

UNIVERSIDADE CESUMAR - UNICESUMAR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UTILIZAÇÃO DE TURBINA EÓLICA
RESIDENCIAL EM MARINGÁ

JONATAN FELIPE JASKI

MARINGÁ – PR

2022

JONATAN FELIPE JASKI

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UTILIZAÇÃO DE TURBINA EÓLICA
RESIDENCIAL EM MARINGÁ**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. ME. Fábio Victor Bueno de Moraes.

MARINGÁ – PR

2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

JONATAN FELIPE JASKI

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UTILIZAÇÃO DE TURBINA EÓLICA
RESIDENCIAL EM MARINGÁ**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Cesumar –UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. ME. Fábio Victor Bueno de Moraes.

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Nome do professor – (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UTILIZAÇÃO DE TURBINA EÓLICA RESIDENCIAL EM MARINGÁ

Jonatan Felipe Jaski

RESUMO

A produção de eletricidade usando a energia eólica como fonte de eletricidade é atraente pela redução do impacto sobre o meio ambiente. A cidade de Maringá conta com uma qualidade de vento média/alta sendo um cenário favorável para implantação de gerador eólico de pequeno porte, ou seja, instalação de sistemas de minigeração ou microgeração eólica. Para isso se faz necessário a análise da viabilidade econômica e aspectos técnicos e ambientais relacionados ao projeto. Recentemente surgiu a preocupação ambiental sobre o excessivo uso de energia elétrica por fontes não renováveis, dessa forma o intuito desse trabalho é avaliar economicamente a implementação de energia eólica como fonte de energia elétrica em residências, contribuir com o crescimento da sua utilização e com o meio ambiente. Os métodos utilizados neste trabalho são conceitos da matemática financeira, como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Recuperação do Capital (*Payback*), considerando informações referentes ao consumo de energia elétrica da residência, à tarifa estabelecida pela unidade distribuidora, à velocidade do vento no local, aos custos e à produção de energia elétrica de três Aerogeradores, com capacidades diferentes. Com isso foi possível concluir que o Aerogerador 2 é o mais viável economicamente considerando o consumo médio mensal de Maringá, mas que se o consumo médio do consumidor é abaixo da média o Aerogerador 1 se torna mais viável economicamente e se for acima da média é mais viável o Aerogerador 3.

Palavras-chave: Análise Econômica. Energia Eólica Residencial. Potencial Eólico.

ANALYSIS OF ECONOMIC FEASIBILITY FOR USE OF RESIDENTIAL WIND TURBINE IN MARINGÁ

ABSTRACT

Electricity production using wind energy as an electricity source is attractive because of the reduced impact on the environment. The city of Maringá has a medium/high wind quality, being a favorable scenario for the implementation of a small wind generator, that is, installation of minigeneration or wind microgeneration systems. For this, it is necessary to analyze the economic feasibility and technical and environmental aspects related to the project. Recently, environmental concerns have arisen about the excessive use of electricity from non-renewable sources, thus, the purpose of this work is to economically evaluate the implementation of wind energy as a source of electrical energy in homes, contributing to the growth of its use and the environment. The methods used in this work are concepts of

financial mathematics, such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Capital Recovery Time (Payback), considering information regarding the household's electricity consumption, the tariff established by the distribution unit, the wind speed at the location, the costs and electricity production of three wind turbines, with different capacities. With this, it was possible to conclude that Wind Generator 2 is the most economically viable considering the average monthly consumption of Maringá, but that if the average consumer consumption is below average, Wind Generator 1 becomes more economically viable and if it is above average it is more viable wind turbine 3.

Keywords: Economic analysis. Residential Wind Energy. Wind Potential.

1. INTRODUÇÃO

Energia eólica é um modelo de produção renovável, que não prejudica o meio ambiente, faz-se o uso da energia do vento e converte em energia suficiente para a geração de energia elétrica, por meio de Aerogeradores (REIS, 2019). O movimento do ar é gerado por gradientes de pressão na atmosfera, o ar sai das regiões de alta pressão e se movimenta para regiões de menor pressão, causando o vento. Segundo TONG 2010 quanto maior o gradiente, maior a velocidade do vento e como consequência maior será capacidade de geração de energia gerada.

As condições geográficas locais têm um impacto significativo na velocidade do vento. Quanto mais alto o terreno, maior a velocidade do vento, também depende das condições do terreno, clima e topografia. Através dos estudos de TONG, 2010 estima-se que a velocidade do vento aumente em 10% para cada duplicação da velocidade do vento. Estruturas humanas, como edifícios e centros urbanos, podem reduzir significativamente a velocidade do vento.

Uma preocupação recente com o mundo foi provocada e está associada principalmente ao impacto do aquecimento global no futuro do planeta. Nota-se que o homem deve mudar seu comportamento e sua opinião sobre o planeta para evitar mudanças significativas em seu ecossistema, prevê-se que seus suprimentos de recursos se esgotem em breve. As indústrias de energia elétrica representam uma grande parcela dessa preocupação, um exemplo disso está no aumento crescente do uso de fontes de energia renováveis, como o vento e o sol.

A geração descentralizada de energia, mais conhecida como GD são proporcionadas por produtores independentes e autoprodutores, no qual utilizam energias renováveis como fonte de energia elétrica, a GD é vista como uma solução para um problema econômico voltada ao aumento do consumo de energia elétrica no país. Por outro lado, a geração convencional também conhecida como centralizada, é a mais comum na sociedade atual e necessita de grandes transmissores para chegar no consumidor final e a utilização de combustíveis fósseis para a geração de energia convencional têm prejuízos significativos relacionados ao seu uso.

No Brasil tem-se a tentativa de aumentar os produtores de energia limpa investindo na diversificação de energias utilizadas, buscando agressivamente se tornar um país que

produz energia para si mesmo. A resolução 481 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica é uma autarquia sob regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia) lançada em 2012, permitiu o desconto da energia elétrica excedente, fornecido pela geração de energia renovável. Casas de pequeno ou micro porte e outros tipos de pequenos negócios podem ser incluídos como fontes de renda, isso oferece um forte incentivo ao uso de energia renovável em residências e outros locais, abrindo caminho para o estudo deste trabalho.

Este trabalho tem como objetivo avaliar economicamente a implementação de energia eólica como fonte de energia elétrica para região de Maringá/PR e também contribuir com o crescimento da sua utilização, garantindo que os retornos são vantajosos por meio dos conceitos da Matemática Financeira e assim poder decidir pela viabilidade ou inviabilidade do mesmo (PARMAIS, 2017).

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Utilização da energia eólica no brasil e no mundo

De acordo com os registros feitos pelas civilizações mais antigas, a energia eólica foi descoberta pela necessidade dos povos de forma natural e já foi utilizada de diversas maneiras, como registrado por TONG (2010). Como por exemplo na china em 4000 A.C. em que já utilizavam velas nos barcos como melhoria para movimentação nas águas, essa técnica depois foi substituída pela criação dos motores. Também na china e posteriormente na Europa, foi registrado o uso de moinhos de vento que impulsionou a criação de turbinas para a conversão da energia do vento em energia elétrica. Na figura 1 tem-se registro nos navios à vela utilizado pelos chineses.

Figura 1 – Navio chinês antigo



Fonte: Tong (2010)

Na Europa o primeiro registro da utilização dos moinhos de vento ocorreu na Inglaterra, especula-se que isso ocorreu por volta dos séculos 10, 11 e 12 e que há possibilidades de ter sido implantada pelos vikings que traziam algumas ideias das viagens feitas ao Oriente médio, de acordo com VOWLES (1930). Esses moinhos apresentavam eixos horizontais que gerava mais força e sustentação e eles utilizavam para várias atividades mecânicas, como bombeamento de água, moagem de grãos e serragem de madeira, entre outras utilidades (MANWELL, MCGOWAN, ROGERS, 2009).

O Brasil é um país com forte potencial para geração de energia eólica, vem ganhando destaque principalmente nas regiões nordeste e sul. Em 2004 o programa de Incentivo às Fontes Alternativas (Proinfa) foi um forte impulsionador do setor eólico no país, sendo em 2015 considerado o país com melhor fator de capacidade mundial, de acordo com informações do Ministério de Minas e Energia, atingindo um valor de 38% e superando a média mundial em 60%, subindo para oitava posição no ranking mundial em geração.

Atualmente o Brasil adota alguns programas de incentivo à energia eólica, como por exemplo a resolução da ANEEL 481/2012 discorre sobre o desconto de 80% na tarifa de utilização do sistema de transmissão para instalações com potência inferior a 30 MW, além de possibilitar o desconto do excedente de energia gerada das contas de energia elétrica em residências e outras propriedades micro ou minigeradoras. A lei 13.169 de 06/10/2015, que permite a isenção de ICMS sobre a energia gerada pelos consumidores e o programa “Mais alimentos” que incluiu desde novembro de 2015 os equipamentos de geração de energia eólica, possibilitando financiamentos a juros mais baixos. O convênio Confaz 101/97 possibilitou até 2021 a isenção do imposto ICMS para operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento da energia solar e eólica, entre outros programas de incentivos.

Em 2013 por consequência dos incentivos e potencial nacional, a energia eólica passa a representar 2% da produção de energia do país, sendo que em 2002 a participação era insignificante, enquanto a energia hidráulica cai de 82% para 65% neste período, de acordo com dados disponibilizados pela ANEEL.

O Cepel (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) em parceria com o Ministério de Minas e Energia estão realizando estudos com o intuito de identificação do potencial do

mercado brasileiro para este ramo. A geração de energia eólica através de Aerogeradores de pequeno porte (são equipamentos utilizados para converter a força do vento em energia elétrica) ainda está nos estágios iniciais no Brasil, apresentando grande potencial de crescimento a médio prazo. De acordo com PEREIRA (2015), pesquisas indicam que cerca de 75% dos entrevistados comprariam um aerogerador para instalar em casa, tendo como maior motivação a redução na conta de energia elétrica.

2.2. Geração eólica residencial

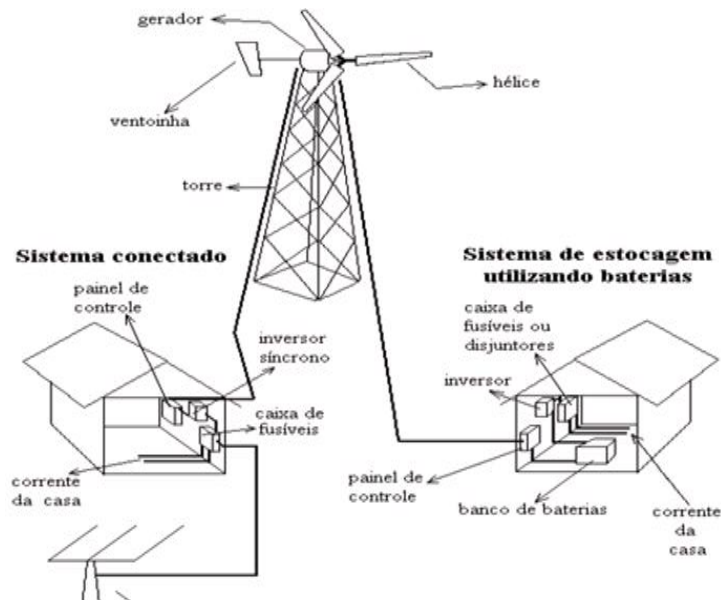
A geração da própria energia possibilitada pela implantação de gerador de energia eólica nas residências e através de um elemento natural oferece benefícios ao meio ambiente, pois é uma energia limpa e ainda pode trazer benefícios financeiros através da redução de custos de energia elétrica utilizada.

