



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS

CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ALLAN VIKTOR DA SILVA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA DA EXPLORAÇÃO DE
ENERGIA EÓLICA EM UMA SALINA DO RIO GRANDE DO NORTE**

ANGICOS

2018

ALLAN VIKTOR DA SILVA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA DA EXPLORAÇÃO DE
ENERGIA EÓLICA EM UMA SALINA DO RIO GRANDE DO NORTE**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Rogerio Taygra Vasconcelos Fernandes, Prof. Me.

ANGICOS

2018

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P436a Pereira, Allan Viktor da Silva .

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA DA
EXPLORAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA EM UMA SALINA DO RIO

GRANDE DO NORTE / Allan Viktor da Silva Pereira.

- 2018.

41 f. : il.

Orientador: Rogerio Taygra Vasconcelos Fernandes.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2018.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

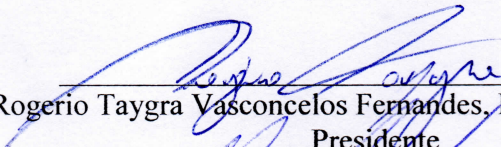
ALLAN VIKTOR DA SILVA PEREIRA

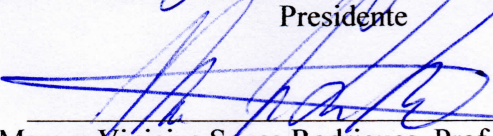
**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA DA EXPLORAÇÃO DE
ENERGIA EÓLICA EM UMA SALINA DO RIO GRANDE DO NORTE**

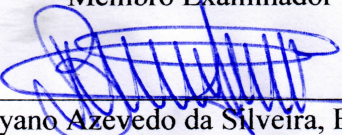
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 14 / 03 / 2018.

BANCA EXAMINADORA


Rogerio Taygra Vasconcelos Fernandes, Prof. Me. (UFERSA)
Presidente


Marcus Vinicius Sousa Rodrigues, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador


Brenno Dayano Azevedo da Silveira, Eng. (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico esse trabalho aos meus avos José e Elisa (in memoriam), com todo o meu amor e gratidão.

Sou grato a Deus, que me ajudou em cada etapa desse trabalho e não me deixou fraquejar.

Dedico esta, bem como todas as minhas conquistas, aos meus pais Erinete e Francisco, meu irmão Arthur e meu sobrinho Nathan, meu maior presente de 2018.

Aos amigos Martina, Kennedi, Jorge e Clara, que se colocaram a disposição para compartilhar minhas dores, tristezas e alegrias.

Aos meus avos Maria e Geraldo com toda gratidão do mundo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus colegas de equipe Neto, Leo, Valdeir, Gabi e Vanessa pelo companheirismo dentro e fora do ambiente de trabalho.

Agradeço Universidade pela oportunidade de fazer o curso.

Agradeço a Deus por minha vida, família e amigos.

Agradeço Orientador pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

Agradeço aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade de participar e pelas contribuições pessoais acerca da monografia.

Agradeço aos meus Amigos Sergio, Moises, Karol, Izabelly e Larissa pelo incentivo e amizade ao longo da minha formação acadêmica na instituição e que continuaram na minha vida com certeza.

“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas”.

Claude Lévi-Strauss

RESUMO

O impacto ambiental gerado pela exploração de fontes de energia não renováveis, com destaque para os combustíveis fósseis, bem como a previsão de esgotamento dos mesmos, tem estimulado a busca por fontes alternativas de energia, dentre as quais, a energia eólica. 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 mecânica), que por sua vez é convertida em eletricidade. O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade de implantação de um parque eólico no município de Porto do Mangue/RN, para isso foi estudada a viabilidade técnica desta implantação onde foi avaliada a topografia do terreno e a velocidade dos ventos da região, com base nos dados obtidos no INMET, também foi estudada a viabilidade econômica para a implantação do parque eólico através de um fluxo de caixa com todas as receitas e despesas do empreendimento eólico necessitando de um investimento inicial de R\$ 9.735.000,00. Foi adotada uma TMA de 15% e calculou-se o VPL e TIR com os dados do fluxo de caixa que resultaram respectivamente em R\$ -4.346.988,91 e 1%. Os resultados apresentados pelos indicadores analisados implicaram na recusa do projeto, por apresentar mais de um critério negativo a implantação do parque eólico.

Palavras-chave: Energias Renováveis. Custo Benefício. Aproveitamento Eólico.

ABSTRACT

The environmental impact generated by the exploitation of non-renewable energy sources, with emphasis on fossil fuels, as well as their forecast of depletion, has stimulated the search for alternative sources of energy, including wind energy. Less impactful than hydroelectric energy, and more efficient than solar energy, wind energy can be obtained in the most diverse locations on the planet, through a relatively simple production process, in which the movement of the masses of air is picked up by propellers Connected to generators (mechanical power), which in turn is converted into electricity. The objective of this work is to analyze the feasibility of the implantation of a wind farm in the municipality of Porto do Mangue/RN, for this was studied the technical feasibility of this implantation where the topography of the terrain was evaluated and the speed of the winds of the region, based on the data obtained in the INMET, the economic viability for the implementation of the wind farm was also studied, through a cash flow with all the revenue and expenditure of the wind undertaking requiring an initial investment of R\$ 9,735,000.00. A 15% TMA was adopted and the VPL and TIR were calculated with the cash flow data that resulted in R\$-4,346,988.91 and 1% respectively. The results presented by the analysed indicators implied in the refusal of the project, for presenting more than one negative criterion the implantation of the wind park.

Keywords: Renewable energies. Cost benefit. Wind use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Circulação Atmosférica.....	20
Figura 2: Localização da região estudada.....	21
Figura 3: Tipos de Turbinas.....	23
Figura 4: Rotores de eixo vertical	24
Figura 5: Aerogerador de eixo horizontal	25
Figura 6: Turbinas UPWIND e DOWNWIND	25
Figura 7: Distancia entre torres eólicas	26
Figura 8: Crescimento dos aerogeradores diâmetro do rotor altura de torre e potencia nominal	27
Figura 9: Mapa do relevo na cidade de Porto do Mangue/RN	32
Figura 10: Mapa da velocidade média dos ventos x direção à altura de 50m	34
Figura 11: modelo E-82 E2 da Wobben Windpower Enercon.....	36
Figura 12: Fluxo de caixa	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Matriz Energética Brasileira. Fonte: Adaptado de Reis.	17
Gráfico 2: Matriz elétrica brasileira. Fonte: Adaptado de Mello.	18
Gráfico 3: Velocidade media dos ventos ao longo do ano.	34
Gráfico 4: Curva de potencia do modelo E-82 E2.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Especificações técnicas dos modelos dos aerogeradores estudado.....	27
Tabela 2	–	Velocidade media dos ventos a partir de dados da estação meteorológica de Macau/RN.....	32
Tabela 3	–	Potencia produzida pelos aerogeradores estudados	33
Tabela 4	–	Impostos calculados sobre o empreendimento.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
APP	Área de Preservação Permanente
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCC	Conta de Consumo de Combustíveis
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
COFINS	Contribuição para Financiamento de Seguridade Social
CSLL	Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NBR	Norma Brasileira
PIS	Programa de Integração Social
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SHP	Shapefile
TFSEE	Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 GESTÃO DO CONHECIMENTO (GC)	17
2.1 Matriz energética brasileira	17
2.2 Matriz elétrica	17
2.3 Fontes alternativas de energia	18
2.3.1 Cenário Global	18
2.3.1.1 Potencial eólico	19
2.3.1.2 Impactos ambientais da energia eólica	21
2.4 Aero geradores	22
2.4.1 Funcionamento do aerogerador	22
2.4.2 Tipos de aerogeradores	22
2.4.2.1 Aero geradores com rotor de eixo vertical	23
2.4.2.2 Aero geradores com rotor de eixo horizontal	24
3 MATERIAIS E METODOS	28
3.1 Escolha do aerogerador	28
3.2 Viabilidade Técnica	28
3.2.1 Topografia	29
3.2.2 Velocidade dos ventos	29
3.3 Viabilidade Econômica	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA	32
4.1 Relevo	32
4.2 Velocidade média dos ventos	33
VIABILIDADE FINANCEIRA	35
4.3 Escolha dos aerogeradores	35
4.4 Fluxo de Caixa	37
5 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

O impacto ambiental gerado pela exploração de fontes de energia não renováveis, com destaque para os combustíveis fósseis, bem como a previsão de esgotamento dos mesmos, tem estimulado a busca por fontes alternativas de energia, dentre as quais, a energia eólica. 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 mecânica), que por sua vez é convertida em eletricidade.

Ainda assim, não se pode afirmar 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. 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. Desta forma, 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 do mesmo.

