

Centro Paula Souza
Etec de Guaianazes
Técnico em Eletrotécnica

AEROGERADORES NA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA: Ampliação do acesso à energia na região Norte do Brasil

Bruno Oliveira Silva¹
Eduardo Santos Alves²
Erick de Freitas Morgado³
Higor FerreiraOliveira⁴
Julio Cesar de Santana Dahi⁵

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo, propor uma discussão teórica que tem como base as pesquisas realizadas a respeito do uso dos aerogeradores, tendo com enfoque um estudo de viabilidade para suprir um déficit na região Norte do país, mais precisamente no Estado do Amapá, em Tartarugalzinho. Visto que neste local houve um evento atípico climático que gerou uma explosão seguida de incêndio nos transformadores mais importantes da subestação da região, conseqüentemente gerou falta de energia na cidade, prejudicando setores essenciais, como, por exemplo: hospitais, delegacias, mercados, farmácias e iluminação pública. Neste sentido, foi executado um estudo completo sobre todos os processos de um aerogerador, bem como suas características, aspectos construtivos e aplicações, sendo elaborada uma proposta de melhoria energética da cidade, utilizando um sistema de geração elétrica, por meio da energia eólica, com armazenamento em baterias estacionárias, com a opção foi utilizar aerogeradores de eixo horizontal, pois, são os mais viáveis para ser utilizado em um futuro parque eólico, e são mais baratos com uma alta eficiência.

Palavras chave: Falta de energia, aerogerador, baterias estacionárias

¹ Técnico em Eletrotécnica, na Etec de Guaianazes – hokage.oliveira1234@gmail.com

² Técnico em Eletrotécnica, na Etec de Guaianazes – eduardosantosalves@outlook.com.br

³ Técnico em Eletrotécnica, na Etec de Guaianazes – erickf.morgado@hotmail.com

⁴ Técnico em Eletrotécnica, na Etec de Guaianazes – higorfoliveira@hotmail.com

⁵ Técnico em Eletrotécnica, na Etec de Guaianazes – juliocesardahi@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Apesar de nossa matriz energética ser hídrica na sua essência, alguns fatores como escassez de chuvas, secas e o baixo nível dos reservatórios, tem reduzido ao longo dos anos drasticamente a geração de energia a partir das usinas hidrelétricas, desta forma, a busca pela utilização de outras fontes de geração de energia (em especial as fontes renováveis) tem sido objeto de estudos e aplicações.

O crescimento do consumo e a busca de novas fontes de energia, desafios presentes no setor elétrico atual faz com que a energia eólica seja uma opção cada vez mais presente nos novos projetos de geração e expansão (Alves, 2010).

Para Alves (2010) a importância do potencial eólico no Brasil tem despertado o interesse de vários fabricantes e representantes dos principais países envolvidos com energia eólica.

Em 03 de novembro de 2020, após forte chuva na região do Amapá, explosão seguida de incêndio comprometeu os três transformadores na mais importante subestação do estado, que fica em Macapá, sendo normalizada após três dias. Muitos foram os impactos sofridos pelo estado e região, entre eles abastecimento de água, internet, entre outros.

O presente trabalho tem por objetivo, propor uma discussão teórica que tem como base as pesquisas realizadas a respeito do uso dos aerogeradores, tendo com enfoque um estudo de viabilidade para suprir um déficit na região Norte do país, mais precisamente no Estado do Amapá, em Tartarugalzinho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos construtivos dos aerogeradores

Um aerogerador é um dispositivo destinado a converter a energia cinética do vento em energia elétrica. A quantidade de energia gerada depende da velocidade do vento, do diâmetro do rotor e do rendimento total do sistema (VITORINO,2012).

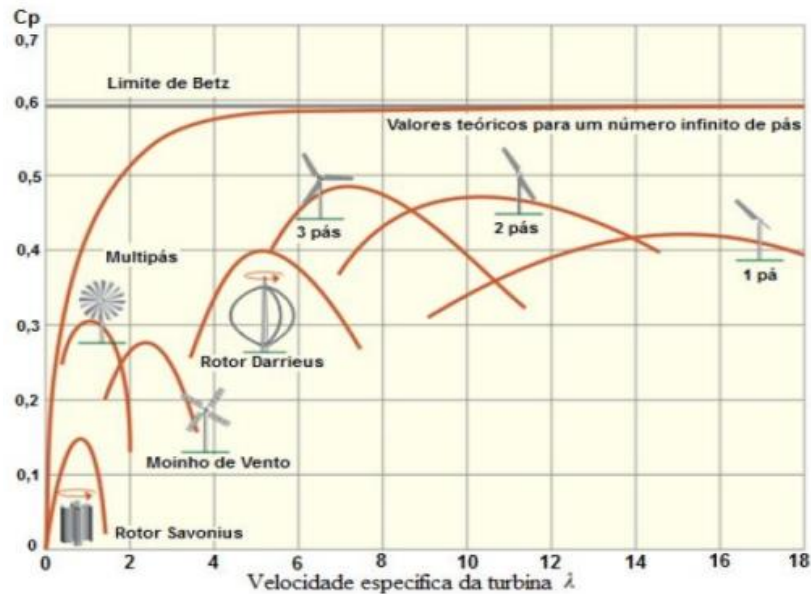
No estudo de geração eólica, como em qualquer outro meio de geração o objetivo é converter o máximo de energia possível da fonte primária. No caso do vento especificamente, a grandeza capaz de mensurar esse

aproveitamento é o coeficiente de potência C_p , que é a quantificação de potência eólica fornecida pelas pás do rotor, ou seja, relação física real para o quanto de energia cinética do vento, será convertida em energia mecânica por meio da rotação das pás do aerogerador, coeficiente esse que pode ser visto como a eficiência do aerogerador (DUTRA, 2008).