Quando ocorre a geração de energia elétrica, baseada em pequenas centrais elétricas geradoras que aproveitam as fontes renováveis, estamos diante de sistemas de microgeração e/ou minigeração. A principal diferença entre os modelos é a potência instalada, sendo até 75 kW na microgeração e em minigeração superior a 75 kW até 3 MW (fontes hídricas) e 5 MW para as demais fontes (ANEEL, 2016).

Existem dois sistemas para possibilitar microgeração e minigeração eólica, os sistemas isolados (off-grid) e os sistemas conectados (on-grid). Os sistemas isolados são utilizados para suprir a ausência de interligação à rede elétrica, são mais aplicadas em regiões afastadas por ser a maneira mais econômica de aderir a energia elétrica, podem ser agregados para bombeamento de água, eletrificação de postes, cercas, residências entre outras utilizações. De acordo com ELETROVENTO (2020) a energia gerada é estocada em baterias assegurando o fornecimento caso haja ausência de energia elétrica. Já os sistemas conectados, ainda segundo ELETROVENTO (2020) tal sistema apresenta como característica a conexão à rede elétrica convencional e são preparados para realizar o fornecimento de energia que pode ser utilizada por diversos usuários da rede, esse modelo dispensa a utilização de baterias permitindo que apresente uma eficiência aproximada de 30%, outro benefício é o uso total da energia através da rede elétrica, em que a energia gerada e não consumida pelo usuário gerador, pode ser injetada numa rede de distribuição e ser utilizada

por outros usuários. Na figura 2 são ilustrados os dois tipos de sistemas de micro e minigeração eólica.

Figura 2 - Sistemas conectados e isolados



Fonte: Ferreira, Leite (2016)

Na ausência de vento, a unidade consumidora utiliza energia da rede, mas se o sistema eólico do cliente produz energia e não a consome, essa energia é automaticamente injetada na rede e, como benefício, o cliente obtém energia em kWh, processo conhecido como net metering (INSTITUTO IDEAL, 2018). Após a injeção de energia produzida na rede, é gerado um crédito para o cliente e o mesmo tem validade de 60 meses, podendo utilizar como desconto em qualquer unidade geradora que o cliente possuir (ANEEL, 2015).

Quando a geração de energia corre em condomínios, a Resolução Normativa 687/2015 autoriza a distribuição de créditos entre os moradores, mas a distribuição é definida pelos consumidores diretamente envolvidos no processo. Há também o compartilhamento da geração de energia, por meio da cooperação entre cooperativas que faz a implantação da micro ou minigeração distribuída e então gera créditos para obter descontos nas faturas dos cooperados. (ANEEL, 2015). As unidades consumidoras do grupo B (baixa tensão) devem pagar o custo de disponibilidade mesmo que produzam e injetem mais energia elétrica do que consomem, os consumidores do grupo A (alta tensão) serão

cobrados pela demanda do contrato se a diferença entre os dois for injetada energia na rede de distribuição então, a produção é maior que o consumo e as contas podem ser descontadas em até 100% (ANEEL, 2016).

Antes da reformulação da ANEEL da normativa 482/2012 para a resolução normativa 687/2015, os processos para a conexão da mini e microgeração na rede elétrica eram mais complexos, nesta última resolução, visando diminuição dos custos e no período para a ligação da mini ou microgeração, aprimorar os dados presentes na fatura e ampliar o público que se deseja atingir, foram definidos processos mais simples. Em que o consumidor faz a entrada preenchendo alguns formulários que segue um modelo padrão, e o processo que antes era de 82 dias, agora é 34 dias para a conexão de usinas de até 75 kW (ANEEL, 2016).

A responsabilidade de implementação do projeto de mini ou microgeração distribuída é inteiramente do consumidor, o mesmo precisa examinar principalmente as vantagens econômicas e considerar todas as possíveis variáveis que podem ocorrer durante e após a instalação do gerador, incluindo localização geográfica, tipo de tecnologia, valor tarifário etc (ANEEL, 2016).

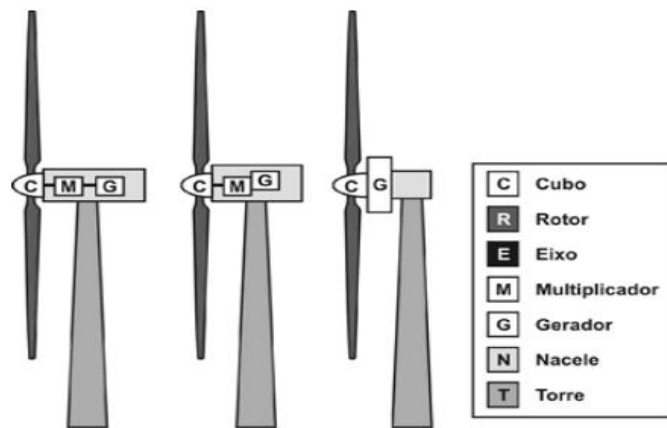
2.2.1. Composição de um sistema de geração eólica

A composição do sistema de geração eólica é de cinco componentes, sendo eles o gerador eólico, inversor, controlador de carga, baterias e torre.

O Gerador eólico tem a função de transformar a força cinética em energia elétrica, e é dividido de acordo com a potência em três grupos: Pequeno porte, com potências entre 0,1 kW até 100 kW, médio porte, com potências entre 101 kW até 300 kW e o de grande porte, com potência superior a 300 kW (ELETROVENTO, 2020). Além disso existem dois principais modelos de Aerogeradores, o primeiro é de Eixo Horizontal que é estruturalmente menor, mais eficaz, segundo dados divulgados no CRESESB (2008), são os mais utilizados para energia elétrica, principalmente com eixo horizontal do tipo hélice eles, são movidos por forças aerodinâmicas, de sustentação e de arrasto, geralmente vem com um conjunto de apenas 3 pás e entre seu principais componentes estão: Cubo, rotor, eixo, multiplicador, gerador, nacete e torre, conforme mostra na figura 3. O outro modelo é o Eixo Vertical, esses Aerogeradores podem ser divididos em dois principais tipos, sendo eles o Darrieus e o Savonius (MANWELL, MCGOWAN, ROGERS, 2009). Considerados fisicamente maior, apesar de ter eficiência inferior, tem a vantagem de não precisar de mecanismos de

acompanhamento para variações da direção do vento, sendo assim reduz a complexidade do projeto e os esforços por conta das forças de Coriolis, tem menos ruído e normalmente tem lâminas curvas (duas ou três) de perfil aerodinâmico. (ELETROVENTO, 2020).

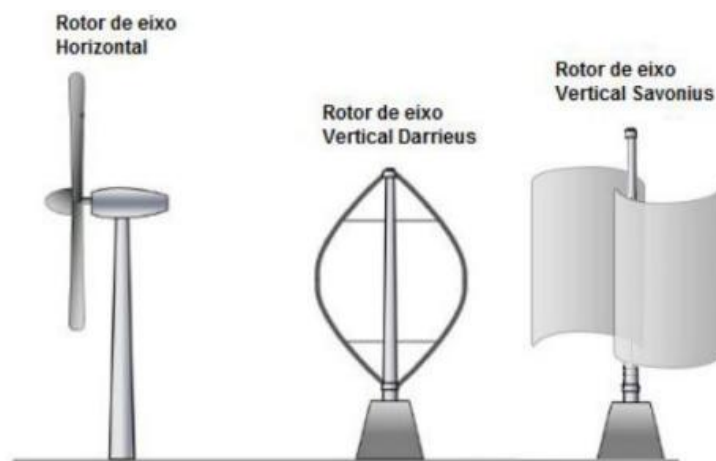
Figura 3 - Principais Componentes do Gerador com Eixo Horizontal



Fonte: CRESESB (2008)

Em seguida na figura 4 é apresentado alguns tipos de Ageradores.

Figura 4 - Tipos de Aeroeradores



Fonte: Tolmasquim (2016)

Ainda referente aos geradores, os mesmos ficam expostos a forças externas e através dos estudos de Nunes Júnior (2008) dos efeitos da resistência do ar sobre uma placa plana nota-se que a resultante R das forças aplicadas a placa é um vetor cujo ponto de aplicação é

o centro aerodinâmico, sendo sua direção perpendicular a placa, seu sentido é o do vento e a sua intensidade é proporcional a superfície S exposta, ao quadrado da velocidade do vento V e onde K é o coeficiente que depende do ângulo de incidência, das unidades escolhidas e da turbulência do movimento. Isso é demonstrado através da fórmula: $R = kSv^2$.

Observa-se no quadro 1 algumas características dos principais Aero geradores quanto a força, velocidade torque e característica.

Quadro 1 – Tipos de Rotor e suas características

Rotor	Eixo	Força Predominante	Velocidade De Rotação	Torque	Carga Típica
	Horizontal	Sustentação	Alta	Baixo	Gerador Elétrico
	Horizontal	Arrasto	Baixa	Alto	Bomba Hidráulica
	Horizontal	Sustentação	Moderada	Moderado	Gerador Elétrico / Bomba Hidráulica
	Vertical	Sustentação	Alta	Baixo	Gerador Elétrico
	Vertical	Arrasto	Baixa	Alto	Bomba Hidráulica

Fonte: Adaptado de Vieira (2017)

Já o Inversor tem diferentes funções para cada sistema. Para o off-grid em que não são conectados à rede, sua função é converter a corrente contínua (CC) da bateria em corrente alterada (CA) para alimentar equipamentos de 110 V ou 220 V, assim evitando danos com excesso de descarga elétrica. No sistema on-grid, em que são conectados a rede, o Inversor além de fazer a conversão de corrente do retificador, é utilizado para fazer o controle do consumo e produção do sistema, ele consegue sincronizar a energia produzida com a energia da rede elétrica, conseguindo usar a energia disponível na rede de distribuição ou enviar a energia gerada pelos Aero geradores para a rede e desconectando da rede quando não houver energia (ELETROVENTO, 2020). Na figura 5 é demonstrado um exemplo de inversor de frequência.

Figura 5 - Inversor de Frequência

Fonte: CA Automação Industrial (2022)

O Controlador de Carga opera como limitador de carga das baterias, com intuito de prevenir excessivas sobrecargas e por consequência aumenta a durabilidade e melhora o desempenho, entretanto é utilizado somente em sistema off-grid. O controlador mais utilizado é o PWM (Pulse Width Modulation) por conta do baixo custo, mas a eficiência menor que a do MPPT (Maximum Power Point Tracking) que apesar do custo elevado, são consideravelmente mais eficaz (ELETROVENTO, 2020). A figura 6 exemplifica um controlador de carga.