Uma alternativa é o aproveitamento das áreas destinadas à produção de sal (salinas) existentes no litoral norte do Rio Grande do Norte (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-Açu e Galinhos Guamaré, 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. Diante deste cenário, algumas empresas do ramo salineiro têm demonstrado interesse no aproveitamento de suas áreas produtivas para instalação de torres eólicas, uma vez que as mesmas não interfeririam em sua atividade principal (produção de sal), ao mesmo tempo que poderia suprir a demanda da própria salina por energia elétrica, podendo ainda gerar receita a partir da comercialização da energia excedente. Entretanto, considerando o elevado investimento na instalação de torre eólicas, é fundamental que a viabilidade de tal projeto seja devidamente avaliada. A análise de viabilidade econômico-financeira é fundamental para que não se invista em um projeto não rentável. Descobrir que o projeto não possui viabilidade financeira no começo é fundamental, pois quanto mais tarde um projeto sem viabilidade for cancelado, maior será a perda.

OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade da implantação de um parque eólico em uma salina do município de Porto do Mangue-RN, considerando os aspectos técnico e econômicos relacionados ao empreendimento.

2 GESTÃO DO CONHECIMENTO (GC)

2.1 Matriz energética brasileira

Matriz energética é o agrupamento de recursos energéticos primários aplicados na transformação, distribuição e consumo no seu processo produtivo. Sendo assim a energia primária que move o país, desde os combustíveis fósseis queimados nos motores dos automóveis a energia cinética geradas nas turbinas hidroelétricas (Reis, 2015).

A matriz energética brasileira (Gráfico 1), mesmo sendo considerada uma das mais limpas do mundo, ainda é dominada em sua totalidade por fontes não renováveis e poluentes somando um total de 59%, devido ao elevado consumo de combustíveis derivados do petróleo.

A parcela da energia renovável na matriz brasileira em sua grande maioria se da biomassa de cana-de-açúcar e as hidroelétricas, além de outras fontes limpas incluindo a solar e eólica, correspondendo a 41% de fontes renováveis na matriz energética em contra partida a porcentagem mundial que chega a 13%.

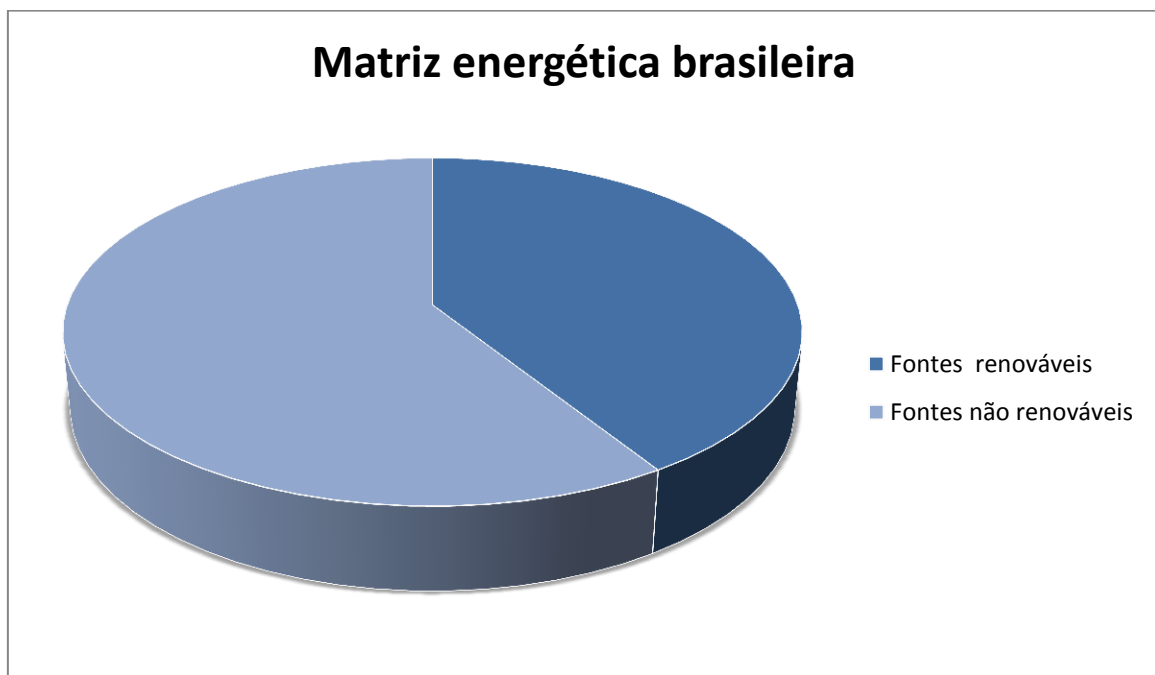


Gráfico 1: Matriz Energética Brasileira. Fonte: Adaptado de Reis.

2.2 Matriz elétrica

A matriz elétrica de um país corresponde à parte da matriz energética, destinada à geração de energia elétrica. No Brasil excluindo o setor de transportes, toda a demanda do setor econômico se utiliza da energia elétrica (REIS, 2015).

A geração de energia elétrica no Brasil (Gráfico 2) é dominada há décadas pelas hidroelétricas, que são responsáveis por cerca de 70% da geração de energia nacional, o que pode vir a ser um problema em períodos de escassez de chuvas ou mudanças climáticas severas que possam gerar impactos na matriz energética brasileira (MELLO, 2014). A energia eólica e a biomassa agregadas a hidroelétrica somam um total de 80% da matriz elétrica do país. Enquanto que o gás natural junto ao carvão mineral e o urânio representam os outros 20% restantes das fontes não renováveis.

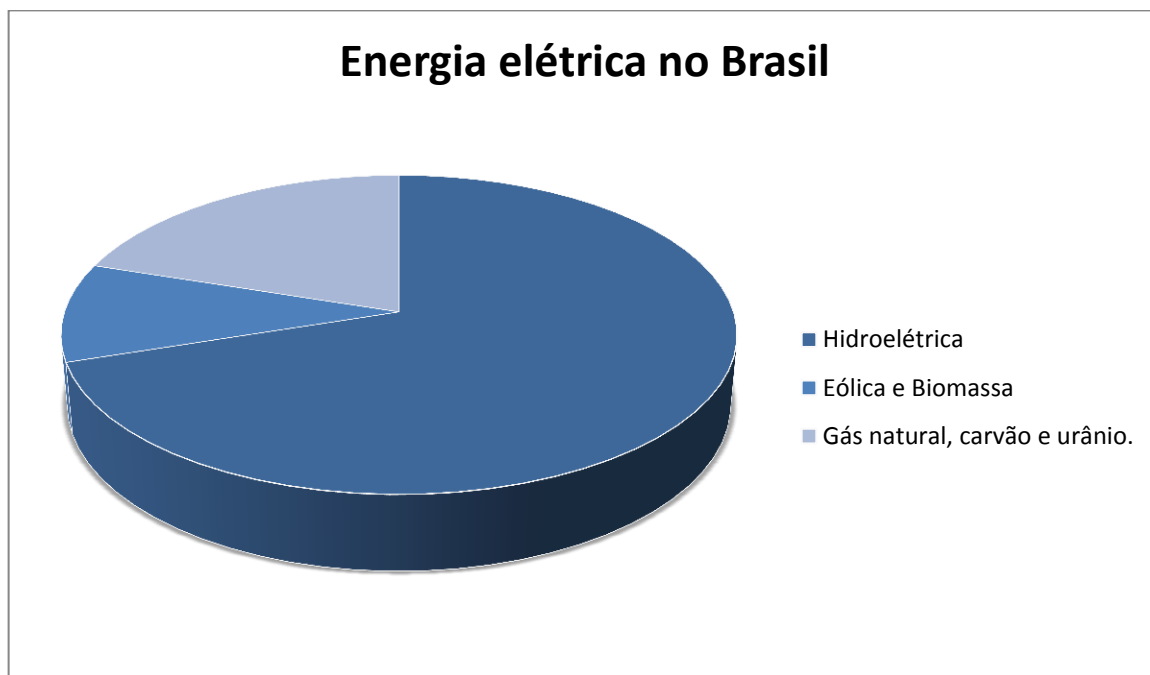


Gráfico 2: Matriz elétrica brasileira. Fonte: Adaptado de Mello.

2.3 Fontes alternativas de energia

A partir da primeira crise do petróleo de 1973, ocorreu um aumento significativo do preço do mesmo, o qual fora e é até hoje a principal fonte de geração de energia do mundo. Agregados a essa crise foram surgindo nesse período os movimentos científicos que buscavam atentar a população mundial aos riscos provocados pelo uso desenfreado das fontes não renováveis, que a longo prazo levariam a um colapso ambiental. Aprofundando assim os estudos para a implementação de fontes energéticas que gerem menos impactos ao meio ambiente e que sejam providos de fontes renováveis (ZANFERDINI, 2014).

2.3.1 Cenário Global

Dentre as fontes renováveis de energia, encontra-se a energia eólica, a mesma é produzida pela força dos ventos, sendo utilizada desde os tempos remotos em embarcações, bem como em moinhos de vento (NASCIMENTO, 2016).