Essa grandeza é medida na forma percentual, baseados em ensaios, o alemão Albert Betz chegou ao valor usado como base até o presente momento, de que o coeficiente de potência teórico máximo ao qual se pode ter acesso é igual a 0,59% do total de energia recebida nas pás, esse valor é conhecido como o limite de Betz, vale ressaltar que essa medida é válida para um aerogerador ideal, logo os reais não conseguem alcançar tal marca (HAU, 2006).

Outra grandeza de relevância nesses estudos é a que relaciona velocidade tangencial na ponta da pá, com a velocidade do vento incidente. A essa relação é dada o nome de “tip speed ratio”, que tem como símbolo o lambda λ (HAU, 2006)

Figura 1 – Exemplo de curvas de coeficientes de potência em relação ao coeficiente de velocidade para diversos aerogeradores



Fonte: Hau, 2006, p.101

2.2 Componentes de um aerogerador

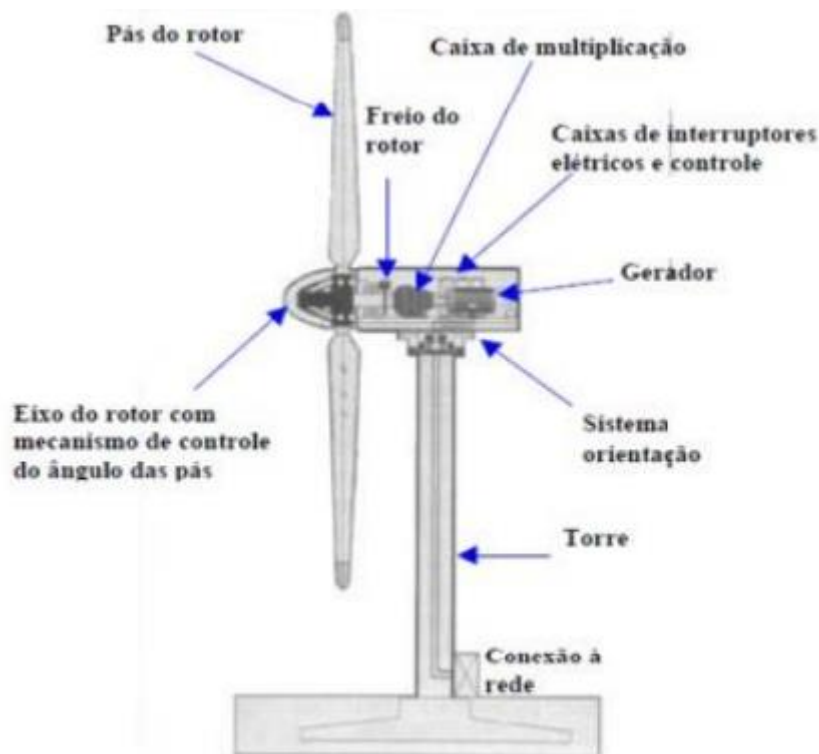
O componente principal denominado aerogerador (turbina eólica) é responsável pela transformação da energia dos ventos em energia elétrica, isso ocorre através desses equipamentos eletromecânicos (DE LIMA FILHO, 2019).

Os aerogeradores disponíveis no mercado são classificados em dois grupos em função da direção do eixo de rotação de seu rotor: vertical e horizontal, ou seja, transversal e paralelo à direção do vento (VITORINO,2012).

Os rotores de eixo vertical são geralmente mais baratos que os de eixo horizontal, pois apenas o rotor gira enquanto o gerador fica fixo (VITORINO,2012).

A figura abaixo demonstra um aerogerador horizontal mostrando seus componentes e subsistemas principais:

Figura 2 - Aerogerador horizontal componentes e subsistemas principais.



Fonte - Estudo de Sistemas de Geração de Eletricidade Utilizando a Energia Solar, Fotovoltáica e Eólica, Macedo 2002.

Conforme Macedo(2002):

A escolha dos elementos que irão compor o rotor de um aerogerador devem ser projetadas com exatidão para atender a proposta de cada estrutura, partindo da análise das pás, que são as responsáveis pela conversão de energia eólica em energia de rotação mecânica (MACEDO, 2002).

As pás acopladas na turbina giram com o contato do vento, onde o mesmo realiza um movimento rotacional. A transferência desse movimento é enviada ao rotor do gerador (RÜNCOS,2000).

No momento da escolha da pá devem ser levados em consideração dois principais fatores: a aerodinâmica e a estrutura.

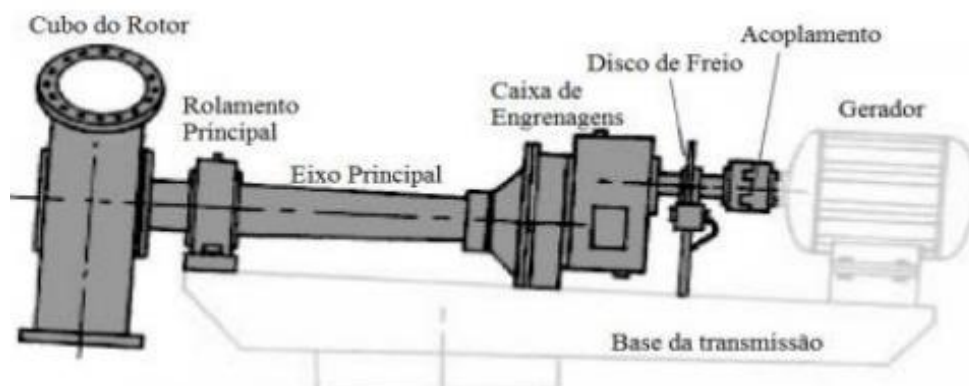
Embora uma alta velocidade de ponta de pá tem maior ruído aerodinâmico que pode culminar em situações de vibração e deflexão extrema, devido à flexibilidade das pás (FADIGAS, 2011).