Figura 6 - Controlador de Carga

Fonte: Varixx (2021)

As Baterias também são adicionadas somente em sistemas off-grid, os sistemas on-grid são ligados a rede e não necessitam de bateria pois a energia da rede faz compensação caso não haja vento para gerar energia eólica, e justamente por este motivo que precisa de bateria no sistema off-grid. É armazenado energia nas baterias e caso haja ausência de vento

permite autossuficiência de um sistema isolado, por outra via normalmente são as primeiras a apresentar irregularidades e diminuição de desempenho. Consequentemente a sua escolha é primordial e está totalmente relacionada a o período de troca e manutenção, tornando-se muito importante a longo prazo visto que a duração prevista de duração do sistema de geração de energia renovável é algo em torno de 30 anos. Baterias que suportam altas descargas são mais indicadas para sistemas com turbinas eólicas, e baterias estacionárias possuem essa importante vantagem (ELETROVENTO, 2020). Na figura 7 apresenta-se uma demonstração de bateria Estacionária.

Figura 7 - Bateria Estacionária



Fonte: Mexcom (2022)

A Torre é onde o gerador é posicionado, podendo ser do tipo treliçada e tubular. São posicionadas na altura que melhor aproveite o vento, variando a partir de 6m e podendo ter até 150m, com seu valor diretamente proporcional à sua altura (ELETROVENTO, 2020). Segue abaixo na figura 8 a demonstração de uma torre.

Figura 8 - Torre

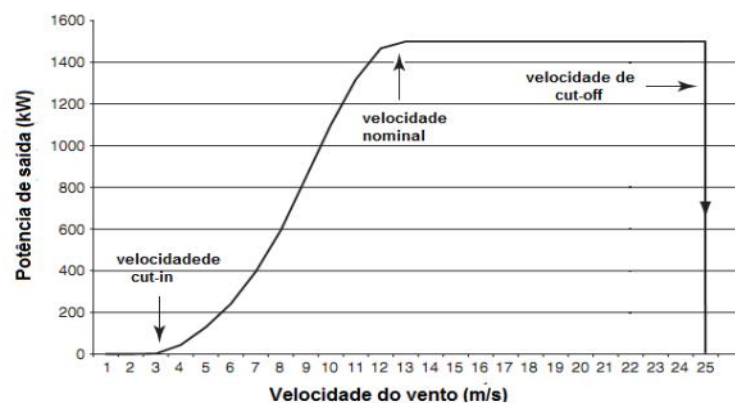


Fonte: Energes (2020)

2.2.2. Alteração da velocidade de rotação

Conforme dados publicados pela CRESESB (2008) o funcionamento de um gerador eólico é dado pela curva da potência, caso um vento com baixa velocidade bater nas hélices com força suficiente para dar início à geração de energia, conforme mostra a figura 9 a velocidade de partida varia entre 3 a 4 m/s. No momento em que a velocidade começa a aumentar, conseqüentemente a potência no eixo do Aerogerador aumenta até alcançar a potência nominal do Aerogerador que varia de 9,5 a 15 m/s. Na ocasião em que a velocidade vai se tornando superior a nominal, em grande parte das turbinas a potência permanece constante até chegar em uma velocidade de corte (cut-off), onde a turbina deve desligar imediatamente para evitar danos estruturais.

Figura 9 - Exemplo de uma curva de potência com cut-off de 25 m/s



Fonte: Adaptado de Ackermann (2005)

A escolha da velocidade de rotação operacional nominal (alta ou baixa) da turbina é de extrema importância, pois a potência de saída da turbina é totalmente dependente do nível de rotação que a velocidade do vento causa. O quadro 2 mostra a velocidade de operação e descreve o que acontece com a variação do vento.

Quadro 2 – Exemplo de funcionamento de uma turbina com variação do vento

Velocidade Operacional da turbina	Vento de Velocidade Baixa	Vento de Velocidade Média	Vento de Velocidade Alta

Velocidade Baixa	Retira a máxima potência	Ineficiente, opera em modo de stall e não extraí a máxima potência	Ineficiente, opera em modo de stall e não extraí a máxima potência
Velocidade Alta	Ineficiente, opera em modo de stall e não extraí a máxima potência	Ineficiente, opera em modo de stall e não extraí a máxima potência	Retira a máxima potência

Fonte: o Autor (2022)

2.2.3. Análise do vento

Antes de ser feito a análise do vento, é necessário esclarecer alguns pontos que influenciam a velocidade do vento em uma determinada localização. Como por exemplo a topografia do terreno, variação do vento com a altura, a rugosidade do terreno (características do local com a vegetação), construções e utilização da área e por fim também deve ser verificado se existe presença de barreiras, que causam turbulências e relevo.

Depois de feito a escolha do local, deve ser feito observado a medida da velocidade dos ventos de longo e médio prazo (são exigidas medições de no mínimo um ano completo) para reconhecer o regime dos ventos na região, ocorrendo um erro até 3% nas aferições pode gerar uma perda de até 10% na produção de energia elétrica (RODRIGUES, 2011, p.26). De acordo com alguns autores, somente com esses dados de médio e curto prazo pode-se saber com precisão a viabilidade do projeto, a exatidão da aferição da velocidade do vento é a questão principal para a correta instalação do Aerogerador. Além disso Rodrigues (2011) cita que grande parte dos erros nas medições do vento geralmente são causadas por falta de experiência e é possível evitar fazendo a escolha correta do local para medição calibração periódica e instalação dos anemômetros. No quadro 3 é feito a classificação do vento conforme suas escalas, mostrando suas ações no ambiente e denominação.

Quadro 3 – Velocidade do vento

Escala	Denominação	Velocidade em m/s	Avaliação do vento em terra
1	Calmo	0 a 0,4 1,44 km/h	Não se nota nenhum movimento nos galhos das árvores
2	Quase calmo	0,5 a 1,5 1,8-5,4 km/h	A direção da fumaça sofre um pequeno desvio
3	Brisa leve	1,6 a 3,4 6-12 km/h	As folhas são levemente agitadas
4	Vento fresco	3,5 a 5,5 13-20 km/h	Poeira e pedaços de madeiras são levantados
5	Vento moderado	5,6 a 8 20,6-29 km/h	As arvores pequenas começam oscilar
6	Vento Regular	8,1 a 10,9 29-39 km/h	Galhos maiores ficam agitados
7	Vento meio forte	11,4 a 13,9 41-50 km/h	Torna-se difícil andar contra o vento
8	Vento forte	14,1 a 13,9 41-50 km/h	Fica impossível andar contra o vento
9	Vento muito forte	17,4 a 20,4 61-73 km/h	Telhas podem ser arrancadas
10	Ventania	24,4 a 28 88-100 km/h	Árvores são derrubadas
12	Vendaval	83,0 a 125 298-450 km/h	Produzem efeitos devastadores

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2011)

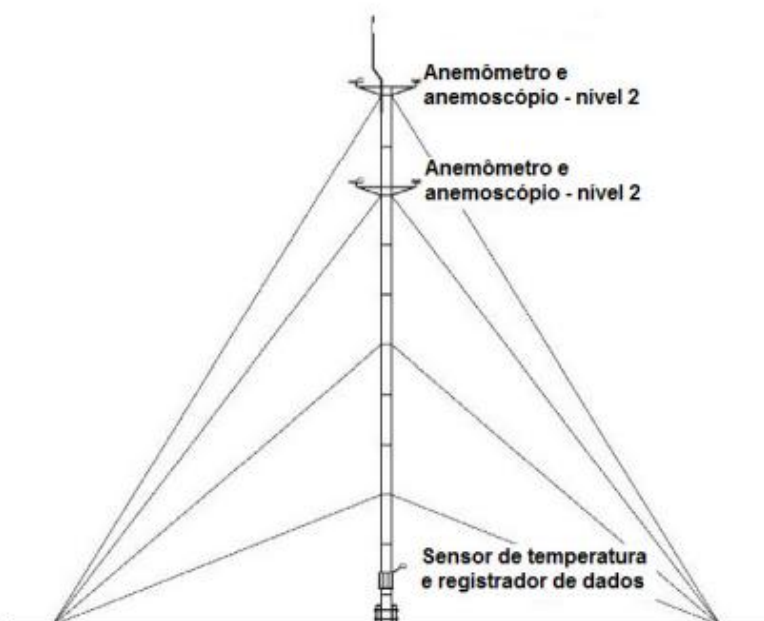
Segundo Jain (2011), existem dois métodos de medição do vento, medições In Situ por meio de torres meteorológicas e medições de Sensoriamento remoto que podem ser feitas através do modelo SODAR (Sonic Detection and Ranging) este leva em consideração as ondas sonoras, ou modelo LIDAR que é baseado em ondas de luz (Light Detection and Ranging).

Segundo Lisboa (2007) o modelo SODAR realiza medições emitindo fortes pulsações acústicas na faixa auditiva e captando frequências Doppler deslocadas dos ecos recebidos.

Os sinais transmitidos variam em frequência e força relativa, de modo que são processados de várias maneiras para produzir informações mais precisas do que os métodos tradicionais. Usando o modelo SODAR, é possível medir a velocidade do vento, direção do vento, movimento vertical e turbulência. Ainda de acordo com Lisboa (2007), o modelo LIDAR, por sua vez, utiliza luz em vez de som para fazer medições e é baseado no efeito Doppler, o mesmo do modelo anterior. Neste caso, a radiação é espalhada por partículas como poeira, umidade, etc.

Em medições In Situ, a torre captura a velocidade e direção do vento, pressão e temperatura. As torres meteorológicas são classificadas como temporárias (para medição de 1 a 3 anos) ou permanentes (para medição de em média 20 anos). As torres possuem equipamentos portam equipamentos básicos instalados em seu corpo, que são: anemômetro, sensor de direção do vento, sensor de temperatura e um registrador de dados, a quantidade de cada item varia conforme a altura da torre. É apresentado um modelo de torre na figura 10.

Figura 10 - Torre meteorológica



Fonte: NE Energy System (2005)

A figura 11 mostra o Anemômetro digital de bolso e a 12 mostra o Anemômetro analógico de torre, ambos são instrumentos utilizados para medir a velocidade do vento.

Figura 11 - Anemômetro digital



Fonte: Amazon (2022)

Figura 12 - Anemômetro analógico



Fonte: Alibab (2022)

Rodrigues (2011) explica em seus estudos que para obter todos os dados para a geração de energia e definir o local e a posição do Aerogerador torna-se muito importante saber a direção do vento. Para conseguir essa informação é utilizado o instrumento chamado de sensor de direção, conforme mostra a figura 13.

Figura 13 - Sensor de direção



Fonte - Sigma Sensors (2022)

2.2.4. Seleção do gerador eólico

De acordo com dados do Instituto Ideal (2018), a seleção do local deve ser levada em consideração a distância de obstáculos, fixação sobre telhados, ruídos e sombras.