O vento é o resultado das movimentações das massas de ar, sob a ação da energia proveniente do sol e da rotação terrestre. Dentre os mecanismos que atuam sobre a formação dos ventos, pode-se destacar o aquecimento desigual da superfície da terra. Os ventos podem ter uma variação considerável em intervalos de horas ou dias, mas estatisticamente sua velocidade tende a um regime diurno predominante, que pode ser regido por influências locais e regionais. Em intervalos anuais, podem-se notar os regimes de ventos apresentando uma notável regularidade, tendo regimes sazonais bem definidos ao longo do ano.

Para que se possa gerar energia elétrica a partir da energia eólica, faz-se necessária a presença de aerogerador que tem o funcionamento semelhante ao de um moinho de vento, onde a energia das massas de ar é convertida em energia mecânica ao passar pelas pás da turbina, fazendo o acionamento do rotor, que irá transmitir a rotação para o gerador, para que o mesmo converta a energia mecânica em energia elétrica.

2.3.1.1 Potencial eólico

A distribuição geral dos ventos sobre o Brasil é controlada pela grande escala atmosférica, a escala sinótica e a circulação geral do planeta. Devido esse perfil ocorrem variações significativas devido à diversidade das características do solo, como a geometria, altitude, presença de obstáculos, cobertura vegetal e existência de grandes extensões de massas de água. Esses fatores resultam em regimes de ventos locais distintos (AMARANTE et al., 2003).

A zona Litorânea Norte-Nordeste é compreendida como a faixa costeira com 10km de largura, que estendesse entre a costa do Amapá no extremo norte do país e o Cabo de São Roque localizado no Rio Grande do Norte. Sobre essa região existe uma incidência de ventos controlados primeiramente pelos alísios (Figura 1) de leste e brisas terrestres e marinhas. Provocando com essa combinação uma velocidade média dos ventos anuais por volta de 5m/s e 7,5m/s na Região Norte entre o Amapá e Pará e por volta de 6m/s e 9m/s na região mais que compreende o litoral do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. Essa região possui uma maior incidência devido ao fato dos ventos alísios tornarem-se mais fortes à medida que se afastam da Depressão Equatorial, também devido ao fato das brisas marinhas tornarem-se mais significativas devido aos baixos índices de vegetação e umidade do solo. As maiores velocidade médias anuais de vento ao longo dessa região encontram-se na região que abrange o litoral do Rio Grande do Norte e Ceará, onde a circulação da brisa marinha é especialmente intensa e alinhada com os ventos alísios vindos do leste-sudeste (AMARANTE et al., 2001).

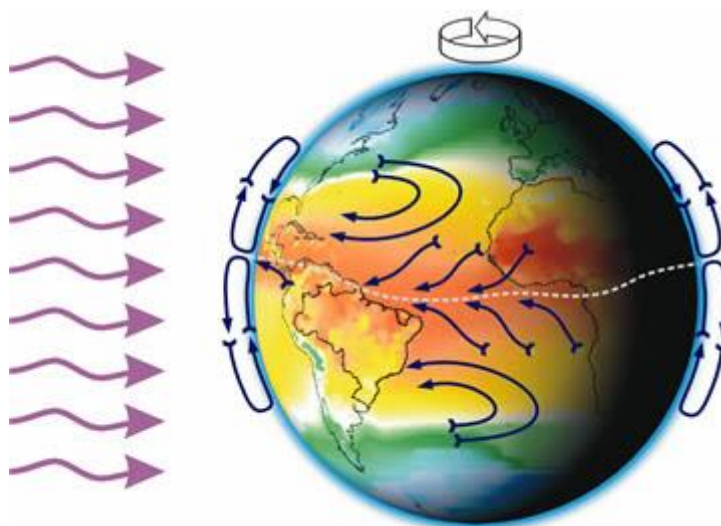


Figura 1: Circulação Atmosférica. Fonte: Geoconceição.

O estado do Rio Grande do Norte fica localizado no extremo nordeste do Brasil, situado entre os paralelos $6^{\circ}58'57''\text{S}$ e $4^{\circ}49'53''\text{S}$ e os meridianos $38^{\circ}34'54''\text{W}$ e $34^{\circ}58'08''\text{W}$, se estendendo por um território de 53.307 km², tendo seus limites formados pelo Oceano Atlântico ao leste e norte, o estado do Ceará ao oeste e a Paraíba ao sul (AMARANTE et al., 2001).

Tendo um litoral com extensão na ordem 400 km, possui grandes áreas cobertas por dunas e formações arenosas, que são orientadas segundo a direção dos ventos alísios, que apresentam grande intensidade e uma boa constância nesta região da costa brasileira. A maior parte do estado apresenta clima semiárido, com um período seco com duração de sete meses e a predominância da vegetação caatinga.

O regime de ventos incidentes no estado do Rio Grande do Norte apresenta um elevado grau de sazonalidade, no geral contando com uma maior intensidade dos ventos nos meses de agosto até novembro, período que corresponde ao fim do inverno e primavera na região e com uma menor incidência nos meses de fevereiro até maio período que compreende o final do verão e o outono (AMARANTE et al., 2001).

O município de Porto do Mangue está localizado na região que corresponde ao litoral Norte-Nordeste do estado, uma área promissora com um elevado potencial para o aproveitamento eólico (Figura 2).

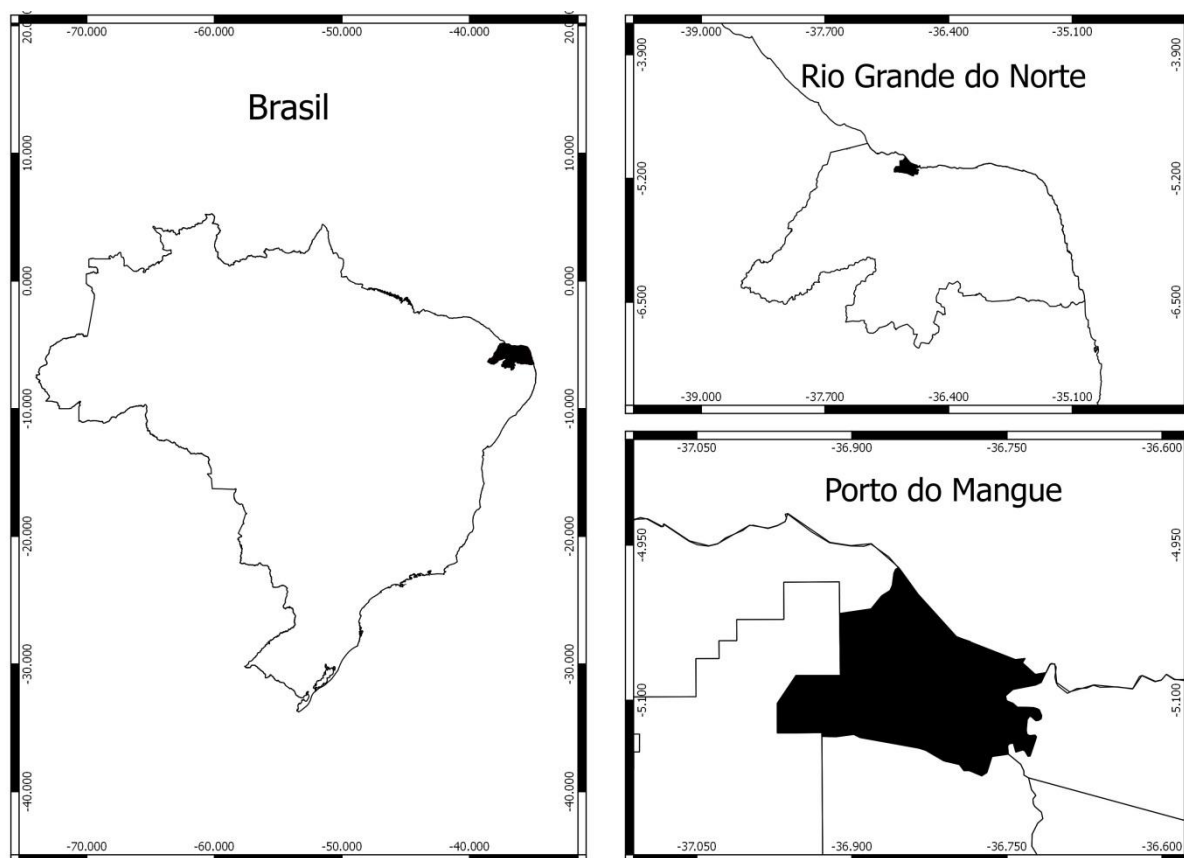


Figura 2: Localização da região estudada. Fonte: própria.

2.3.1.2 Impactos ambientais da energia eólica

Os principais impactos ambientais observados por pesquisadores em relação à geração de energia eólica tem sido a mortalidade de animais como aves e morcegos na região onde se instam os aerogeradores, o impacto visual e o efeito estroboscópico ocasionado pelos movimentos das pás, os ruídos oriundos dos aerogeradores e a ocupação de terra.

Relatam-se casos de mortes de aves e morcegos associadas a diversas partes da infraestrutura dos parques eólicos, mas a principal causa relatada são as turbinas, que são estruturas verticais moveis representando um maior risco para os animais (BARRADAS, 2014).