Sobre o número de pás, quanto maior o número de pás maior a eficiência do rotor, mas do ponto de vista econômico, os ganhos obtidos para modelos com mais de três pás não valem o alto investimento (MACEDO, 2002).

Como visto na análise sobre pás, existem esforços mecânicos severos associados à aerogeradores que tem seu eixo principal rodando próximo a velocidade do eixo do gerador elétrico, geradores elétricos estão rotacionando usualmente na faixa de 1800rpm para geradores de 4 polos (60Hz), enquanto que a rotação no eixo principal dos aerogeradores varia de 15 a 200rpm, para diminuir a diferença de rotação, são usadas as caixas de multiplicação (BURTON, 2001).

Quanto maior a taxa de multiplicação desejada, maior é o investimento em caixas de engrenagens, o alto investimento no equipamento com menor confiabilidade de todo o sistema, fez com que os aerogeradores mais recentes de alto nível de potência gerada utilizem seu eixo principal acoplado diretamente ao eixo do gerador elétrico, deixando de lado o uso das caixas, esse gerador elétrico é um modelo com um maior número de polos a fim de aproximar os níveis rotacionais dos eixos (FADIGAS, 2011).

Figura 3 – Modelos de sistemas de transmissão



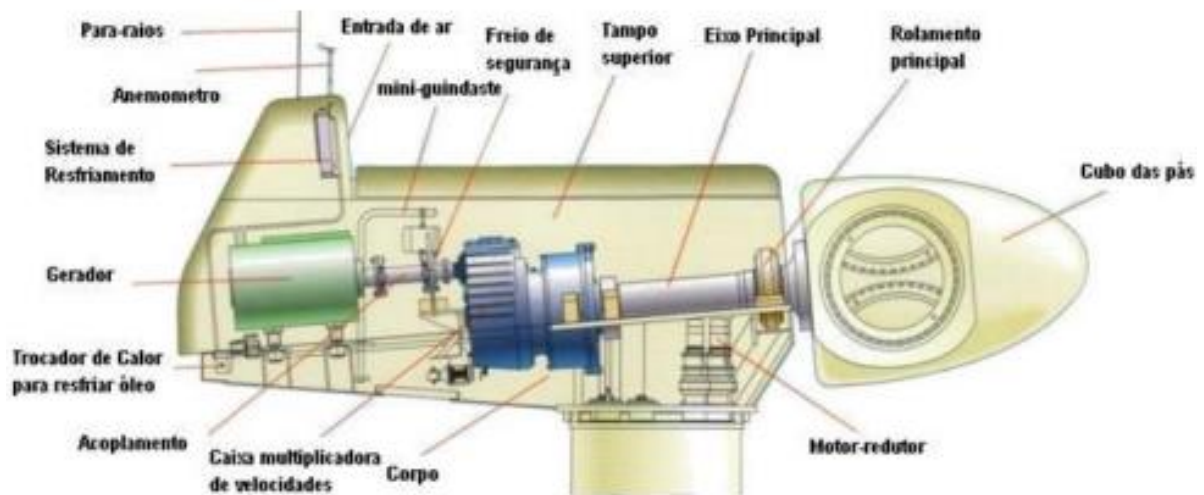
Fonte: Modelagem dinâmica de caixa multiplicadora de velocidades de aerogeradores, UNB 2012, p.12

A caixa de engrenagens é montada em meio ao eixo principal, esse eixo geralmente feito de aço leva esse nome por ter a função de transferência de rotação de toda a estrutura do aerogerador para o eixo do gerador elétrico (VITORINO, 2012).

De acordo com De Lima Filho (2019):

Quando se deu início a essa exploração de fonte de energia, surgiram diversos modelos (eixo vertical, eixo horizontal, com uma, duas e três pás, gerador de indução, gerador síncrono). Ao passar do tempo concretizou-se com as seguintes características: eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, gerador de indução e estrutura não flexível.

Figura 4 – Modelo de nacele



Fonte: Estudo de Sistemas de Geração de Eletricidade Utilizando a Energia Solar, Fotovoltaica e Eólica. Macedo 2002.

Sempre que possível é recomendado o uso de naceles reduzidas, que irão diminuir o peso de sustentação que a torre deve suprir, assim como o custo total do aerogerador (MACEDO, 2002).

Encerrando os componentes estruturais de um aerogerador, temos a base de sustentação, a torre, responsável por sustentar o rotor e a nacelle em uma altura que deve ser no mínimo equivalente ao diâmetro das pás, alturas menores do que 20m do solo não costumam ser utilizadas, pois essa faixa de altura conta com ventos de alta turbulência e baixa velocidade (BURTON, 2001).