Para que não haja interferência no rendimento do gerador eólico, é necessário que o mesmo esteja a um raio de 150 metros de altura superior de 10 metros do obstáculo. Em situações em que o Aerogerador é instalado no telhado, é recomendado a escolha de modelos menos barulhentos, pois o barulho pode gerar transtorno em moradores, aliás se torna fundamental realizar um estudo de infraestrutura da construção para assegurar a fixação no teto. Também é preciso fazer uma análise detalhada se não terá ruídos e sombras que causem adversidade com moradores que residem próximo ao local. (INSTITUTO IDEAL, 2018).

Depois é necessário saber o consumo médio anual de energia elétrica na residência ou empresa, para que seja uma turbina com os parâmetros que atenda a necessidade do cliente. Deve ser pago o custo de disponibilidade pelos consumidores do grupo B (residenciais e rurais) sendo monofásico, bifásico ou trifásico, tratando de um custo de consumo mínimo mensal que pode ser de 30 kW, 50 kW ou 100 kW, de modo respectivo (ANEEL, 2018).

A seleção final deve ser resultado de um estudo de viabilidade econômica dos diferentes Aerogeradores disponíveis no mercado e que consiga garantir que todas as necessidades do cliente sejam atendidas.

2.3. Vantagens e desvantagens da energia eólica

A característica ecológica é uma das principais vantagens da energia eólica, outra grande vantagem é ser inesgotável, aliado ao fato de não emitir gases poluentes durante a operação, é uma energia limpa e renovável que torna essa tecnologia de alto nível em todo o mundo. Também ajuda a reduzir a dependência de combustíveis fósseis. E como já mencionado, existe o benefício econômico em gastos com custos de energia elétrica. Além disso, ocasiona aumento do emprego e da renda associados à indústria e aos investimentos gerados em áreas desfavorecidas de outros recursos. (ANEEL, 2015).

Conforme dados divulgados pela ANEEL (2015) os sistemas elétricos também são beneficiados em vários fatores pelo impulso da geração distribuída, entre eles está a redução de impactos negativos ao meio ambiente, prevenção de sobrecarga elétrica da rede,

a redução de investimentos em projetos de expansão da rede e a diversificação da matriz energética.

Como desvantagens temos a natureza intermitente do vento, pois a velocidade do vento e até a presença dele podem variar, a poluição visual e a poluição sonora causada pelo ruído do rotor também são consideradas. Outra situação a ser considerada é o impacto nas aves, que eventualmente colidem com as estruturas, e o possível impacto na sua migração ainda não é claro.

3. RESULTADO DA VIABILIDADE DA GERAÇÃO EÓLICA RESIDÊNCIAL

3.1. Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho será estudado os tipos de distribuição e sistemas utilizados para a geração da energia eólica, assim como suas vantagens e desvantagens e para o entendimento de sua viabilidade é necessário um estudo detalhado sobre a viabilidade econômica do projeto, projeção de custos, investimentos necessários, despesas e análises sobre os dados projetados (PARMAIS, 2017). Dessa forma busca-se apresentar sua taxa mínima de atratividade (TMA), método do valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e método de tempo de retorno (*Payback*).

A TMA (taxa mínima de atratividade) é caracterizada por taxas de juros voláteis, pois é influenciada por fatores externos, como o período e as circunstâncias particulares do investidor. A mesma tem o intuito de estabelecer a viabilidade do projeto, buscando comprovar que a taxa de retorno do projeto tem como consequência o aumento do fluxo de caixa e também um aumento do valor investido para execução do mesmo, dessa forma sabe-se se o projeto está apto ou não de ser executado (SILVA, 2018). No caso deste projeto, o valor da TMA será o valor médio anual da rentabilidade da Caderneta de Poupança do período dos últimos 15 anos.

Segundo Martins (2002) o VPL (valor presente líquido) é um método de estimativa de capital pois leva em consideração as cotações de capital ao longo do período, esse método reduz o fluxo de caixa de um investimento por uma taxa prescrita, conhecida como custo de capital (a TMA é a mais indicada para utilização como taxa de juros), indica o retorno mínimo que deve ser alcançado pelo empreendimento e permite equiparação do capital inserido

desde o início, a aprovação ocorrerá se o VPL for superior a zero e a reprovação se for inferior a zero.

VPL pode ser calculado pela equação 1 a seguir (MARTINS, 2002):

$$VPL = \left[\frac{fc_1}{(1+i)} + \frac{fc_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{fc_n}{(1+i)^n} \right] - fc_0 = \sum_{j=1}^n \frac{fc_j}{(1+i)^j} - fc_0 \dots\dots\dots(1)$$

Onde:

fc_j = fluxo de caixa de cada período;

fc_0 = fluxo de caixa no período 0;

i = taxa de desconto escolhida;

j = período do fluxo de caixa;

A TIR (taxa interna de retorno) é um método que indica em termos percentuais a rentabilidade do projeto, é definida como a taxa de desconto que faz com que o VPL de um projeto seja igual a zero, sendo assim um método utilizado para calcular o percentual de retorno do mesmo. Se a TIR for superior a TMA, o projeto de investimento é viável (GONÇALVES, 2018).

A equação 2 utilizada para calcular a TIR é apresentada a seguir:

$$fc_0 = \sum_{j=1}^n \frac{fc_j}{(1+TIR)^j} \dots\dots\dots(2)$$

Onde:

fc_j = fluxo de caixa do período;

fc_0 = investimento inicial.

TIR = taxa interna de retorno;

j = período do fluxo de caixa;

Por fim através do *Payback* é possível identificar quanto tempo o investimento inicial pode ser resgatado, é muito utilizado pela sua simplicidade de aplicação, de acordo com Martins (2002) se o período de recuperação do investimento for longo, maior será o risco de

perdas, ou seja, menor será o risco se menor for o *Payback*. Prates (2016) relata em seus estudos que existem dois tipos de períodos de *Payback*, o simples e o descontado. O *Payback* de período simples é a forma mais direta de verificar se o projeto é executável, também define o número de períodos necessários para recuperar o capital investido no início do período, o cálculo é feito somando os valores dos fluxos de caixa obtidos, até que o resultado seja igual ao aplicado. E o *Payback* de período descontado é mais preciso porque utiliza a taxa de desconto TMA antes de realizar o somatório do fluxo (PRATES, 2016).

Visando o fornecimento de energia elétrica por meio da geração eólica, serão apresentados os resultados econômicos da análise praticada.

Neste caso é considerada a implantação de três Aerogeradores com capacidades diferentes, visando fazer a comparação entre eles para a geração de energia para a unidade consumidora, a análise não deve levar em consideração as vantagens do sistema de compensação de energia. O projeto leva em conta os custos iniciais como a aquisição do Aerogerador e dos demais componentes do sistema, como um investimento inicial e a receita referente à redução dos custos com a energia elétrica fornecida pela concessionária (custo evitado), levando em consideração o consumo mínimo faturável ou o custo da disponibilidade, de acordo com a Resolução Normativa nº 414/2010 da ANEEL (ANEEL, 2010). Os custos de manutenção e a receita são calculados a partir das equações 3 e 4:

$$\text{custo de manutenção} = I_0 \times \frac{\text{perc}}{100} \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{receita anual} = 12 \times E_{\text{mensal}} \times \text{tarifa} \dots\dots\dots(4)$$

Onde:

I_0 = Investimento inicial no sistema de microgeração (R\$);

perc = percentual referente ao custo anual de manutenção (%);

E_{mensal} = Energia mensal produzida pelo Aerogerador (kWh);

tarifa = tarifa de energia elétrica (R\$/kWh).

Quando o Aerogerador consegue suprir 100% do consumo mensal da unidade consumidora, deverá ser considerada a cobrança sobre o consumo mínimo faturável e nesse caso, usa a equação 5:

$$receita_{anual} = 12 \times (C_{mensal} - C_{mínimo}) \times tarifa \dots\dots\dots(5)$$

Onde:

C_{mensal} = consumo mensal da unidade consumidora (kWh);

$C_{mínimo}$ = consumo mínimo faturável (kWh).

Para a avaliação econômica de projetos de microgeração, os métodos VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno) e também o método *Payback*, para calcular o tempo de retorno financeiro do investimento quando este se mostrar economicamente viável. Para a aplicação desses métodos, a TMA (Taxa Mínima de Atratividade) é definida em função da rentabilidade das cadernetas de poupança, levando em consideração a média anual entre 2006 e 2021.

Referente a tarifa de energia elétrica (R\$/kWh), foi considerado um cenário com tarifa fixa baseada no valor médio de anos anteriores e outro cenário com valor crescente, levando em consideração o IPCA (Índice de Preço ao Consumidor Amplo) e foi excluído da análise os impostos incidentes sobre o consumo. Para a aquisição do gerador eólico é analisado três formas para comparação, uma com fornecimento à vista, outra através de financiamento e a última com subsídio de 60% do custo total do Aerogerador e pagamento à vista do restante. Na situação com financiamento foi utilizado como parâmetro as condições do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) e as prestações são consideradas como custo adicional do projeto.

3.2. Dados iniciais

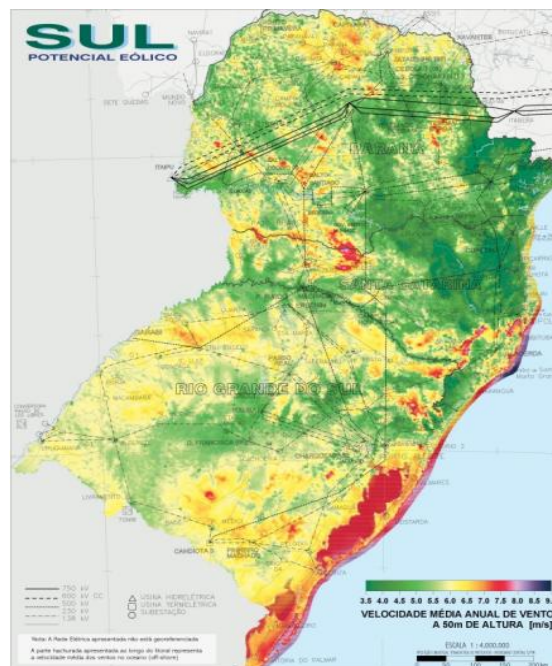
Agora será apresentado os dados para avaliação econômica da implementação de gerador eólico residencial nas microrregiões. Como por exemplo os dados da unidade consumidora de Maringá (COPEL) e as condições de fornecimento para sua aquisição:

- Tipo de instalação - residencial monofásica.

- Consumo médio mensal de Maringá - 209 kWh (COPEL, 2022)
- Consumo mínimo faturável - 30 kWh (Resolução Normativa 414/2010 – ANEEL.).
- Custo anual de manutenção - 1,2% do investimento inicial. (Estimativa)
- Tarifa atual (R\$/kWh)² - 0,3971 (Grupo B, TUSD, com Impostos e Classificação Residencial Normal - COPEL, 2022).
- Tarifa média (R\$/kWh) - 0,5375 (valor médio anual no período 2011-2021) (ANEEL, 2019).
- Percentual de aumento da tarifa baseado no IPCA – 7,02% a.a. (valor médio anual no período 1995-2021) (IBGE, 2021).
- Velocidade do vento, média anual de Maringá - 6m/s (CRESESB, 2013)

Abaixo está disponível na figura 14 o mapa de velocidade média do vento anual da região Sul, onde consta a região de Maringá. Feito pela CRESESB (2013).