Os casos de mortalidade desses animais em parques eólicos está diretamente associado a topologia do terreno, a força dos ventos da região e da estação do ano. Acreditava-se que a principal causa de mortalidade desses animais era relacionada a impactos com as pás das turbinas, com tudo apenas as aves são suscetíveis a colisões com as pás. Os morcegos são afetados por adentrarem em áreas de baixa pressão e sofrendo assim de barotrauma, que acaba levando ao rompimento dos pulmões do animal (BARRADAS, 2014).

Outro impacto observado, a poluição visual é diretamente relacionada à paisagem. Em um empreendimento eólico o impacto visual não diz respeito ao que é belo ou não, o principal

foco desse aspecto está relacionado em avaliar o quanto à inserção de equipamento e de instalações irá afetar a paisagem em sua volta (BARRADAS, 2014).

Os ruídos provocados pelas turbinas é um dos impactos observados pelos pesquisadores. Os ruídos associados à interação das pás com o vento estão ligados diretamente à velocidade de operação da turbina, podendo ser diminuído a partir da redução dessa velocidade (BARRADAS, 2014).

Já os ruídos provenientes das partes mecânicas são associados ao funcionamento das engrenagens, o mesmo é transmitido para a estrutura da turbina e irradiado pelo ar. Podendo causar danos ao aparelho auditivo humano, dependendo de sua intensidade, frequência, do emissor e do receptor do ruído (BARRADAS, 2014).

2.4 Aerogeradores

O aerogerador ou turbina eólica é um equipamento capaz de gerar energia elétrica a partir da energia cinética dos ventos. Os aerogeradores tem se tornado cada vez mais populares por utilizarem uma fonte de energia sem fim é considerado uma fonte de energia renovável e não poluente em sua geração. (TECNOGERA, 2015)

2.4.1 Funcionamento do aerogerador

Os aerogeradores possuem um rotor equipado com rolamentos conectados a todo o sistema de medição e as pás giratórias, gerando assim força mecânica. A energia eólica é transmitida das pás para os rolamentos, que é conectado a um amplificador que irá aumentar a velocidade do eixo do aerogerador. Com isso é gerado energia mecânica, que é retransmitida para um gerador elétrico conectado ao sistema. Saindo ao final do processo energia na forma de eletricidade pronta pra ser injetada na rede elétrica.

2.4.2 Tipos de aerogeradores

Os aerogeradores podem ser classificados em dois tipos básicos (Figura 3), de acordo com o tipo de rotores eólicos acoplados ao sistema, sendo os de eixo vertical e os de eixo horizontal. Os rotores diferem entre si consoantes ao seu custo relativo de produção, sua eficiência e velocidade do vento em que tem sua maior eficiência.

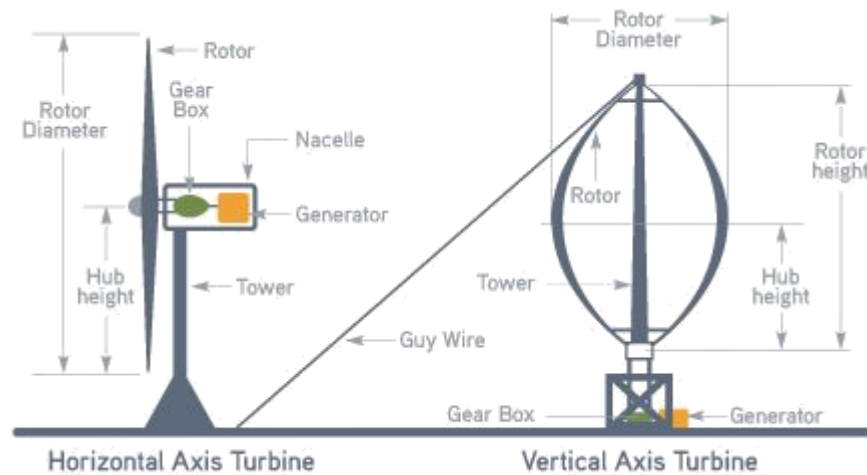


Figura 3: Tipos de Turbinas. Fonte: gtriatum.

2.4.2.1 Aerogeradores com rotor de eixo vertical

Aerogeradores de eixo vertical (AEVs) são mais seguros e mais fáceis de construir, pois podem ser montados mais próximos ao solo e conseguem lidar melhor com condições de turbulência. Tendo torres muito baixas, chegando a ser 0,1 ou até 0,5 vezes a altura do próprio rotor, o que facilita a manutenção do mesmo. Possuem também uma velocidade de arranque menor que os aerogeradores de eixo horizontal, garantindo-lhes vantagem em relação aos mesmos em condições de vento reduzido (MARQUES, 201?).

Com tudo eles são menos eficientes que os aerogeradores de eixo horizontal, pois os ventos mais próximos ao solo possuem uma menor intensidade ocasionando um menor rendimento. Esse tipo de aerogerador é normalmente indicado para meios urbanos, por serem silenciosos, por aproveitar os ventos mesmo em direções inconstantes e que haja formação de turbilhões, o que é comum em regiões cercadas por árvores e edifícios (MARQUES, 201?).

Em relação ao seu custo, os aerogeradores de eixo vertical são relativamente mais baratos que os de eixo horizontal. Pois o gerador não gira seguindo a direção do vento apenas o rotor gira e o gerador fica fixo (MARQUES, 201?).

Os dois tipos de estrutura mais utilizados de aerogeradores de eixo vertical são os rotores de Savonius e Darrieus (Figura 4) que são baseados no princípio do acionamento diferencial ou variação cíclica de incidência da força (MARQUES, 201?).

O rotor de Savonius baseia-se no princípio do acionamento diferencial. Os esforços aplicados em cada uma das faces ocas possuem intensidades diferentes, o que gera uma força

de binário que ocasionara a movimentação do conjunto. Sendo o tipo mais simples de aerogerador, onde a sua movimentação é praticamente ocasionada pela força de arraste do ar. Sendo sua maior eficiência ocasionada em ventos fracos, atingindo uma eficiência de 20%.

O rotor de Darrieus é baseado no princípio da variação cíclica de incidência. Um perfil exposto ao vento segundo diferentes angulações é exposto a forças de diferentes intensidade e de direções variadas, gerando uma forma de binário que ocasiona a rotação do mesmo. Esse tipo de rotor pode ser construído com duas ou três pás, funcionando através da força de sustentação e tendo uma eficiência superior a do rotor de Savonius, chegando a 40% dependendo da força dos ventos (MARQUES, 201?).

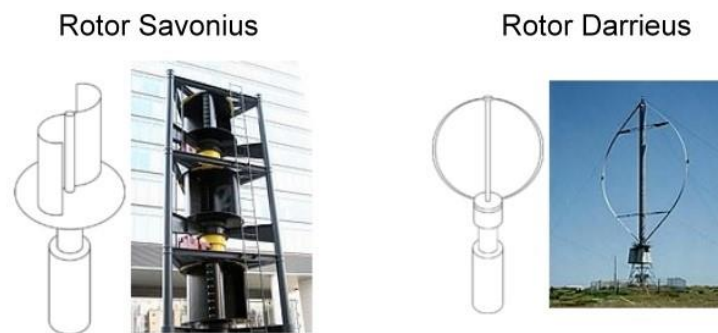


Figura 4: Rotores de eixo vertical. Fonte: Portal Energia.

2.4.2.2 Aerogeradores com rotor de eixo horizontal

Os aerogeradores de eixo horizontal (figura 5) são baseados no funcionamento dos moinhos de vento, onde são constituídos por turbinas de uma a três pás ou multipás com um perfil aerodinâmico.



Figura 5: Aerogerador de eixo horizontal. Fonte: Blog da energia mecânica.

Rotores de três pás possuem um bom compromisso entre eficiência de potencia, custo e velocidade de rotação, apesar dos rotores de duas pás serem mais eficientes, são mais instáveis, trazendo riscos a sua estrutura, o que não ocorre com os de três pás, o que barateia seu custo e possibilita a construção de torres com mais de 100m de altura, podendo chegar a uma capacidade de geração de 5MW. Podendo atingir mais de 45% de eficiência em seu pico de geração (MARQUES, 201?).

Os aerogeradores de eixo horizontal podem ser divididos em dois tipos, os frontais ou upwind e os de retaguarda ou downwind (figura 6).

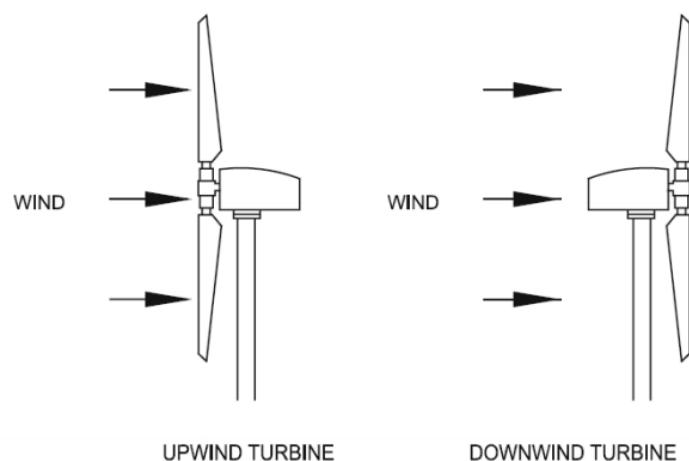


Figura 6: Turbinas UPWIND e DOWNWIND. Fonte: Emaze.

