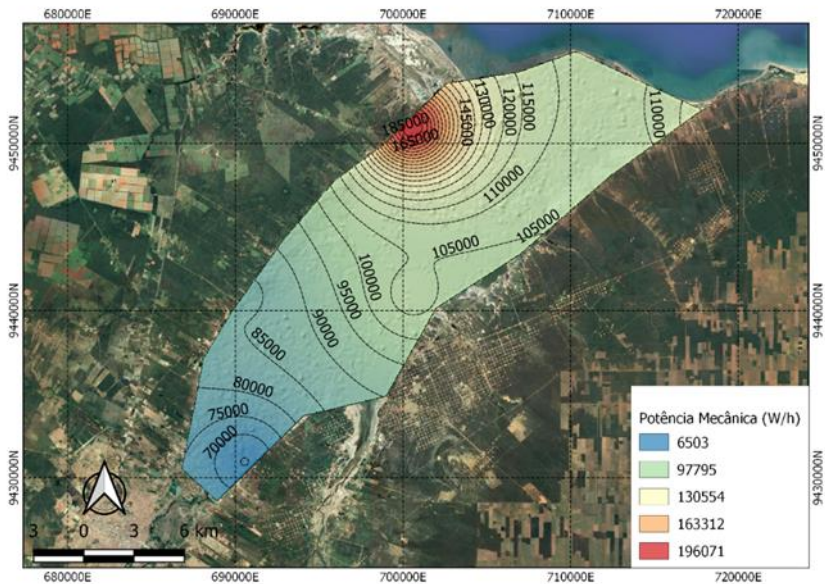
Figura 9: Potencial energético médio nas ZS analisadas.



Fonte: Autoria Própria (2020)

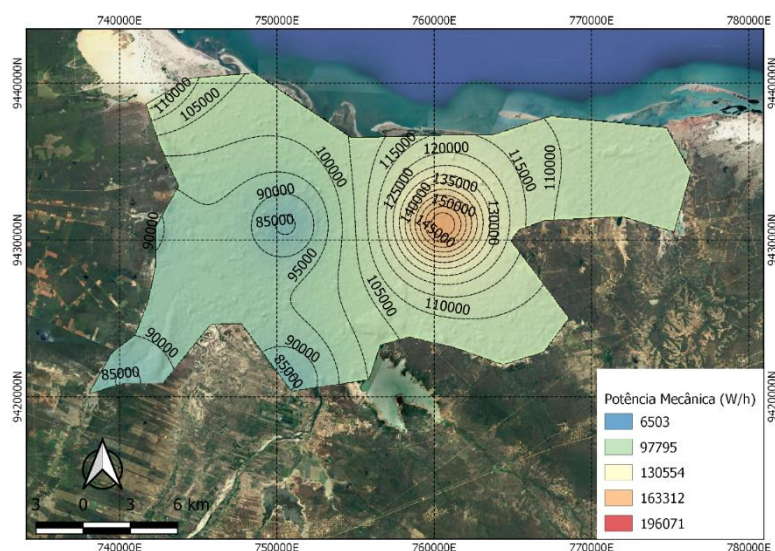
As Figuras 10 e 11 apresentam a distribuição espacial do potencial energético nas ZS Apodi/Mossoró e Piranhas/Assú, respectivamente.

Figura 10: Distribuição espacial do potencial energético na ZS Apodi/Mossoró.



Fonte: Autoria Própria (2020)

Figura 11: Distribuição espacial do potencial energético na ZS Piranhas/Assú.



Fonte: Autoria Própria (2020)

Considerando apenas as áreas mais promissoras de cada ZS (5%) e levando em consideração a densidade recomendada de aerogeradores, seria possível instalar um total de 190 turbinas na ZS Apodi/Mossoró e 277 na ZS Piranhas/Assú, o que possibilitaria a geração da potência energética de 37.985,45 Kw/h e 46.471,07 Kw/h nas respectivas áreas (Tabela 1).

Tabela 1: Potencial de geração de energia eólica para as ZS Apodi/Mossoró e Piranhas/Assú (Autoria Própria, 2020).

	Área da ZS (km ²)	Área explorável (km ²)	Nº de Aerogeradores	Pot. Ener. (Kw/h)	Pot. Ener/ZS Total (Kw/h)
ZS Apodi/Mossoró	304,48	15,22	190	199,61	37.925,9
ZS Piranha/Assú	443,96	22,20	277	167,48	46.391,96

3.4 Comparação entre regiões

Segundo os estudos de Fábio Rossoni (2013) em Viabilidade Técnica para Implantação de Parques Eólicos na microrregião sudoeste do Paraná e oeste de Santa Catarina para disponibilidade de ventos na região, observou-se que nas regiões citadas a velocidade dos ventos em primeira instância chegavam de 6 a 7,5 m/s, e sua média de ventos segundo a empresa que disponibiliza os dados para a análise de viabilidade chegavam aos 5,96 m/s, onde esses valores atendia o exposto da velocidade dos ventos. A curva de potencial usada pelo gerador sugeria 2,0 MW, onde a máquina iniciava sua geração com ventos a partir de 3m/s.