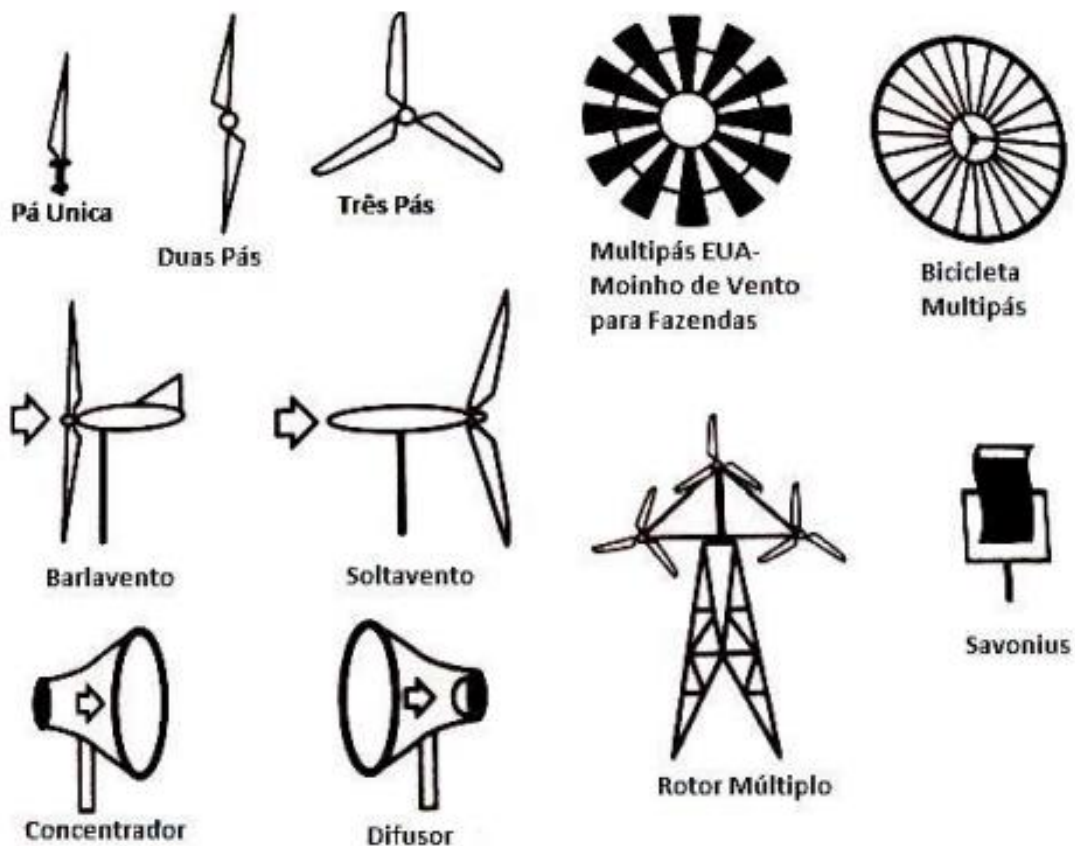
2.3 Modelos de aerogeradores

2.3.1 Aerogeradores de eixo horizontal

Aerogeradores de Eixo horizontal são os que mais se destacam hoje no mercado, em especial sua versão com três pás, esse aerogerador tem em sua o eixo de rotação paralelo ao solo.

A versatilidade desse tipo de estrutura permite que sejam usadas para aplicações de pequenas médias e grandes potências, operando com maior potência por unidade de área na captação de ventos, e em sua maioria com um rendimento final superior ao modelo de eixo vertical (FADIGAS, 2011).

Figura 5 – Modelos de máquinas de eixo horizontal



Fonte - Energia Eólica, Manoel 2011, p.116 adaptado de Manwell (2004).

No Brasil esse tipo de estrutura é a mais usada em parques eólicos, como mostrado na figura abaixo que relata a instalação do complexo eólico de Osório no Rio Grande do sul, composto por aerogeradores de três pás.

Figura 6 - Complexo eólico de Osório-RS



Fonte: Osório. Rs.gov

2.3.2 Aerogeradores de eixo vertical

Mesmo com menos popularidade esse tipo de estrutura está em constante desenvolvimento sendo objeto de estudos em nações com grande poder econômico como é o caso de Alemanha e França (GWEC, 2016).

Dentre os principais motivos de uso desses aerogeradores temos uma vantagem em sua utilização, que se dá pelo fato dos aerogeradores de eixo vertical não precisarem de mecanismos que ajustem a posição do rotor, podendo receber ventos de diversos lados. Outro fator vantajoso é a capacidade de alocação dos componentes principais do aerogerador em solo, o que traz facilidade de instalação, medição ou qualquer tipo de manobra necessária (FADIGAS, 2011).

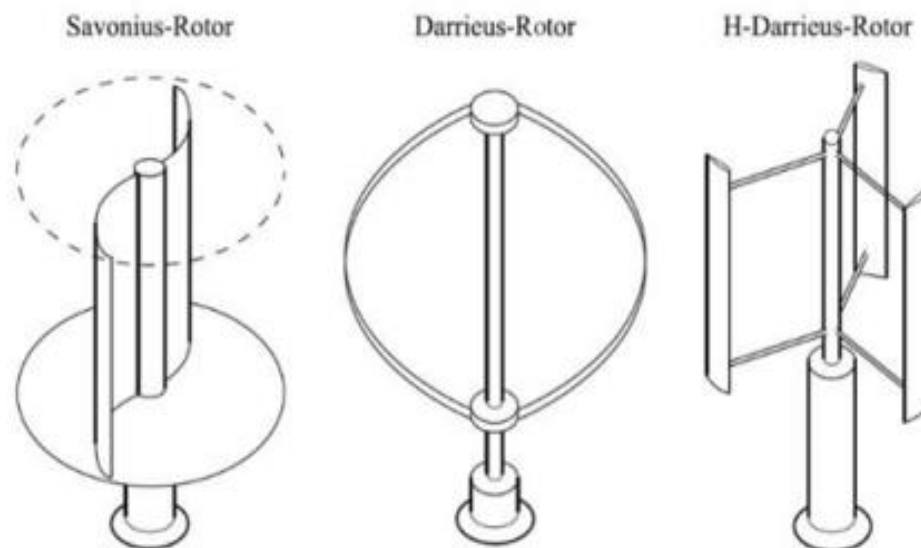
Mas em meio a tantas vantagens temos desvantagens também, e a maior que pode-se citar é a sua manutenção que não é nem um pouco simples, onde é necessário a remoção dos rotores para tal atividade.