Figura 14 – Mapa de Velocidade Média Anual



Fonte: CRESESB (2013)

3.3. Aerogeradores

No quadro 4 a seguir é apresentado os dados dos três geradores eólicos que foram utilizados para a análise.

Quadro 4 – Dados dos Aeroeradores

	Aeroerador 1	Aeroerador 2	Aeroerador 3
Investimento inicial	R\$ 5.300,00	R\$ 16.200,00	R\$ 35.000,00
Potência nominal	160 W	1.000 W	2.400 W
Velocidade nominal	12,5 m/s	12,5 m/s	9,4 m/s

Fonte: o Autor (2022)

Ambos são de modelo com eixo horizontal do tipo hélice que como mencionado anteriormente, são movidos por forças aerodinâmicas, de sustentação e de arrasto, e com um conjunto de apenas 3 pás, conforme apresentado na figura a seguir uma demonstração do medelo.

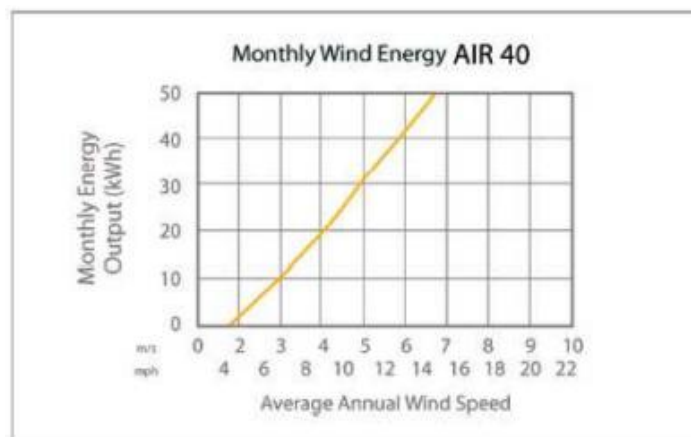
Figura 15 – Demonstração do modelo de Aeroerador utilizado



Fonte: Energia Pura (2022)

A curva de produção do Aeroerador 1 é apresentado na figura 16.

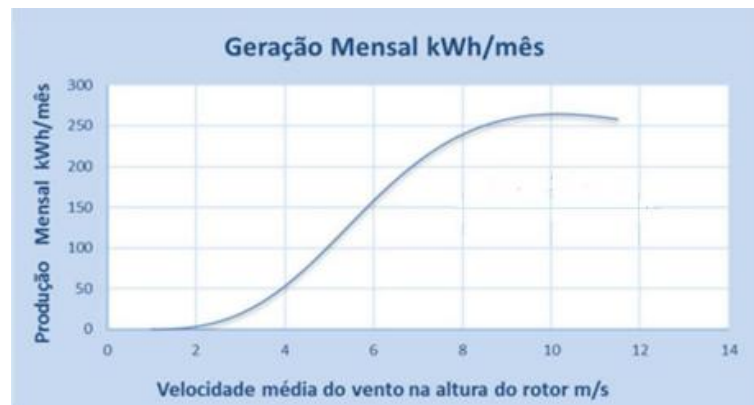
Figura 16 – Curva de Produção - Aeroerador 1



Fonte: Energia Pura (2019)

Conforme consta na figura 16, o Aerogerador 1 tem uma produção mensal em torno de 40 kWh com 6m/s e atinge 19,13% do consumo médio mensal da unidade consumidora. Na figura 16 apresenta-se a curva de produção do Aerogerador 2.

Figura 17 – Curva de Produção - Aerogerador 2

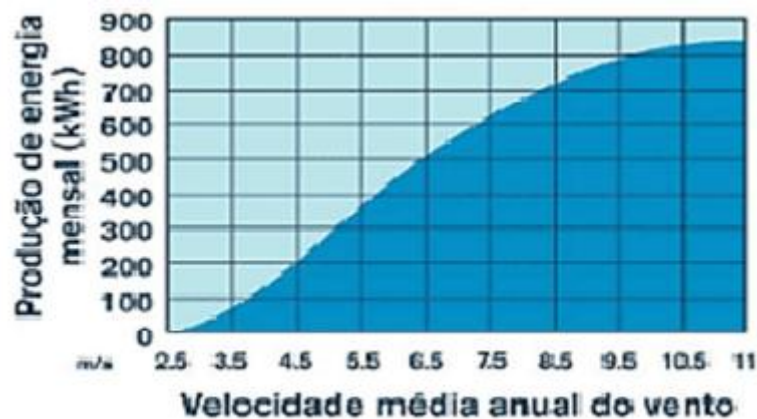


Fonte: Enersud (2019)

De acordo com os dados da figura 17, o Aerogerador 2 tem uma produção mensal em torno de 150 kWh com 6m/s e atinge 71,7% do consumo médio mensal da unidade consumidora.

Na figura 18 apresenta-se a curva de produção do Aerogerador 3.

Figura 18 – Curva de Produção - Aerogerador 3



Fonte: Energia Pura (2019)

Conforme os dados da figura 18, o Aeroogerador 3 tem uma produção mensal em torno de 400 kWh com 6m/s e atinge 100% do consumo médio mensal da unidade consumidora.

3.4. Condições de financiamento

- Valor financiado – até 100% do investimento inicial.
- Taxa de juros – 13,75% a.a.. (SELIC, consultado em outubro 2022)
- Prazo para o financiamento – 10 anos.
- Sistema de financiamento – SAC (amortizações constantes).

3.5. Dados para avaliação econômica

- Taxa Mínima de Atratividade (TMA) – 6,27% a.a. (valor médio anual da rentabilidade da Caderneta de Poupança no período 2007-2021) (PORTAL BRASIL, 2022)
- Vida útil de cada projeto – 20 anos.

3.6. Avaliação técnica e econômica do Aeroogerador 1

A avaliação econômica relacionada à implantação do Aeroogerador 1 será apresentada a seguir.

3.6.1. Aquisição com recursos próprios, sem financiamento

É apresentado na tabela 1 a seguir, o fluxo de caixa referente à aquisição do Aeroogerador 1 considerando os dois cenários (um com tarifa fixa baseada no valor médio de anos anteriores e o segundo com tarifa crescente baseado no IPCA) e com 100% de recursos próprios.

Tabela 1 - Fluxo de caixa sem financiamento - Aeroogerador 1

Ano	Investi- mento Inicial (R\$)	Redução dos Custos com E.E.*(R\$)	Redução dos Custos com E.E.**(R\$)	Custo de Manu- tenção (R\$)	Financia- mento (R\$)	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)*	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)**
0	5.300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5.300,00	-5.300,00

1	0,00	258,00	203,99	63,60	0,00	194,40	140,39
2	0,00	258,00	218,31	63,60	0,00	194,40	154,71
3	0,00	258,00	233,63	63,60	0,00	194,40	170,03
4	0,00	258,00	250,04	63,60	0,00	194,40	186,44
5	0,00	258,00	267,59	63,60	0,00	194,40	203,99
6	0,00	258,00	286,37	63,60	0,00	194,40	222,77
7	0,00	258,00	306,48	63,60	0,00	194,40	242,88
8	0,00	258,00	327,99	63,60	0,00	194,40	264,39
9	0,00	258,00	351,01	63,60	0,00	194,40	287,41
10	0,00	258,00	375,66	63,60	0,00	194,40	312,06
11	0,00	258,00	402,03	63,60	0,00	194,40	338,43
12	0,00	258,00	430,25	63,60	0,00	194,40	366,65
13	0,00	258,00	460,45	63,60	0,00	194,40	396,85
14	0,00	258,00	492,78	63,60	0,00	194,40	429,18
15	0,00	258,00	527,37	63,60	0,00	194,40	463,77
16	0,00	258,00	564,39	63,60	0,00	194,40	500,79
17	0,00	258,00	604,01	63,60	0,00	194,40	540,41
18	0,00	258,00	646,41	63,60	0,00	194,40	582,81
19	0,00	258,00	691,79	63,60	0,00	194,40	628,19
20	0,00	258,00	740,36	63,60	0,00	194,40	676,76

Fonte: o Autor (2022)

* tarifa constante.

**tarifa crescente.

Um ponto significativo foi o custo anual de manutenção de apenas R\$63,60 que é uma estimativa de 1,2% do valor do Aero gerador (esta estimativa é devido a alta tecnologia e a garantia fornecida pelo fabricante). No projeto do Aero gerador 1, os dois cenários são economicamente inviáveis, em que no cenário 1 o VPL é igual a – R\$ 3.118,31 e no cenário 2 é igual a – R\$ 2.932,99, ambos menores que zero e a TIR é menor que a TMA (6,27% ao ano),

no primeiro caso é igual $-2,79\%$ e no segundo $-0,42\%$. Percebe-se, por mais que o projeto seja inviável, a utilização de tarifa crescente traz um melhor resultado do que a tarifa constante, pois o custo da energia se torna cada vez mais caro de acordo com o tempo, o que favorece a autoprodução de energia.

3.6.2. Aquisição com financiamento

A seguir é demonstrado o fluxo de caixa da aquisição do Aerogerador 1 por meio de financiamento, considerando a taxa de juros igual a $13,75\%$ ao ano.

Tabela 2 - Fluxo de caixa com financiamento - Aerogerador 1

Ano	Investimento Inicial (R\$)	Redução dos Custos com E.E. *(R\$)	Redução dos Custos com E.E. ** (R\$)	Custo de Manutenção (R\$)	Financiamento (R\$)	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)*	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)**
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,00	258,00	203,99	63,60	1.258,75	-1.064,35	-1.118,36
2	0,00	258,00	218,31	63,60	1.185,88	-991,48	-1.031,17
3	0,00	258,00	233,63	63,60	1.113,00	-918,60	-942,97
4	0,00	258,00	250,04	63,60	1.040,13	-845,73	-853,69
5	0,00	258,00	267,59	63,60	967,25	-772,85	-763,26
6	0,00	258,00	286,37	63,60	894,38	-699,98	-671,60
7	0,00	258,00	306,48	63,60	821,50	-627,10	-578,62
8	0,00	258,00	327,99	63,60	748,63	-554,23	-484,23
9	0,00	258,00	351,01	63,60	675,75	-481,35	-388,34
10	0,00	258,00	375,66	63,60	602,88	-408,48	-290,82
11	0,00	258,00	402,03	63,60	0,00	194,40	338,43
12	0,00	258,00	430,25	63,60	0,00	194,40	366,65
13	0,00	258,00	460,45	63,60	0,00	194,40	396,85

14	0,00	258,00	492,78	63,60	0,00	194,40	429,18
15	0,00	258,00	527,37	63,60	0,00	194,40	463,77
16	0,00	258,00	564,39	63,60	0,00	194,40	500,79
17	0,00	258,00	604,01	63,60	0,00	194,40	540,41
18	0,00	258,00	646,41	63,60	0,00	194,40	582,81
19	0,00	258,00	691,79	63,60	0,00	194,40	628,19
20	0,00	258,00	740,36	63,60	0,00	194,40	676,76

Fonte: o Autor (2022)

* tarifa constante.