Comparando esses dados com (desse trabalho) em velocidade dos ventos do estuário de Apodi/Mossoró e Piranhas/Assú localizadas na Região Nordeste do Brasil, o estuário de Apodi/Mossoró para uma altura de 50m para aerogeradores, a velocidade dos ventos chega aos 6,41 m/s e varia até 7,99 m/s no em seu ponto máximo. Já para o estuário de Piranhas/Assú que é localizado nas imediações das de

cidade de Macau e Porto do Mangue, sua velocidade dos ventos registram a ser superiores aos 6,46 m/s e valores que chegam a variar até os 7,50 m/s.

Ao compararmos os dois estudos entre velocidades dos ventos, percebemos que estuários de Apodi/Mossoró e Piranhas/Assú localizados em ZS do estado Riograndense é uma boa opção para instalações de novos parques eólicos, onde a velocidade dos ventos para ambas as áreas chegam a ser superior a 6,00 m/s, em comparação a velocidade média dos ventos em outras localidades onde se já existe essa fonte de energia seria um excelente investimento, de forma que as mesmas poderiam abranger diversas cidades que banha sua localidade como Mossoró, Areia Branca, Assú, Porto do Mangue e outras.

Já para o potencial eólico do São João do Cariri localizado no estado da Paraíba, os estudos de Sousa et al, chegaram aos resultados no período de 1, que a velocidade média anual em 2008 para uma altura de 50m sua velocidade dos ventos chegaram aos seus 5,24 m/s e seu desvio padrão de 2,25m/s. Já sua potência gerada pela velocidade dos ventos nas medições de 50 metros, seu potencial é inferior aos 400 W/m², com tudo em algumas medições seus valores chegam aos 1200 W/m².

Comparando a segundo análise com os estuários de Apodi/Mossoró e Piranhas/Assú, para São João do Cariri a velocidade dos ventos em ambos os estuários do Rio Grande do Norte chega a ser superior a potencial eólico do parque instalado anteriormente no estado da Paraíba, assim também indicando que em nossas áreas a instalação para novos parques eólicos na região seria de bom aproveitamento devido a corrente de ar que obtivemos após análises. Em relação ao desvio padrão ainda dos mesmos estuários citados acima e em comparação com São João do Cariri, chegam a ser inferiores onde em Apodi/Mossoró a velocidade é 0,41 m/s e em Piranhas/Assú chega a ser 0,27 m/s. Em comparação também com Apodi/Mossoró onde se registrou valores entre 101,90 W/m² e 313,59 W/m², enquanto Piranhas/Assú variou entre o mínimo de 132,30 W/m² e o máximo de 258,40 W/m², valores que chegam a ser bons também em comparação com São João do Cariri que chegam a ser inferiores aos 400 W/m².

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que o potencial eólico que as regiões dos dois estuários da Zona Salineira estão em localidades de fácil acesso, através das cidades que os cercam e seus potenciais para instalação de parques eólicos é bastante satisfatório, já que as correntes de ar apresentam valores superiores ao valor mínimo recomendado para instalação de aerogerador. Também se destaca que entre os dois estuários o que possui as melhores condições de velocidade dos ventos é o do rio Piranhas/Assú que ultrapassa os 6,00 m/s. Também observamos que a densidade do potencial eólico média do estuário do Piranhas/Assú é superior ao Apodi/Mossoró.

Sugere-se que para trabalhos futuros um estudo mais aprofundado nos dois estuários onde se pretende implantar o parque eólico, pois os dados obtidos foram gerados a partir de estação meteorológica situadas nas cidades de Mossoró, Areia Branca, Grossos, Macau e Porto do Mangue a uma altura de 50m, é recomendável que os próximos estudos façam também análises para as alturas de 75m e 100m, obtendo assim resultados complementares que podem trazer um panorama mais completo sobre o potencial da região.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, Odilon A. Camargo do et al. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Brasília: [s.n.], 2001. 44 p. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2020.
- EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Dados de Precipitação Anual. 2011. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov> Acesso em: 20 de out. de 2019.
- EPE. Nota Técnica EPE-DEE-NT-041/2018: Participação de empreendimentos eólicos nos leilões de energia no Brasil. EPE: Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: www.epe.gov.br.
- MEIRELES, A. J. A. Impactos ambientais promovidos pela implantação e operação de usinas eólicas em áreas de preservação permanente (APP's) – Os campos de dunas fixas e móveis da planície costeira do Cumbe, município de Aracati, 2008. Disponível em: Acesso em: 11 jan. 2020.
- O.A.C. do Amarante, M. Brower, J. Zack e A.L. Sá, Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2001).
- ROSSETTO, Carolina. Avaliação Econômica da Implantação de Turbinas Eólicas por meio da Análise de Riscos. 2014. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/17830>>. Acesso em: 17 nov. 2019.

ROSSINE, Fabio. **ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NA MICRORREGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ E OESTE DE SANTA CATARINA**. 2013. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Eletrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.