A principal diferença entre eles é que no frontal o vento é soprado pela parte frontal das pás, as pás desse modelo são mais rígidas e o rotor é orientado a partir da direção do vento. Enquanto que no de retaguarda o vento sopra pela retaguarda das pás, o rotor é flexível e auto orientável (MARQUES, 201?).

A potencia elétrica produzida por uma torre eólica é dada pela função do cubo da velocidade do vento:

$$p = \frac{1}{2} \rho A_r v^3 C_p \eta \quad (1)$$

Onde temos que ρ é a densidade do ar medido em Kg/m³, A_r é dado pela expressão $\pi \frac{D^2}{4}$, sendo D o diâmetro do rotor, v é a velocidade media do vento em m/s, C_p é o coeficiente aerodinâmico de potencia do rotor e o η é a eficiência do conjunto gerador/transmissor.

Ao absorver a energia cinética ocorre uma redução da velocidade dos ventos a jusante do disco do rotor, aos poucos essa velocidade é recuperada e se reintegra as massas de ar, após certa distancia as condições originais são basicamente reestabelecidas podendo ser instalada outra torre. A distancia recomendada para a instalação segura de outra turbina é de dez vezes o diâmetro D, se instalada jusante e de cinco vezes de instalada ao lado (figura 7).

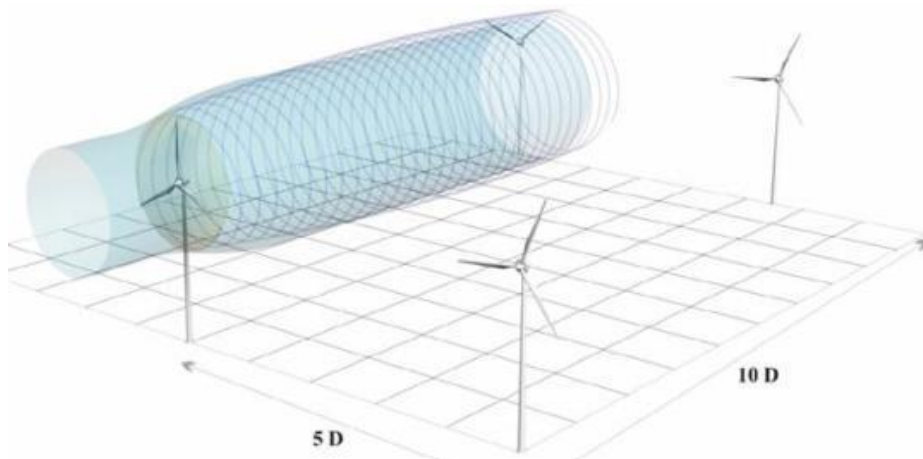


Figura 7: Distancia entre torres eólicas. Fonte: Evolução Energia Eólica.

O diâmetro é inversamente proporcional ao rpm sendo o RPM dado pela seguinte equação:

$$RPM = \frac{1150}{D} \quad (2)$$

Atualmente no mercado os rotores variam entre 30m e 100m, resultando em um rpm entre 35rpm e 12rpm respectivamente (figura 8). As baixas rotações tornam as pás visíveis e evitáveis para pássaros em voo.

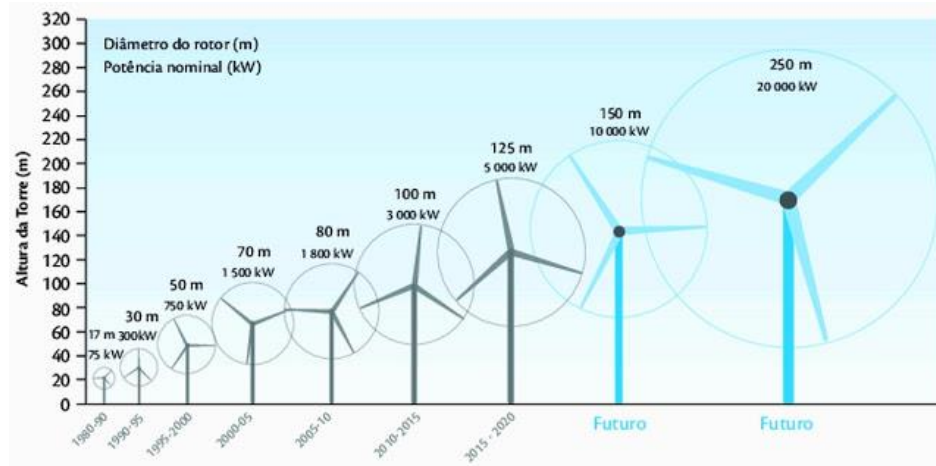


Figura 8: Crescimento dos aerogeradores diâmetro do rotor altura de torre e potencia nominal. Fonte: Blog Engenharia Mecânica.

Já em relação aos níveis de ruído, turbinas eólicas devem possuir cerca de 45 decibéis, mesmo que implantadas longe de áreas residenciais, esse aspecto é fundamental para contribuir com o menor impacto ambiental possível.

O maior problema dos aerogeradores de eixo horizontal é a necessidade contante de medir a velocidade dos ventos para então decidir se devem permanecer ligados ou não, pois em casos de baixa velocidade dos ventos o custo para mantê-los ligados é superior que a energia produzida, necessitando o desligamento temporário dos mesmos.

3 MATERIAIS E METODOS

Para a realização do presente trabalho foram realizados estudos de parâmetros tanto do ponto de vista técnico como econômico para avaliar a viabilidade ou não de implantação de um parque eólico em uma zona destinada a produção de sal (salina) no litoral do Rio Grande do Norte.

3.1 Escolha do aerogerador

Para a escolha do aerogerador mais adequado para a salina foram analisados os modelos da empresa Enercon (tabela 1), onde foram observados os diâmetros dos rotores e suas potências nominais (ENERCON, 2015). Com esses dados, foram calculadas as distâncias mínimas entre as torres para que não ocorra perda de potência devido à absorção da energia cinética pelo rotor anterior.

Com base na velocidade dos ventos e a potência nominal dos aerogeradores também foi calculado a potência estimada de produção na região ao longo dos meses, para que assim pode-se observar os meses menos produtivos e projetar a quantidade mínima de aerogeradores necessários para suprir as necessidades energéticas da salina ao longo do ano.

Tabela 1 – Especificações técnicas dos modelos dos aerogeradores estudados.

Modelo do Aerogerador	Diâmetro do rotor(m)	Potência nominal(MW)
E-44	44,0	0,90
E-48	48,0	0,80
E-53	52,9	0,80
E-70 E4	71,0	2,30
E-82 E2	82,0	2,00
E92	92,0	2,35
E-101	101,0	3,05

3.2 Viabilidade Técnica

Para testar a viabilidade técnica de implantação do empreendimento eólico foi necessário analisar alguns parâmetros do local de implantação bem como a topografia do local, a velocidade dos ventos, o clima da região e a presença de apps.

3.2.1 Topografia

O levantamento topográfico é a representação planialtimétrica, em carta ou planta dos pontos notáveis e acidentes geográficos, bem como outros parâmetros como relevo de uma determinada região.

Para esse trabalho foram observadas as elevações de terras referentes à altimetria da cidade de Porto do Mangue/RN e da salina Araguaçu, a fim de analisar o relevo presente na região.

Os dados utilizados para esse procedimento foram extraídos do site do projeto Brasil em relevo da Embrapa, tais dados foram sobrepostos a poligonal do perímetro do município gerada com o auxílio do programa Google Earth por um aplicativo de mapas em 3D, fornecido pela empresa Google, permitindo ao usuário visualizar imagens de satélite georreferenciadas gratuitamente. Esses dados foram processados no Qgis 2.18 versão Las Palmas, um software livre de código aberto, de sistema de informação geográfica que permite a sobreposição de várias camadas, usando diversas projeções de mapas.

3.2.2 Velocidade dos ventos

O comportamento estatístico do vento é influenciado pela variação da velocidade do vento ao longo do tempo. Além disso, as características topográficas da região também influem sobre a velocidade dos ventos, uma vez que a presença de obstáculos pode ocasionar a redução de sua velocidade, como também pode variar dependendo da altura.

Para a realização do levantamento de velocidade dos ventos na região foi observado a média mensal da velocidade dos ventos ao longo dos anos de 1961 a 2010, obtidos no site do INMET. A partir desses dados foi gerada uma tabela com a média da velocidade mensal na região e uma média anual.

3.3 Viabilidade Econômica

Outro passo importante para analisar a viabilidade do parque eólico é verificar a viabilidade econômica do empreendimento, e assim averiguar se o investimento no parque eólico será atrativamente lucrativo para a salina ou não.