**tarifa crescente.

As condições do financiamento não estão favoráveis para aquisição do Aeroerador 1, por esse motivo torna-se inviável economicamente nos dois cenários, no cenário 1 o VPL resulta em - R\$ 4.846,43 e no cenário dois – R\$ 3.634,19 e a TIR calculada encontra-se negativa, ou seja, menor que TMA. Na sequência será demonstrado outra opção, visando a aquisição e viabilidade econômica do projeto.

3.6.3. Aquisição sem financiamento e com subsídio

Através desse método analisado, considera-se que é possível a aquisição do Aeroerador 1 através de subsídio que pode ser oferecido através de agentes elétricos ou pelo governo. Considerando o subsídio de 60% do valor inicial do investimento, o valor a ser pago à vista será de R\$2.120,00.

Tabela 3 - Fluxo de caixa sem financiamento e com subsídio - Aeroerador 1

Ano	Investi- mento Inicial (R\$)	Redução dos Custos com E.E. *(R\$)	Redução dos Custos com E.E. **(R\$)	Custo de Manu- tenção (R\$)	Financia- mento (R\$)	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)*	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)**
0	2.120,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2.120,00	-2.120,00
1	0,00	258,00	203,99	63,60	0,00	194,40	140,39
2	0,00	258,00	218,31	63,60	0,00	194,40	154,71

3	0,00	258,00	233,63	63,60	0,00	194,40	170,03
4	0,00	258,00	250,04	63,60	0,00	194,40	186,44
5	0,00	258,00	267,59	63,60	0,00	194,40	203,99
6	0,00	258,00	286,37	63,60	0,00	194,40	222,77
7	0,00	258,00	306,48	63,60	0,00	194,40	242,88
8	0,00	258,00	327,99	63,60	0,00	194,40	264,39
9	0,00	258,00	351,01	63,60	0,00	194,40	287,41
10	0,00	258,00	375,66	63,60	0,00	194,40	312,06
11	0,00	258,00	402,03	63,60	0,00	194,40	338,43
12	0,00	258,00	430,25	63,60	0,00	194,40	366,65
13	0,00	258,00	460,45	63,60	0,00	194,40	396,85
14	0,00	258,00	492,78	63,60	0,00	194,40	429,18
15	0,00	258,00	527,37	63,60	0,00	194,40	463,77
16	0,00	258,00	564,39	63,60	0,00	194,40	500,79
17	0,00	258,00	604,01	63,60	0,00	194,40	540,41
18	0,00	258,00	646,41	63,60	0,00	194,40	582,81
19	0,00	258,00	691,79	63,60	0,00	194,40	628,19
20	0,00	258,00	740,36	63,60	0,00	194,40	676,76

Fonte: o Autor (2022)

* tarifa constante.

**tarifa crescente.

Visto que o subsídio diminui a parcela a ser paga à vista, o projeto torna-se viável economicamente nos dois cenários, em que o VPL é maior que zero e a TIR (6,27%) é maior que a TMA. Os resultados encontrados no cenário 1, são VPL R\$ 61,69 e a TIR 6.63% e no cenário 2 o VPL é de R\$ 1.273,93 e a TIR 11,16%. No entanto de acordo com os resultados demonstrados, ao considerar o cenário 2 em que as taxas evoluem com o tempo projetado, a aquisição é ainda mais viável do que quando a taxa é fixada.

3.6.4. Resultado da análise econômica do aerogerador 1

Por fim, apresenta-se um quadro com o resumo contendo o resultado das variáveis analisadas para viabilidade econômica referente à aquisição do Aerogerador 1.

Quadro 5 – Resultados da análise econômica - Aerogerador 1

Aerogerador 1		Cenário 1*	Cenário 2**
Sem Financiamento	VPL (R\$)	-3.118,31	-1.906,07
	TIR (%)	-2,79	2,33
	Payback (anos)	-	-
Com Financiamento de 100%	VPL (R\$)	-4.846,43	-3.634,19
	TIR (%)	-11,56	-3,11
	Payback (anos)	-	-
Sem Financiamento e com subsídio	VPL (R\$)	61,69	1.273,93
	TIR (%)	6,63	11,16
	Payback (anos)	10	9

Fonte: o Autor (2022)

* tarifa constante.

**tarifa crescente.

De acordo com o Quadro 5, as possibilidades em que o projeto é considerado viável são os dois cenários que contam com o subsídio (em destaque no quadro anterior) e o cenário em que as taxas aumentam de acordo com o tempo tem-se como mais favorável, considerando que o custo de energia aumenta de acordo com o tempo. Além do VPL e a TIR já mencionados anteriormente, é apresentado o *Payback* que constitui o tempo necessário que o projeto leva para reaver o capital aplicado no começo do período, sendo assim os cenários viáveis tem o *Payback* de 10 anos no cenário 1 e de 9 anos no cenário 2, ou seja, após o financiamento até o fim da vida útil (20 anos) do Aerogerador 1 tem-se no primeiro cenário 9 anos garantidos de ganho e no segundo cenário 10 anos, tornando o projeto atrativo.

3.7. Avaliação técnica e econômica do Aerogerador 2

Os fluxos de caixa da análise do Aerogerador 2 estão disponíveis no apêndice.

3.7.1. Resultado da análise econômica do Aerogerador 2

Os índices econômicos obtidos após a análise econômica para gerador eólico 2 são apresentados no quadro 6.

Quadro 6 – Resultados da análise econômica - Aerogerador 2

Aerogerador 2		Cenário 1*	Cenário 2**
Sem Financiamento	VPL (R\$)	-7.523,74	-2.977,84
	TIR (%)	-0,44	4,39
	Payback (anos)	-	-
Com Financiamento de 100%	VPL (R\$)	-12.805,92	-8.260,02
	TIR (%)	-8,64	-0,40
	Payback (anos)	-	-
Sem Financiamento e com subsídio	VPL (R\$)	2.196,26	6.742,16
	TIR (%)	10,23	14,19
	Payback (anos)	8	8

Fonte: o Autor (2022)

* tarifa constante.

**tarifa crescente.

Ao analisar os resultados da análise econômica do Aerogerador 2, nota-se que a aquisição desse mesmo Aerogerador só fica economicamente viável se for com subsídio e ainda mais viável com a evolução da tarifa, da mesma forma que o Aerogerador 1. Ao comparar a viabilidade do Aerogerador 1 e 2, observa-se que o VPL, TIR e *Payback* são maiores para o Aerogerador 2, tornando sua aquisição mais vantajosa possuindo maior capacidade de produção de energia elétrica e por consequência maior redução dos custos com energia elétrica.

3.8. Avaliação técnica e econômica do aerogerador 3

Os fluxos de caixa gerados pela análise do Gerador Eólico 3 são mostrados no apêndice.

3.8.1. Resultado da análise econômica do aerogerador 3

O quadro 7 apresenta os resultados do desempenho econômico obtidos para o Aerogerador 3.

Quadro 7 – Resultados da análise econômica - Aerogerador 3

Aerogerador 3		Cenário 1*	Cenário 2 **
Sem Financiamento	VPL (R\$)	-26.756,37	-18.250,83
	TIR (%)	-7,14	0,08
	Payback (anos)	-	-
Com Financiamento de 100%	VPL (R\$)	-38.168,49	-29.662,95
	TIR (%)	-0,17	-0,06
	Payback (anos)	-	-
Sem Financiamento e com subsídio	VPL (R\$)	-5.756,37	2.749,17
	TIR (%)	0,46	8,00
	Payback (anos)	-	11

Fonte: o Autor (2022)

* tarifa constante.

**tarifa crescente.

Ao verificar os índices econômicos do Aerogeradore 3 (VPL, TIR e *Payback*), nota-se que por mais que consiga suprir integralmente o consumo da unidade consumidora e restando somente ao consumidor o custo sobre o valor mínimo faturável (30 kWh), se torna menos viável do que os anteriores. Outra observação é que ele só fica economicamente viável com subsídio e somente com a tarifa crescente.

3.9. Comentários gerais sobre os resultados obtidos

Após verificar os resultados dos três Aerogeradores, observa-se que um projeto de microgeração eólica residencial depende de fatores importantes, como velocidade do vento na região a ser instalado, de incentivos econômicos e evolução de tarifas. Em Maringá, foi observado três Aerogeradores, o Aerogerador 1 tem um custo menor e o VPL e TIR positivo nos dois casos e o *Payback* é menor que a vida útil do Aerogerador, mas supre 19,13%. O Aerogerador 2 tem um custo é intermediário considerando os outros Aerogeradores, também tem VPL e TIR positivo nos dois casos e o *Payback* é menor que a vida útil, porém sua potência não supri 100% do consumo médio mensal do consumidor, supre 71,7%. Por outro lado, o Aerogerador 3 tem um custo mais elevado que os outros, por conta de ser mais potente, isso faz com que seu VPL e TIR seja positivo somente em caso de tarifas crescentes, e o *Payback* menor que sua vida útil, portanto ele supre 100% do consumo médio mensal. Entretanto cabe ao consumidor diante da sua necessidade, escolher qual opção melhor se

encaixa, visto que os resultados desse projeto consideram o consumo mínimo faturável e o consumo médio da região de Maringá, se o consumidor tem um consumo acima da média, o Aerogerador 3 será mais vantajoso, se o consumidor está dentro da média de consumo será mais vantajoso aquisição do Aerogerador 2 e por fim se ele tem o consumo a média é mais vantajoso o Aerogerador 1.

4. CONCLUSÃO

A autoprodução de energia renovável vem crescendo em ritmo lento em nosso país, dependendo de incentivos para se tornar mais atraente para o consumidor.

Foi possível observar que para o aumento de produção de energia eólica se faz necessário mais incentivos como o subsídio, para que seja viável economicamente aos autoprodutores e visto que é levado em consideração as altas taxas de juros do financiamento para aquisição dos Aerogeradores, a negociação dessa taxa poderia ser outra alternativa para diminuir o *Payback* e contribuir com sua viabilidade econômica.

Ao analisar a implantação de um projeto, é de suma importância utilizar métodos para estimar condições econômicas favoráveis para determinar o grau de rentabilidade e o período de retorno financeiro.

Na hora de escolher o Aerogerador certo para uma determinada residência, deve ser considerado alguns critérios, como consumo médio mensal e faturamento mínimo, custo de manutenção dos equipamentos, preço da energia ao longo do tempo e velocidade média do vento. É preciso evitar o superdimensionamento do projeto para evitar gastos desnecessários que possam afetar seu desempenho econômico.