Mesmo recebendo ventos de todas as direções as potências dos ventos que incidem sobre esses aerogeradores são menores do que as potências nos modelos de eixos horizontais, entre os modelos mais populares estão o modelo Darrieus, Savonius, modelo eixo vertical tipo H e modelo eixo vertical tipo V (BIANCHI, 2007).

Como sua tensão de saída e frequência variam com a velocidade e a carga, esse modelo não é capaz de ser ligado de forma direta a rede. As

principais vantagens do modelo são o torque de partida alto e simplicidade em sua construção, tendo como desvantagem principal, a incapacidade de o rotor suportar níveis altos dos ventos (JHONSON, 2001).

Figura 7 – Modelos de eixo vertical



Fonte - Wind turbine control systems, Springer 2007, p.13

3.1.1 Conceituação geral sobre o vento

A energia eólica obtida a partir da força dos ventos. Os ventos são o deslocamento de massas de ar, que são originados pelas diferenças de temperatura e pressão (BIANCHI, 2007).

“Outras variáveis locais também podem mudar as características dos ventos, como a localização geográfica, o clima, a rugosidade do solo, altura acima do solo, vegetação, e perturbações no fluxo da corrente de ar como prédios ou árvores” (BIANCHI, 2007).

“Os ventos globais podem ser relacionados ao fato de que o globo terrestre possui um aquecimento desigual entre a região equatorial, que recebe mais calor do que a região dos polos, o ar da região equatorial então mais quente e mais leve tende a subir e se deslocar em direção aos polos onde se encontra um ar mais frio e denso, esse ar frio por sua vez toma o lugar do ar mais leve gerando assim uma troca de massas” (BURTON, 2001).

De acordo com De Lima Filho (2019):

Detalhadamente, sabe-se que o ar é um conjunto de gases, e por isso, está sujeito a todas as características físicas desses fluidos. Sendo assim, o ar quente se expande mais que o frio, tornando-se menos denso e tendendo a subir e sendo substituído pelo ar frio que é mais denso. Como o Sol transfere maior energia para aquelas regiões em que seus raios solares são perpendiculares ou próximos a esse ângulo, sabe-se que no trópico do Equador (local cujo ângulo de ataque solar é 90 graus), a temperatura é maior que nos polos. Pode se concluir que o vento é principalmente gerado pelo maior aquecimento da superfície da Terra perto do Equador do que perto dos polos. Isto faz com que os ventos das superfícies frias circulem dos polos para o Equador para substituir o ar quente que sobe nos trópicos e se move pela atmosfera superior até os polos, fechando o ciclo.

3.1.2 Análise dos ventos no Brasil

O Brasil, por possuir um vasto território (aproximadamente 8.516.000 km²), detém algumas regiões que possuem altos índices de deslocamento de massas de ar, como mostra a figura à seguir:

Figura 8 – Mapa dos ventos do Brasil

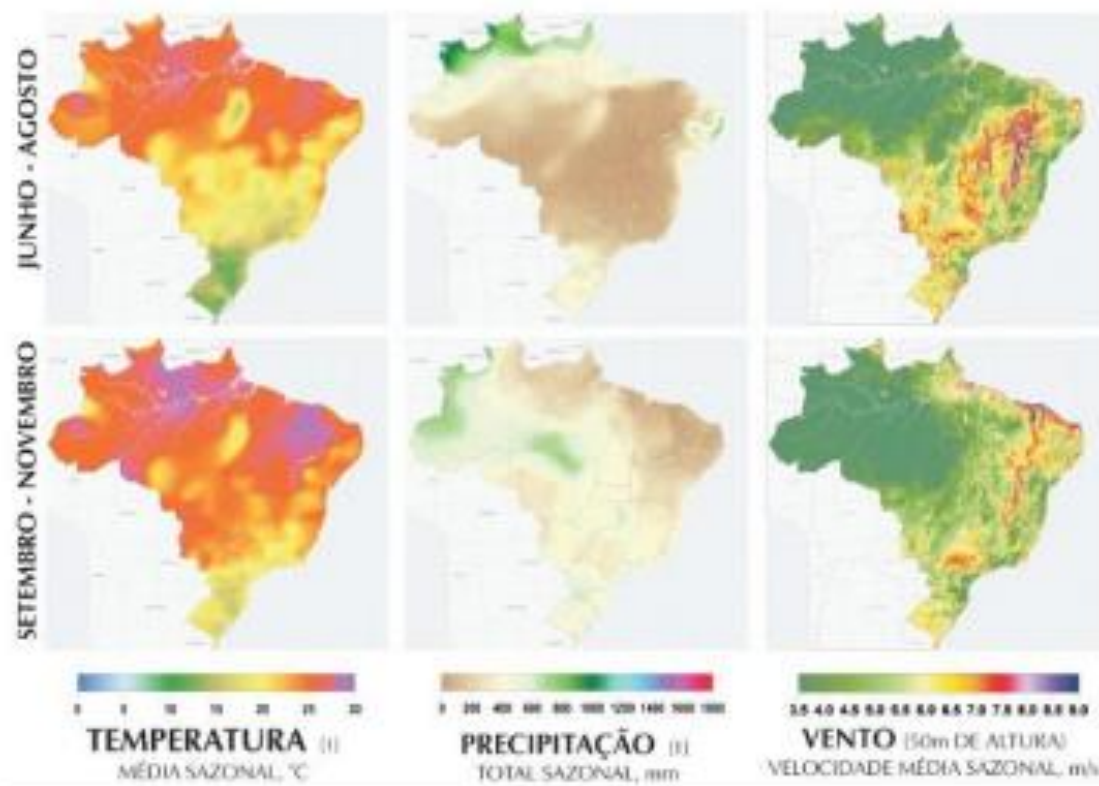


Fonte: SIEólica (UFRGS)

Atualmente, o Brasil é o maior “gerador” de energia eólica em toda América Latina. De acordo com o relatório de 2015 do Global World Energy Council, aponta que o Brasil tem um potencial de geração eólica capaz de atender até três vezes a atual demanda do país.

A mescla de climas também propicia uma taxa de variação constante para os ventos no Brasil entre os exemplos dessa diversidade pode se citar a zona de convergência intertropical ao norte, que se move ao longo do ano acompanhada pelos ventos alísios. Outro exemplo é a ação periódica irregular das massas de ar polares que adentram as regiões Sul e Sudeste em maior intensidade, e ainda as alterações trazidas pela Amazônia e sua enorme área composta por florestas tropicais, com uma alta troca de energia entre água e atmosfera segundo o Atlas de potencial Elétrico Brasileiro (2011).

Figura 9 - Média climatológica sazonal de temperatura, precipitação e velocidade de vento sobre o Brasil.



Fonte: Atlas do potencial elétrico brasileiro, 2001, p.12

3.1.4 Crises elétricas no Norte do Brasil

Recentemente, em 2020, a região Norte do Brasil sofreu o que foi considerado um dos maiores blackouts da história do país, desde o apagão de 1999, que atingiu onze unidades federativas do Brasil e o Paraguai. A crise de energia no Amapá-AP, afetou 13 dos 16 municípios do estado e durou aproximadamente 1 mês e meio.

Em meio a pandemia da COVID-19, a interrupção no fornecimento de energia elétrica colocou em xeque as vacinas à disposição dos 17 mil moradores de Tartarugalzinho, cidade de frágil infraestrutura na floresta do Amapá.

3.1.5 Projeções diante da crise

O cenário negativo de 2020 estimulou o crescimento a longo prazo das energias renováveis, que se tornaram um foco dos consumidores regionais.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), no ano de 2020, 318,34 MW foram liberados para operações comerciais no mês de outubro, sendo 147, 28 MW (46%) em geração eólica.

Já em 2021, começou a ser discutido um projeto de energia eólica para o Amapá, incentivando estudos técnico-científicos acerca do potencial eólico da costa brasileira entre os estados do Amapá, passando por Ceará e indo até o Rio Grande do Norte.

3.1.6 Fornecimento de energia no Amapá

Em 02 de março de 1956, através da lei nº 2.740, o presidente Juscelino Kubitschek autorizou o Governo do Território a organizar a Companhia de Eletricidade do Amapá (CEA) (VIANA, 2017).

A CEA relata o funcionamento da energia elétrica no Amapá antes de sua criação e atuação, onde existiam algumas localidades que possuíam usinas próprias, sendo elas: Macapá, Santana, Laranjal do Jari, Oiapoque, Mazagão, Porto grande, Calçoene e Amapá (VIANA, 2017).

Ainda segundo o mesmo Ministério de Minas e Energia, há uma tabela com a relação do consumo residencial médio mensal do total no país:

Figura 10 – Indicadores do consumo de energia

Indicador	2014	2023	
	sem conservação	sem conservação	com conservação
Energia total			
Intensidade, tep/ R\$ mil de 2010	61,6	60,6	57,5
Consumo per capita, tep/hab	1,26	1,71	1,62
Eletricidade			
Intensidade, kWh / R\$ mil de 2010	130,4	136,6	127,7
Consumo per capita, kWh/hab	2.648	3.853	3.603
Consumo residencial médio mensal, kWh/mês/cons.	169	219	200

Fonte: EPE

Ademais, também é listada uma projeção de consumo e de carga de energia as interligações de Macapá a partir de julho de 2014 e de Boavista a partir de abril de 2016 ao subsistema Norte.