Com base no valor do aerogerador escolhido para ser implantado na salina foi estipulado um valor para o investimento inicial, ao uma parte dele seria feita por intermédio de investimento de terceiros, neste caso especificamente por meio de um financiamento junto ao

BNDS pela linha de crédito Finame com uma taxa de juros de 8,42% a.a. A receita do projeto teve como base de cálculo a dedução das atuais despesas com energia elétrica da empresa, sendo vendido o valor excedente para uma comercializadora de energia.

Em seguida foi elaborado um fluxo que nada mais é do que a observação das entradas e saídas de receitas sobre o empreendimento. O fluxo de caixa levou em consideração os custos do pagamento dos tributos, tais como PIS e COFINS cobrados sobre a receita bruta com alíquotas de 1,65% e 7,6% respectivamente, além dos seguros cobrados de 0,20% sobre o investimento inicial, das taxas da ANEEL cobradas no valor de R\$16,56 sobre a quantidade de kW instalados e o NOS/CCEE calculado sobre a receita bruta com uma taxa de 1%.

Além disso, para iniciar a construção do parque eólico outros custos de investimento terão de ser levados em consideração, sendo elas de obras civis e elétricas, além das linhas de transmissão que ligaram os geradores de energia elétrica a rede consumidora da empresa.

Os custos com transporte de energia em redes de distribuição foram definidos pela ANEEL, com base em Tarifas De Uso De Distribuição (TUSD), nesse trabalho adotou-se um percentual de 0,007% sobre a receita bruta para essas tarifas. Dentre os custos fixos também se encontra os custos de operação e manutenção indicados pela empresa produtora de turbinas eólicas. Segundo a ANEEL ficam isentos do pagamento dos custos de encargos relativos à pesquisa CCC, CDE e PROINFA, as empresas que optarem pela geração de energia exclusivamente a partir de energia eólica.

Para calcular a viabilidade econômica do projeto foi estabelecido uma TMA de 15% a.a. analisados ao longo de 20 anos. Antes da elaboração do fluxo de caixa foi subtraído a quantidade de kW necessário para o funcionamento da salina da quantidade total produzida, para então se calcular a receita bruta sobre o valor excedente. A receita bruta foi calculada em relação ao leilão de energia eólica realizado em 2017 o qual atribuiu o valor de R\$ 160,00 (R\$/MWh).

Após a elaboração do fluxo de caixa foram observados os parâmetros VLP e TIR para analisar a viabilidade do projeto. O VPL faz um comparativo entre o valor investido inicialmente com o valor dos fluxos de caixas gerados. Sendo representado pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{R_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (3)$$

Sendo R_t e C_t os custos no período do fluxo de caixa, n o tempo de estudo e i a taxa mínima de atratividade comercial (TAVARES, 2016). Se o valor VPL for maior igual à zero, o empreendimento pode ser aprovado, obtendo um valor inferior à zero, o empreendimento deve ser reprovado.

A TIR iguala as receitas e os custos previstos, anulando assim o VPL do projeto (TAVARES, 2016), Podendo ser definida pela seguinte equação:

$$\sum_{t=0}^n \frac{R_t - C_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad (4)$$

Se a TIR for maior igual à TMA (Taxa Mínima de Atratividade) pode-se aprovar o projeto, em caso contrario deve-se recusa-lo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA

4.1 Relevo

Com os dados obtidos no levantamento feito computacionalmente com o Qgis 2.18, foi gerado o seguinte mapa do relevo da salina e da cidade de porto do Mangue (figura9).

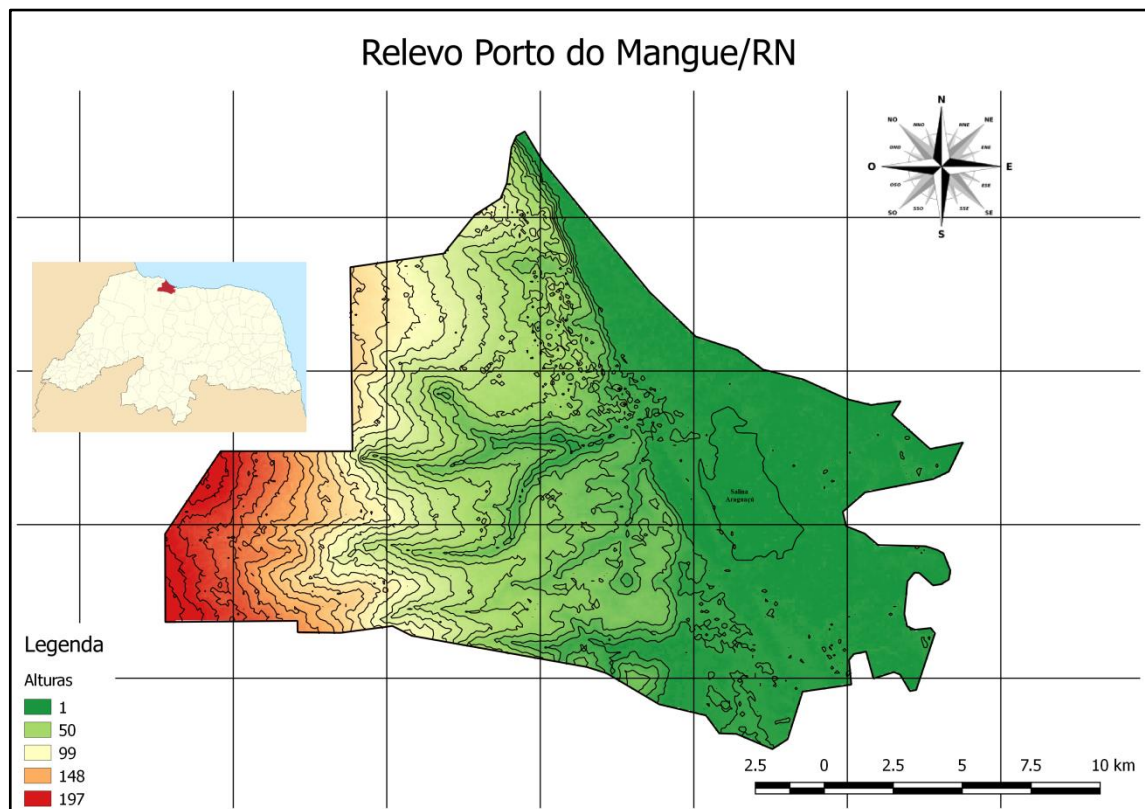


Figura 9: Mapa do relevo na cidade de Porto do Mangue/RN. Fonte: Autoria própria.

Ao analisar os dados obtidos junto a embrapa, com o auxílio do mapa gerado observou-se que a região onde se encontra a salina é uma região adequada para a implantação do parque eólico do ponto de vista de relevo, tendo em vista que a mesma fica situada em uma região da cidade onde não ocorrem desnivelamentos de terreno consideráveis que possam vir a prejudicar a implantação (Figura 9), isso junto ao fato da área interna da salina encontrar-se em uma região previamente antropizada, sinalizando assim uma diminuição dos custos, pois o terreno encontra-se planificado não havendo a necessidade de retirada de terras como ocorreria em regiões de dunas, não possuindo também a necessidade da retirada de vegetação.

4.2 Velocidade media dos ventos

Os dados obtidos pela estação meteorológica situada na cidade de Macau/RN a 17 km da cidade de Porto do mangue foram tabelados (Tabela 2) e apresentados pela media mensal dos ventos. Com isso podemos observar as diferentes velocidades registradas ao longo do ano para assim analisar o projeto eólico de uma forma a suportar a pior situação possível e assim sempre suprindo as necessidades energéticas da salina.

Tabela 2 – Velocidade media dos ventos a partir de dados da estação meteorológica de Macau/RN.

Media da Velocidade dos ventos em m/s												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
5,95	5,55	4,71	4,29	4,74	5,12	5,53	6,60	6,92	6,84	6,69	6,29	5,77

Segundo Rosetto (2013) a velocidade media mínima para que se tenha retorno de um empreendimento eólico é de 6,5 m/s, enquanto que segundo dados da empresa Wobber deve ser superior a 7,0 m/s. Com base nos dados observados (Tabela 2) é possível analisar que a velocidade media anual dos ventos observada pela estação meteorológica no INMET é inferior à velocidade mínima sugerida em literatura para a implantação do parque eólico. Além disso, é possível observar a sazonalidade na velocidade dos ventos (Gráfico 3) onde na maior parte do ano fica abaixo da velocidade média mínima estipulada de 6,5 m/s, sendo superior e assim aceitável para a produção somente entre os meses de agosto e novembro.