Portanto considerando os pontos analisados, todos eles são considerados benéficos ao consumidor, visto que trazem retorno acima da rentabilidade da caderneta de poupança, fora que contribui para o aumento de autoprodução e colabora com o meio ambiente. Entre os Aerogeradores o que mais se destacou na região considerando o consumo médio mensal de Maringá foi o Aerogerador 2, pois é o que apresentou o maior VPL e TIR. Contudo é de extrema importância o consumidor analisar se está abaixo, dentro ou acima da média antes de adquirir o Aerogerador, visto que cada um supre uma porcentagem de consumo.

REFERÊNCIAS

ACKERMANN, Thomas. Wind Power in Power Systems. UK: John Wiley & Sons, 2005.

ALIBABA. Anenômetro analógico. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Analog-tower-crane-anemometer-0-10v-60470540530.html>. Acesso em: 12 de Outubro de 2022.

AMAZON. Anenômetro digotal. Disponível em: https://www.amazon.com.br/HP-866B-anem%C3%B4metro-Digital-Velocidade-Temperatura/dp/B0B1ZJSZCG/ref=asc_df_B0B1ZJSZCG/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=609397172293&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=2710940817508282138&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmidl=&hvlocint=&hvlocphy=9102183&hv targid=pla-1709418451394&psc=1 . Acesso em: 8 de Outubro de 2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Cadernos Temáticos ANEEL. 2. ed. Brasília, DF: ANEEL, 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>. Acesso em: 20 de Outubro de 2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Geração Distribuída. Brasília, DF: ANEEL, 2015. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acesso em: 02 de Outubro de 2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Regras, Direitos e Deveres. Brasília, DF: ANEEL, 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/ren-414>. Acesso em: 14 de Outubro de 2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatório da Evolução das Tarifas Residenciais. Brasília, DF: ANEEL, 2019. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/luz-na-tarifa> . Acesso em: 28 de Setembro de 2022.

CASTRO, R. Energias Renováveis e Produção Descentralizada: INTRODUÇÃO À ENERGIA EÓLICA. 2003. 70 f. - Curso de Engenharia, Deec / Secção de Energia, Universidade Técnica de Lisboa Instituto Superior Tecnico, Lisboa, 2003. Disponível em: http://ead2.ctgas.com.br/a_rquivos/aperfeicoamento/MedicaoAnemometrica/Biblioteca/Livros/Introducao_a_Energia_Eolica.pdf. Acesso em: 02 de Outubro de 2022.

CBN. Copel registra consumo recorde de energia na região noroeste. Disponível em: <https://www.cbnmaringa.com.br/noticia/copel-registra-consumo-recorde-de-energia-na-regiao-noroeste#:~:text=No%20ranking%20da%20Companhia%20Paranaense,no%20Paran%C3%A1%20foi%20de%20166kWh.> Acesso em: 15 de Outubro de 2022.

CONFAZ 101/97. Conselho Nacional de Política Fazendária. Convênio ICMS. Disponível em: https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1997/CV101_97 . Acesso em: 5 de Outubro de 2022.

CRESESB. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1>. Acesso em: 28 Setembro 2022.

CRESESB. Tipos de Aerogeradores para Geração de Energia Elétrica. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231. Acesso em: 28 de Setembro de 2022.

CSA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. Inversor de Frequencia. Disponível em: <https://csaautomacao.com.br/store/produtos/inversores-de-frequencia/inversor-de-frequencia-cfw100/inversor-de-frequencia-weg-cfw100-cfw100a01p6s120g2.html>. Acesso em: 3 de Outubro de 2022.

ELETROVENTO. Energias Renováveis ou Energias Alternativas. Mairinque, SP: ELETROVENTO, 2020. Disponível em: <http://www.eletrovento.com.br/pagina/saibamais/sobre-energia-eolica/47/>. Acesso em: 20 de Outubro 2022.

ENERGES. Componentes do aerogerdor. Disponível em: <https://energes.com.br/componentes-aerogerdor/>. Acesso em: 8 de Outubro de 2022.

ENERGIA PURA. Sistemas Eólicos. SP, SP: ENERGIA PURA, 2019. Disponível em: <https://www.energiapura.com/eolico/>. Acesso em: 20 de Outubro de 2022..

ENERSUD. Turbina Eólica Gerar Extreme. Márica, RJ: ENERSUD, 2019. Disponível em: <http://www.enersud.com.br/produtos/turbina-eolica-gerar-extreme/>. Acesso em: 22 de Outubro de 2022.

FERREIRA, R.; LEITE, B. M. Aproveitamento de energia eólica. Unicamp, Campinas, SP, [entre 2001 e 2016]. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/eolica/eolica.htm>. Acesso em: 15 de Outubro de 2022.

GONÇALVES, T. Taxa Interna de Retorno (TIR): o que é e como calcular. São Paulo, SP, 2018. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/taxainternade-retorno>. Acesso em: 15 de Outubro de 2022.

IBGE 2021. Séries Históricas e Estatísticas, Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/> . Acesso em: 23 de Outubro 2022.

INSTITUTOIDEAL. Como faço para ter energia eólica em minha casa. Florianópolis, SC: INSTITUTOIDEAL, 2018. Disponível em: <http://institutoideal.org/guiaeolica/>. Acesso em: 22 de Outubro 2022.

JAIN, Pramod. Wind Energy Engineering. XX: McGraw-Hill, 2011.

MANWELL, J.F., MCGOWAN, J.G., ROGERS, L.A., et. al., "Wind Energy Explained: Theory Design And Application". 2ª Edição, WILLEY, 2009.

MARTINS, C.. Plano de Negócios. Rio de Janeiro, RJ, 2002. Disponível em: https://www.carlosmartins.com.br/_bizplan/bizplan24.htm. Acesso em: 22 de Outubro de 2022.

MEXCOM. Fabricação de Bateria estacionária. Disponível em: <https://www.mexcom.com.br/fabricacao-bateria-estacionaria>. Acesso em: 3 de Outubro de 2022.

NE ENERGY SYSTEM. A Complete Guide to Renewable Energy Sources. Disponível em: <https://www.1energysystems.com/> . Acesso em: 15 de Outubro de 2022.

NORBERTO,P. Matemática Financeira. 2009. Disponível em: <https://docplayer.com.br/11262894-Podemos-representar-em-fluxo-de-caixa-atravesdo-seguinte-diagrama-0-1-2-3-4-5-n-tempo.html>. Acesso em: 24 de Outubro de 2022.

PARMAIS. Como fazer análise de viabilidade econômica e financeira. São Paulo, SP: PARMAIS, 2017. Disponível em: <https://www.parmais.com.br/blog/comofazer-analise-de-viabilidade-economica-efinanceira/>. Acesso em: 18 de Outubro de 2022.

PEREIRA, M. P., 2015. "Mercado de Energia Eólica de Pequeno Porte no Brasil: Percepção do Potencial Consumidor". Disponível em . Acesso em: 22 de Outubro de 2022.

PLANALTO LEI Nº 13.169. Presidência da República Secretaria Geral. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13169.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2013.169%2C%20DE%20%20DE%20OUTUBRO%20DE%202015.&text=Altera%20a%20Lei%20n%C2%BA%207.689,do%20%C2%A7%201%C2%BA%20do%20art. Acesso em: 20 de Outubro de 2022.

PRATES, W. R. O que é TMA?. 2017. Disponível em: <https://www.wrprates.com/oque-e-tma-taxa-minima-de-atratividade/>. Acesso em: 28 de Setembro de 2022.

RODRIGUES, P. R. Energia Eólica: Energias Renováveis. 2011. Disponível em: https://issuu.com/youssefbrasil/docs/energia_eolica. Acesso em: 25 de Outubro de 2022.

SIGMA SENSORS. Sensor de direção e velocidade. Disponível em: <https://sigmasensors.com.br/produtos/sensor-de-direcao-e-velocidade-do-vento-plug-and-play-S-WSET-B>. Acesso em: 15 de Outubro de 2022.

SILVA, R. S. Saiba como usar a taxa mínima de atratividade antes de investir em um novo projeto. Curitiba, PR, 2018. Disponível em: <https://eadbox.com/taxaminima-de-atratividade/>. Acesso em: 15 de Outubro de 2022.

TOLMASQUIM, M. T. (Org.). Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Rio de Janeiro, RJ, 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites/pt/publicacoes/dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>. Acesso em: 15 de Outubro de 2022.

TONG, W., “Wind Power Generation and Wind Turbine Design”, 1ª Edição, WITpress – Southampton, Boston, EUA, 2010.

TONG, W., “Wind Power Generation and Wind Turbine Design”, 1ª Edição, WITpress – Southampton, Boston, EUA, 2010.

VARIXX. Controlador de potência – Mykron. Disponível em: https://www.varixx.com.br/products/product/43/controladores-de-potencia-mykron?utm_source=google&utm_medium=ads&utm_campaign=Produtos&utm_id=14344762493&utm_term=Controlador+de+pot%C3%Aancia&gclid=Cj0KCCQjwnbmaBhD-ARIsAGTPcfXTgNjW5yaPN3Z3fuLzRwyqWtV5_YjSAHmgz6dzYTVu0TmzEWupj7caAqrMEALw_wcB. Acesso em 3 de Outubro de 2022.

VIEIRA, Wladimir. Energia Eólica. Florianópolis: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017.

APÊNDICE – FLUXOS DE CAIXA – AEROGERADORES 2 E 3

Tabela 4 - Fluxo de caixa sem financiamento - Aerogerador 2

Ano	Investimento Inicial (R\$)	Redução dos Custos com E.E. *(R\$)	Redução dos Custos com E.E. ** (R\$)	Custo de Manutenção (R\$)	Financiamento (R\$)	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)*	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)**
0	16.200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-16.200,00	-16.200,00
1	0,00	967,50	764,96	194,40	0,00	773,10	570,56
2	0,00	967,50	818,66	194,40	0,00	773,10	624,26
3	0,00	967,50	876,13	194,40	0,00	773,10	681,73
4	0,00	967,50	937,63	194,40	0,00	773,10	743,23
5	0,00	967,50	1.003,45	194,40	0,00	773,10	809,05
6	0,00	967,50	1.073,90	194,40	0,00	773,10	879,50
7	0,00	967,50	1.149,28	194,40	0,00	773,10	954,88
8	0,00	967,50	1.229,96	194,40	0,00	773,10	1.035,56
9	0,00	967,50	1.316,31	194,40	0,00	773,10	1.121,91
10	0,00	967,50	1.408,71	194,40	0,00	773,10	1.214,31
11	0,00	967,50	1.507,60	194,40	0,00	773,10	1.313,20
12	0,00	967,50	1.613,44	194,40	0,00	773,10	1.419,04
13	0,00	967,50	1.726,70	194,40	0,00	773,10	1.532,30
14	0,00	967,50	1.847,91	194,40	0,00	773,10	1.653,51
15	0,00	967,50	1.977,64	194,40	0,00	773,10	1.783,24
16	0,00	967,50	2.116,47	194,40	0,00	773,10	1.922,07
17	0,00	967,50	2.265,04	194,40	0,00	773,10	2.070,64
18	0,00	967,50	2.424,05	194,40	0,00	773,10	2.229,65
19	0,00	967,50	2.594,22	194,40	0,00	773,10	2.399,82

20	0,00	967,50	2.776,33	194,40	0,00	773,10	2.581,93
----	------	--------	----------	--------	------	--------	----------

* tarifa constante.