Figura 11 – Elasticidade-renda do consumo de energia elétrica

Ano	Consumo ⁽¹⁾ (TWh)	PIB (R\$ bilhões de 2010)	Intensidade (kWh/R\$[2010])
2014	534,6	4.133	0,129
2018	640,6	4.905	0,131
2023	781,7	6.112	0,128
Período	Variação (% a.a.)	Variação (% a.a.)	Elasticidade
2013-2018	4,5	4,1	1,10
2018-2023	4,1	4,5	0,90
2013-2023	4,3	4,3	1,00

Fonte: EPE

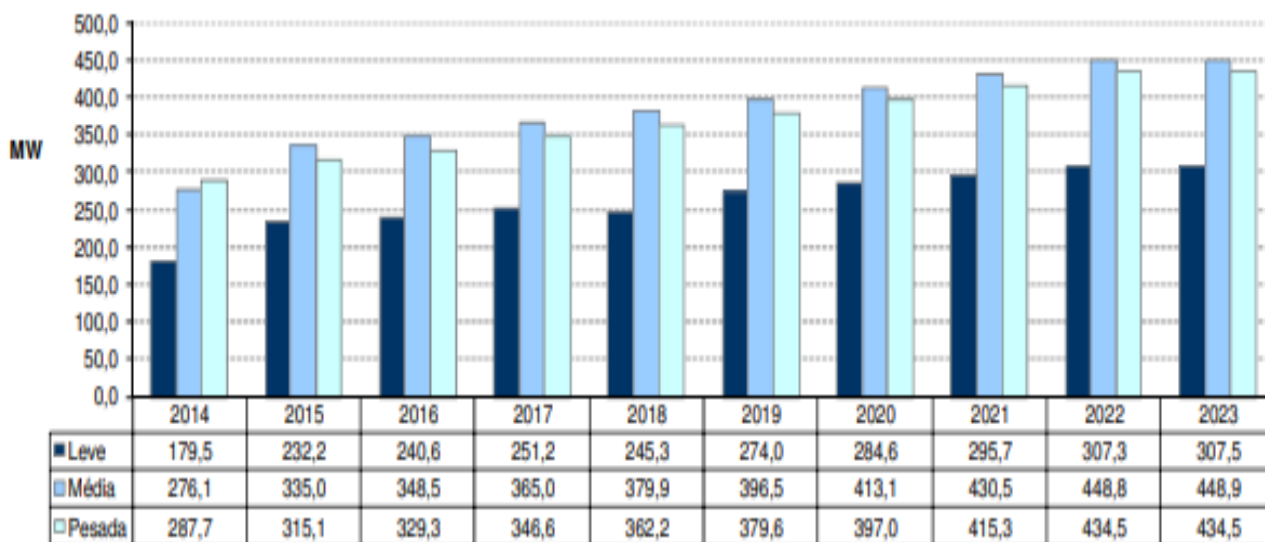
De acordo com Viana (2017):

Destarte, o Amapá contava com perspectivas futuras para uma energia consistente e que suportasse a demanda crescente no estado, diante da elevação do consumo pelas residências, fator esse, implacável, que ocasionou vários momentos de racionamento. Após, anos de uma energia pertencente ao sistema isolado, e contando apenas com uma usina hidrelétrica e térmicas, o Amapá finalmente, em 2015 entrou no circuito de interligação nacional, vindo a fazer parte do Sistema Interligado Nacional (SIN).

O Amapá passa a fazer parte do circuito de estados que compõem o Sistema Integrado Nacional (SIN), a partir de 2015. Mas para compor essa rede, a CEA teve que fazer investimentos para preparação ao recebimento da energia vinda da interligação. Com isso, foi criado um Termo de Referência que previa a realização de uma licitação para contratação de uma empresa que realizaria a construção das linhas de subtransmissão para conexão do Sistema Elétrico do Amapá ao SIN (TERMO DE REFERÊNCIA/ CEA).

A evolução da carga do sistema isolado do estado do Amapá que será atendida pelo SIN a partir da sua interligação ao SIN, em 2014, para os três patamares (pesada, média e leve), é apresentada na Figura 18. Observa-se que o crescimento médio anual da carga pesada é da ordem de 4,7%.

Figura 12 – Evolução da carga do Estado do Amapá



Fonte: EPE

3 METODOLOGIA

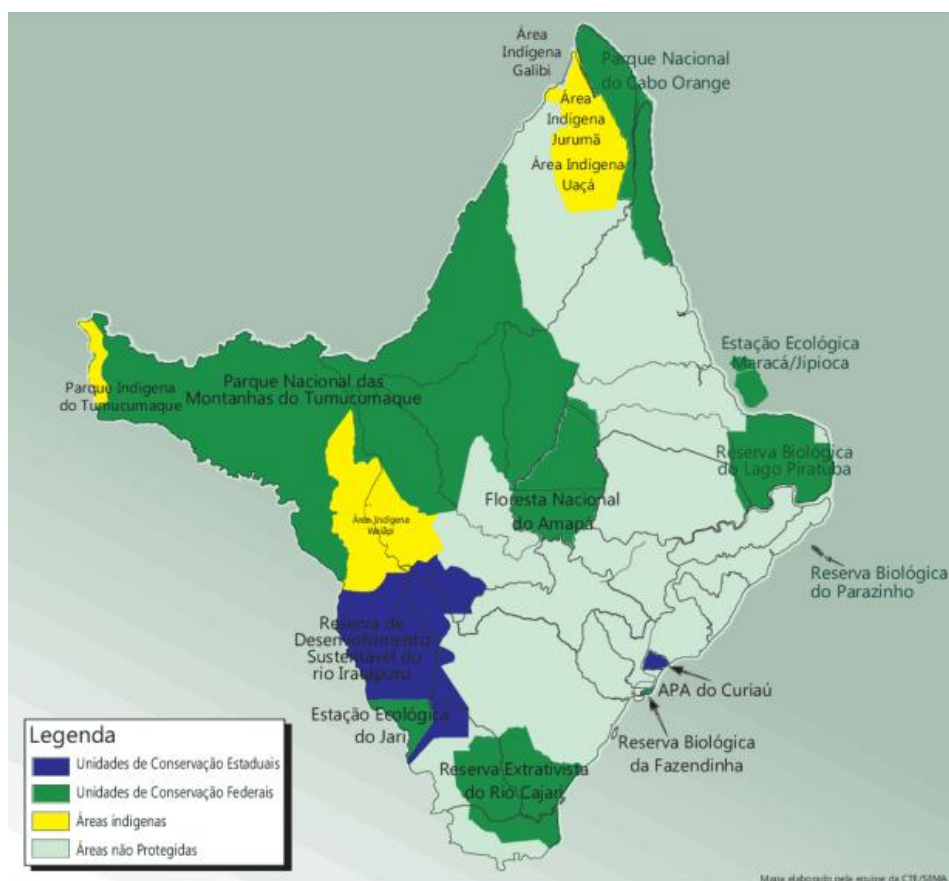
Para metodologia foi elaborado uma revisão bibliográfica sobre os aerogeradores, suas características, aspectos construtivos e aplicações, bem como da matriz energética brasileira e a energia eólica no Brasil. É apresentado uma proposta de aplicação de um sistema de geração de energia eólica, através de um estudo de caso para a cidade de Tartarugalzinho.