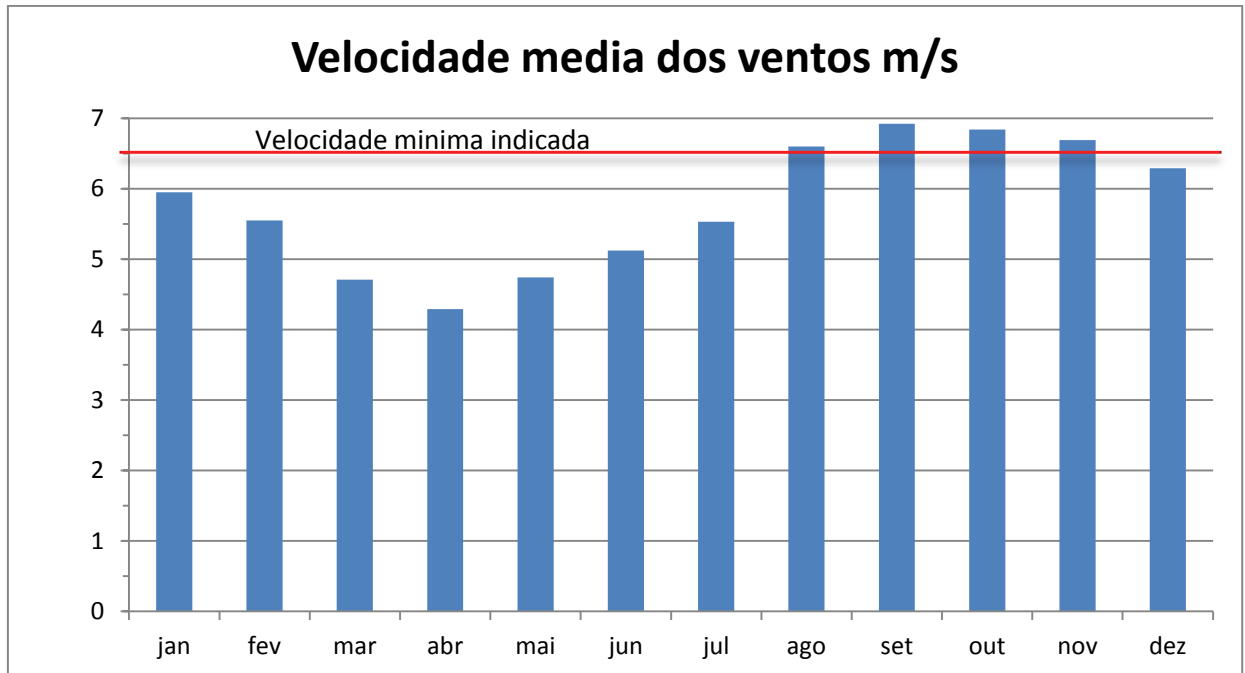


Gráfico 3: Velocidade media dos ventos ao longo do ano.

Contudo a região próxima a salina apresenta um bom histórico de potencial eólico (Figura 10) o que leva a crer que deve-se investir em estudos mais aprofundados sobre a velocidade dos ventos no local, para analisar o potencial eólico a outras altitudes e assim avaliar se a variação altimetria levaria a um resultado mais favorável.

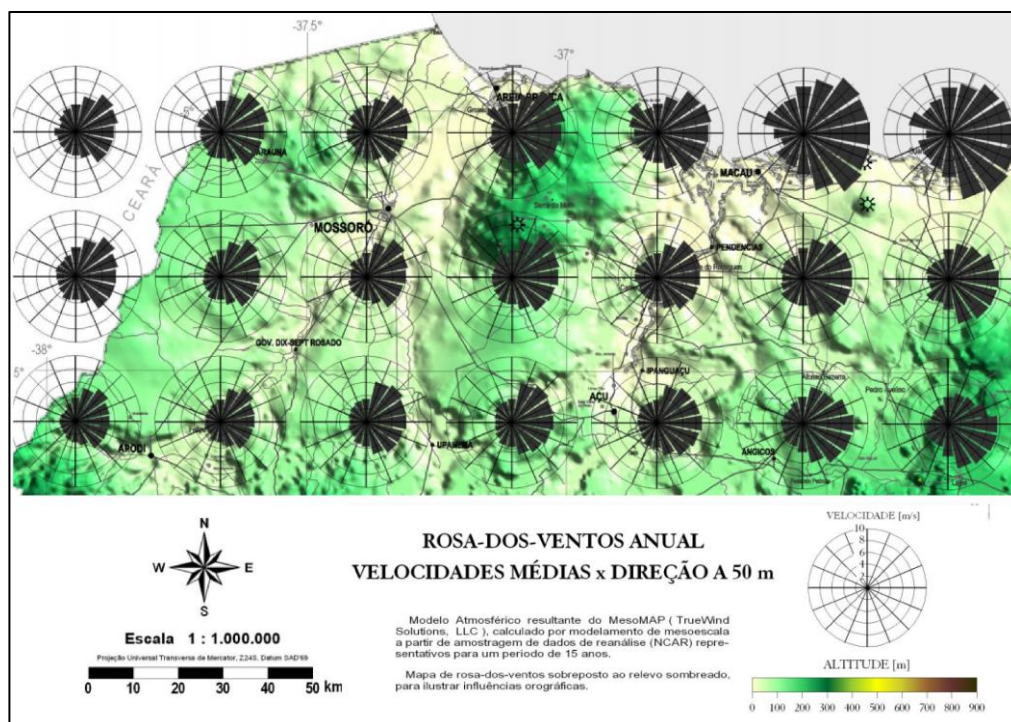


Figura 10: Mapa da velocidade média dos ventos x direção à altura de 50m. Fonte: Adaptado da COSERN.

VIABILIDADE FINANCEIRA

4.3 Escolha dos aerogeradores

Para a escolha dos aerogeradores foi analisado a potencia produzida para as velocidades dos ventos obtidas na região estudada, tendo em vista que a empresa disponibiliza em seu site a curva de potencia por velocidade do vento, com isso foi estipulado os valores das potencias produzidas para cada um dos modelos analisados em com a velocidade dos ventos de cada mês (Tabela 3).

Tabela 3 – Potencia produzida pelos aerogeradores estudados em kW.

Modelos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
E-44	93,7	75,3	41,3	28,7	42,2	55,5	74,4	132,0	151,2	146,4	137,4	113,4
E-48	107,5	87,5	49,8	35,1	50,9	66,0	86,5	152,0	174,4	168,8	158,3	130,3
E-53	137,8	112,2	65,7	49,3	66,7	84,7	110,9	193,2	221,0	214,1	201,0	166,2
E-70 E4	234,3	189,1	106,4	76,6	108,5	140,6	186,9	336,0	387,2	374,4	350,4	286,4
E-82 E2	313,6	254,8	147,3	108,7	150,1	191,6	251,9	447,6	515,1	498,2	466,6	382,2
E-92	375,5	305,3	176,4	130,1	179,7	229,6	301,8	535,9	616,8	596,6	558,7	457,6
E-101	467,9	379,5	217,4	158,6	221,6	284,5	375,1	665,6	765,1	740,2	693,6	569,2

Devido à dificuldade na obtenção de informações a cerca do custo dos aerogeradores por parte da empresa fabricante, foi adotado o valor de 4,2 milhões/MW (SOUZA et al., 2013). Optou-se por instalar uma turbina do modelo E-82 E2 da Wobben Windpower Enercon (Figura 11), para atender as necessidades da empresa, sendo a produção excedente vendida para a concessionaria de energia. Totalizando uma potencia nominal de 2MW instalados, somando um investimento inicial de 8,4 milhões a aquisição da turbina.



Figura 11: modelo E-82 E2 da Wobben Windpower Enercon. Fonte: Enercon.

De acordo com a fabricante, o modelo E-82 E2 possui pás fabricadas em epoxy, garantindo-lhe uma total proteção contra descargas atmosféricas, sendo totalmente compatível com as concessionárias de energia brasileiras. O Gráfico 4 mostra a curva de potencia por velocidade do vento, referente ao modelo escolhido (ENERCON, 2015).

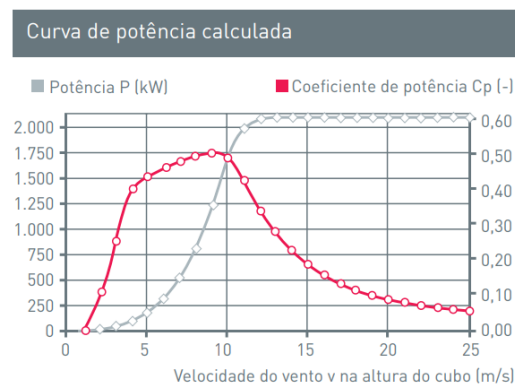


Gráfico 4: Curva de potencia do modelo E-82 E2. Fonte: Enercon.

A potencia comercializável alcançada foi de 1.9milhões de kwh/ano, obtida a partir da potencia produzida de 2,5 milhões de kwh subtraída da potencia consumida pela empresa anualmente no valor de 553,9 mil kwh para o seu funcionamento.

4.4 Fluxo de Caixa

O investimento inicial para implantação do parque eólico foi o montante de R\$ 9.735.000,00. Os mesmos correspondem ao valor para a aquisição da turbina eólica R\$8.400.000,00 e os custos para a implantação R\$1.335.000,00.