**tarifa crescente.

Tabela 5 - Fluxo de caixa com financiamento - Aero gerador 2

Ano	Investi- mento Inicial (R\$)	Redução dos Custos com E.E. *(R\$)	Redução dos Custos com E.E. ** (R\$)	Custo de Manu- tenção (R\$)	Financia- mento (R\$)	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)*	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)**
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,00	967,50	764,96	194,40	2.997,00	-2.223,90	-2.426,44
2	0,00	967,50	818,66	194,40	2.859,30	-2.086,20	-2.235,04
3	0,00	967,50	876,13	194,40	2.721,60	-1.948,50	-2.039,87
4	0,00	967,50	937,63	194,40	2.583,90	-1.810,80	-1.840,67
5	0,00	967,50	1.003,45	194,40	2.446,20	-1.673,10	-1.637,15
6	0,00	967,50	1.073,90	194,40	2.308,50	-1.535,40	-1.429,00
7	0,00	967,50	1.149,28	194,40	2.170,80	-1.397,70	-1.215,92
8	0,00	967,50	1.229,96	194,40	2.033,10	-1.260,00	-997,54
9	0,00	967,50	1.316,31	194,40	1.895,40	-1.122,30	-773,49
10	0,00	967,50	1.408,71	194,40	1.757,70	-984,60	-543,39
11	0,00	967,50	1.507,60	194,40	0,00	773,10	1.313,20
12	0,00	967,50	1.613,44	194,40	0,00	773,10	1.419,04
13	0,00	967,50	1.726,70	194,40	0,00	773,10	1.532,30
14	0,00	967,50	1.847,91	194,40	0,00	773,10	1.653,51
15	0,00	967,50	1.977,64	194,40	0,00	773,10	1.783,24
16	0,00	967,50	2.116,47	194,40	0,00	773,10	1.922,07
17	0,00	967,50	2.265,04	194,40	0,00	773,10	2.070,64
18	0,00	967,50	2.424,05	194,40	0,00	773,10	2.229,65

19	0,00	967,50	2.594,22	194,40	0,00	773,10	2.399,82
20	0,00	967,50	2.776,33	194,40	0,00	773,10	2.581,93

* tarifa constante.

**tarifa crescente.

Tabela 6 - Fluxo de caixa sem financiamento e com subsídio - Aerogerador 2

Ano	Investimento Inicial (R\$)	Redução dos Custos com E.E. *(R\$)	Redução dos Custos com E.E. **(R\$)	Custo de Manutenção (R\$)	Financiamento (R\$)	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)*	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)**
0	6.480,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6.480,00	-6.480,00
1	0,00	967,50	764,96	194,40	0,00	773,10	570,56
2	0,00	967,50	818,66	194,40	0,00	773,10	624,26
3	0,00	967,50	876,13	194,40	0,00	773,10	681,73
4	0,00	967,50	937,63	194,40	0,00	773,10	743,23
5	0,00	967,50	1.003,45	194,40	0,00	773,10	809,05
6	0,00	967,50	1.073,90	194,40	0,00	773,10	879,50
7	0,00	967,50	1.149,28	194,40	0,00	773,10	954,88
8	0,00	967,50	1.229,96	194,40	0,00	773,10	1.035,56
9	0,00	967,50	1.316,31	194,40	0,00	773,10	1.121,91
10	0,00	967,50	1.408,71	194,40	0,00	773,10	1.214,31
11	0,00	967,50	1.507,60	194,40	0,00	773,10	1.313,20
12	0,00	967,50	1.613,44	194,40	0,00	773,10	1.419,04
13	0,00	967,50	1.726,70	194,40	0,00	773,10	1.532,30
14	0,00	967,50	1.847,91	194,40	0,00	773,10	1.653,51
15	0,00	967,50	1.977,64	194,40	0,00	773,10	1.783,24
16	0,00	967,50	2.116,47	194,40	0,00	773,10	1.922,07
17	0,00	967,50	2.265,04	194,40	0,00	773,10	2.070,64

18	0,00	967,50	2.424,05	194,40	0,00	773,10	2.229,65
19	0,00	967,50	2.594,22	194,40	0,00	773,10	2.399,82
20	0,00	967,50	2.776,33	194,40	0,00	773,10	2.581,93

* tarifa constante.

**tarifa crescente.

Tabela 7 - Fluxo de caixa sem financiamento - Aero gerador 3

Ano	Investi- mento Inicial (R\$)	Redução dos Custos com E.E. *(R\$)	Redução dos Custos com E.E. **(R\$)	Custo de Manu- tenção (R\$)	Financia- mento (R\$)	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)*	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)**
0	35.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-35.000,00	-35.000,00
1	0,00	1.154,55	1.065,84	420,00	0,00	734,55	645,84
2	0,00	1.154,55	1.140,66	420,00	0,00	734,55	720,66
3	0,00	1.154,55	1.220,74	420,00	0,00	734,55	800,74
4	0,00	1.154,55	1.306,43	420,00	0,00	734,55	886,43
5	0,00	1.154,55	1.398,14	420,00	0,00	734,55	978,14
6	0,00	1.154,55	1.496,29	420,00	0,00	734,55	1.076,29
7	0,00	1.154,55	1.601,33	420,00	0,00	734,55	1.181,33
8	0,00	1.154,55	1.713,75	420,00	0,00	734,55	1.293,75
9	0,00	1.154,55	1.834,05	420,00	0,00	734,55	1.414,05
10	0,00	1.154,55	1.962,80	420,00	0,00	734,55	1.542,80
11	0,00	1.154,55	2.100,59	420,00	0,00	734,55	1.680,59
12	0,00	1.154,55	2.248,05	420,00	0,00	734,55	1.828,05
13	0,00	1.154,55	2.405,87	420,00	0,00	734,55	1.985,87
14	0,00	1.154,55	2.574,76	420,00	0,00	734,55	2.154,76
15	0,00	1.154,55	2.755,51	420,00	0,00	734,55	2.335,51
16	0,00	1.154,55	2.948,94	420,00	0,00	734,55	2.528,94

17	0,00	1.154,55	3.155,96	420,00	0,00	734,55	2.735,96
18	0,00	1.154,55	3.377,51	420,00	0,00	734,55	2.957,51
19	0,00	1.154,55	3.614,61	420,00	0,00	734,55	3.194,61
20	0,00	1.154,55	3.868,36	420,00	0,00	734,55	3.448,36

* tarifa constante.

**tarifa crescente.

Tabela 8 - Fluxo de caixa com financiamento - Aerogerador 3

Ano	Investi- mento Inicial (R\$)	Redução dos Custos com E.E. *(R\$)	Redução dos Custos com E.E. **(R\$)	Custo de Manu- tenção (R\$)	Financia- mento (R\$)	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)*	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)**
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,00	1.154,55	1.065,84	420,00	8.312,50	-7.577,95	-7.666,66
2	0,00	1.154,55	1.140,66	420,00	7.831,25	-7.096,70	-7.110,59
3	0,00	1.154,55	1.220,74	420,00	7.350,00	-6.615,45	-6.549,26
4	0,00	1.154,55	1.306,43	420,00	6.868,75	-6.134,20	-5.982,32
5	0,00	1.154,55	1.398,14	420,00	6.387,50	-5.652,95	-5.409,36
6	0,00	1.154,55	1.496,29	420,00	5.906,25	-5.171,70	-4.829,96
7	0,00	1.154,55	1.601,33	420,00	5.425,00	-4.690,45	-4.243,67
8	0,00	1.154,55	1.713,75	420,00	4.943,75	-4.209,20	-3.650,00
9	0,00	1.154,55	1.834,05	420,00	4.462,50	-3.727,95	-3.048,45
10	0,00	1.154,55	1.962,80	420,00	3.981,25	-3.246,70	-2.438,45
11	0,00	1.154,55	2.100,59	420,00	0,00	734,55	1.680,59
12	0,00	1.154,55	2.248,05	420,00	0,00	734,55	1.828,05
13	0,00	1.154,55	2.405,87	420,00	0,00	734,55	1.985,87
14	0,00	1.154,55	2.574,76	420,00	0,00	734,55	2.154,76
15	0,00	1.154,55	2.755,51	420,00	0,00	734,55	2.335,51

16	0,00	1.154,55	2.948,94	420,00	0,00	734,55	2.528,94
17	0,00	1.154,55	3.155,96	420,00	0,00	734,55	2.735,96
18	0,00	1.154,55	3.377,51	420,00	0,00	734,55	2.957,51
19	0,00	1.154,55	3.614,61	420,00	0,00	734,55	3.194,61
20	0,00	1.154,55	3.868,36	420,00	0,00	734,55	3.448,36

* tarifa constante.

**tarifa crescente.

Tabela 9 - Fluxo de caixa sem financiamento e com subsídio - Aerogerador 3

Ano	Investi- mento Inicial (R\$)	Redução dos Custos com E.E. *(R\$)	Redução dos Custos com E.E. **(R\$)	Custo de Manu- tenção (R\$)	Financia- mento (R\$)	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)*	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)**
0	14.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-14.000,00	-14.000,00
1	0,00	1.154,55	1.065,84	420,00	0,00	734,55	645,84
2	0,00	1.154,55	1.140,66	420,00	0,00	734,55	720,66
3	0,00	1.154,55	1.220,74	420,00	0,00	734,55	800,74
4	0,00	1.154,55	1.306,43	420,00	0,00	734,55	886,43
5	0,00	1.154,55	1.398,14	420,00	0,00	734,55	978,14
6	0,00	1.154,55	1.496,29	420,00	0,00	734,55	1.076,29
7	0,00	1.154,55	1.601,33	420,00	0,00	734,55	1.181,33
8	0,00	1.154,55	1.713,75	420,00	0,00	734,55	1.293,75
9	0,00	1.154,55	1.834,05	420,00	0,00	734,55	1.414,05
10	0,00	1.154,55	1.962,80	420,00	0,00	734,55	1.542,80
11	0,00	1.154,55	2.100,59	420,00	0,00	734,55	1.680,59
12	0,00	1.154,55	2.248,05	420,00	0,00	734,55	1.828,05
13	0,00	1.154,55	2.405,87	420,00	0,00	734,55	1.985,87
14	0,00	1.154,55	2.574,76	420,00	0,00	734,55	2.154,76

15	0,00	1.154,55	2.755,51	420,00	0,00	734,55	2.335,51
16	0,00	1.154,55	2.948,94	420,00	0,00	734,55	2.528,94
17	0,00	1.154,55	3.155,96	420,00	0,00	734,55	2.735,96
18	0,00	1.154,55	3.377,51	420,00	0,00	734,55	2.957,51
19	0,00	1.154,55	3.614,61	420,00	0,00	734,55	3.194,61
20	0,00	1.154,55	3.868,36	420,00	0,00	734,55	3.448,36

* tarifa constante.

**tarifa crescente.