Com base na potencia comercializável obteve-se os valores das receitas brutas com a venda da energia excedente na salina, gerando assim uma renda de R\$ 313.894,47 a esse valor foi acrescido o valor que anteriormente era gasto com contas de luz no montante de R\$ 240.461,13, totalizando assim uma receita bruta anual no valor de R\$ 554.355,60 e sobre esta foram calculados os impostos a serem pagos pelo empreendimento (tabela 4).

Tabela 4 – Impostos calculados sobre o empreendimento.

Custos	Valor		Valor anual
PIS	1,65%	da Receita Bruta	R\$ 9.146,87
COFINS	7,5%	da Receita Bruta	R\$ 41.576,67
Taxa da ANEEL	R\$ 16,56	kW instalado	R\$ 33.120,00
Taxa ONS/CCEE	1%	da Receita Bruta	R\$ 5.543,56
Seguros	0,20%	do Investimento	R\$ 19.470,00
Operação e Manutenção	R\$84.000,00 por Turbina		R\$ 84.000,00
Transporte de Energia	0,007%	da Receita Bruta	R\$ 38,80

Com esses impostos e a receita bruta anual foi elaborado o fluxo de caixa (Figura 12) onde foi observado os valores de entrada e saída e calculado a VPL e TIR.

Receita Bruta	Parcelas	PIS	COFINS	Taxa ANEEL	Taxa ONS/CCEE	Seguro	Manutenção	Linha de Transmissão	Fluxo de Caixa
R\$ 544.355,60	-R\$ 1.257.664,91	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 906.205,21
R\$ 544.355,60	-R\$ 1.218.202,31	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 866.742,61
R\$ 544.355,60	-R\$ 1.178.739,71	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 827.280,01
R\$ 544.355,60	-R\$ 1.139.277,11	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 787.817,41
R\$ 544.355,60	-R\$ 1.099.814,51	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 748.354,81
R\$ 544.355,60	-R\$ 1.060.351,91	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 708.892,21
R\$ 544.355,60	-R\$ 1.020.889,21	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 669.429,51
R\$ 544.355,60	-R\$ 981.426,71	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 629.967,01
R\$ 544.355,60	-R\$ 941.964,11	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 590.504,41
R\$ 544.355,60	-R\$ 902.501,51	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 551.041,81
R\$ 544.355,60	-R\$ 863.038,91	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 511.579,21
R\$ 544.355,60	-R\$ 823.576,31	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 472.116,61
R\$ 544.355,60	-R\$ 784.113,71	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 432.654,01
R\$ 544.355,60	-R\$ 744.651,11	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 393.191,41
R\$ 544.355,60	-R\$ 705.188,51	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 353.728,81
R\$ 544.355,60	-R\$ 665.725,91	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 314.266,21
R\$ 544.355,60	-R\$ 626.263,31	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 274.803,61
R\$ 544.355,60	-R\$ 586.800,71	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 235.341,01
R\$ 544.355,60	-R\$ 547.338,11	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 195.878,41
R\$ 544.355,60	-R\$ 507.875,51	-R\$ 9.146,87	-R\$ 41.576,67	-R\$ 33.120,00	-R\$ 5.543,56	-R\$ 19.470,00	-R\$ 84.000,00	-R\$ 38,80	-R\$ 156.415,81
VPL	-R\$ 4.346.998,91								
TIR	1%								

Figura 12: Fluxo de caixa. Fonte: própria.

Como se pode observar no fluxo de caixa o valor do VPL foi de -R\$ 4.546.998,91, sendo assim mais um indicador para a rejeição do projeto para essas condições, além disso o TIR obtido de 1% confirma o resultado supracitado sinalizando a rejeição do projeto tendo em vista que o mesmo é inferior ao TMA estabelecido.

No entanto a região onde a cidade está localizada possui um histórico de potencial eólico favorável como pode-se observar na figura 10, recomendando-se assim que em estudos futuros faça-se um estudo mais aprofundado da velocidade dos ventos no local, com a implantação de uma estação no local e em variadas altura para que se possa ter uma melhor precisão da velocidade dos ventos e, podendo obter valores mais favoráveis para o empreendimento, bem como a parceria com outras entidades que viabilizariam a implantação de um parque maior e mais rentável.

5 CONCLUSÃO

A empresa em estudo busca a possibilidade de implantação de um parque eólico para viabilizar a redução dos custos da empresa com energia elétrica, se mostrando assim uma empresa ambientalmente responsável por optar por uma modalidade energética renovável que não causa grandes impactos para o meio ambiente, criando assim uma imagem positiva para a empresa perante a sociedade e os colaboradores.

O presente trabalho conseguiu atingir seu objetivo principal o qual era observar a viabilidade tanto técnica quanto econômica de implantação de um parque eólico na salina Araguaçu no município de Porto do Mangue no interior do Rio Grande do Norte, através da análise das condições climáticas da localidade e dos indicadores econômicos, o que resultou em um parecer negativo para a implantação, sugerindo a recusa do projeto do parque eólico, pois o VPL e o TIR obtido indicam um prejuízo para a empresa em caso de implantação.

Sugere-se para trabalhos futuros um estudo mais aprofundado no local de implantação, os dados obtidos foram gerados a partir da estação meteorológica situada na cidade de Macau/RN a uma altura de 50m, então recomenda-se que em futuros estudos para que se obtenha resultados mais precisos se invista em uma estação de medição no local de implantação em diversas alturas para que se possa ter uma melhor análise da viabilidade de implantação no local.

REFERÊNCIAS

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: 04 jun. 2018.

AMARANTE, Odilon A. Camargo do et al. **Potencial Eólico do Estado do Rio Grande do Norte**. [S.l.: s.n.], 2003. 47 p. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_RN.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018.

BARRADAS, Renato Vianna. **IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NAS APLICAÇÕES DE ENERGIA EÓLICA PARA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE**. 2014. 80 p. TCC (Pós- Graduação em Formas Alternativas de Energia)- UFLA, Minas Gerais, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4515/1/TCC_Impactos%20socioambientais%20nas%20aplicações%20de%20energia%20eólica%20para%20geração%20de%20eletricidade>. Acesso em: 10 maio 2018.

ENERCON, W. W. **Linha de produtos ENERCON**. Ago 2015. Disponível em: <http://www.wobben.com.br/fileadmin/user_upload/ec_product_br.pdf> Acesso em : 24 jul. 2018.

MARQUES, Felipe Castro Pereira et al. **Energia Eólica: Aerogerador de Eixo Vertical**. [201?]. Disponível em: <<https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/aerogerador-de-eixo-horizontal/gerador-eolico-de-eixo-vertical/>>. Acesso em: 03 jul. 2018.

MARQUES, Felipe Castro Pereira et al. **Energia Eólica: Aerogerador de Eixo Horizontal**. [201?]. Disponível em: <<https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/aerogerador-de-eixo-horizontal/custo-comparativo/>>. Acesso em: 03 jul. 2018.

MELLO, Mariana Torres Correia. **Estudo de viabilidade técnico-ambiental para implantação de parque eólico: um estudo de caso em um fragmento do litoral setentrional do Rio Grande do Norte/Brasil**. 2014. 170 p. Dissertação (Pós- Graduação em Geografia)- UFRN,

Natal, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/20720>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

NASCIMENTO, Raphael Santos; ALVES, Geziele Mucio. **FONTES ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS DE ENERGIA NO BRASIL: MÉTODOS E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS.** Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/0859_1146_01.pdf>. Acesso em: 10 maio 2018.

O QUE É E COMO FUNCIONA UM AEROGERADOR?. 2015. Disponível em: <<http://www.tecnogera.com/blog/o-que-e-e-como-funciona-um-aerogerador>>. Acesso em: 03 jul. 2018.

REIS, Ciro Marques. **Diversificação da Matriz Energética Brasileira: Caminho para a Segurança Energética em Bases Sustentáveis.** . Rio de Janeiro: CEBRI, 2015. 32 p. Disponível em: <http://midias.cebri.org/arquivo/diversifica%C3%A7%C3%A3o-matriz-energetica_vol1.pdf>. Acesso em: 10 maio 2018.

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 ago. 2018.

SOUZA, G. H. Silva de et al. **Marketing approach of brazilian wind energy sector.** Journal of technology management & innovation, SciELO Chile, v. 8, n. 4, p. 46–58, 2013.

TAVARES, Estevão. **Energia Eólica: Viabilidade Técnica e Econômico-Financeira.** 2016. 50 p. Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica)- UFOP, João Monlevade, 2016. Disponível em: <http://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/208/1/MONOGRAFIA_EnergiaEólica_Viabilidade.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2018.

ZANFERDINI, Renato. **ENERGIA EÓLICA E SEU POTENCIAL NO RIO GRANDE DO NORTE.** Disponível em: <http://semapa.ufrn.br/site_semapa/arquivos/ENERGIA%20E%C3%93LICA%20E%20SEU%20POTENCIAL%20NO%20RIO%20GRANDE%20DO%20NORTE_Renato%20Zanferdini.pdf>. Acesso em: 10 maio 2018.