3.1 Estudo de caso

3.1.1 Energia eólica no Amapá - ponto de atenção

Atualmente não existem estações de mediação do vento no Amapá, haja vista que o estado conta com inúmeras unidades de conservação e áreas indígenas, como mostra a figura 13 à seguir.

Figura 13 – Unidades de conservação do Amapá



Fonte: Equipe CTE

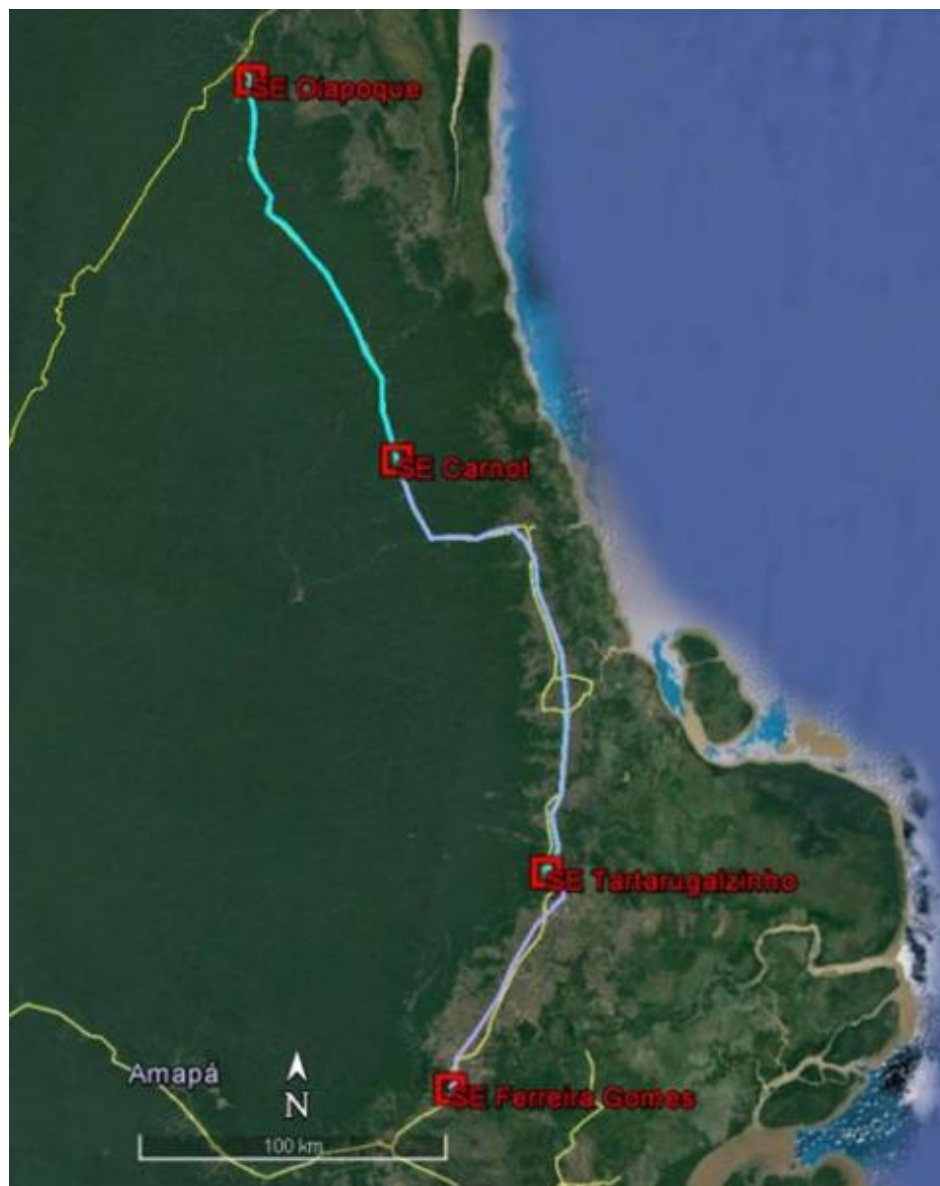
Todavia, em detrimento das recentes crises energéticas que assolaram o Estado, é inegável que existe um déficit a ser suprido.

Dentre as regiões com bom potencial eólico e com pouca parte de seu território preenchido por unidades de conservação, destaca-se o município de Tartarugalzinho, que conta com uma população de aproximadamente 18 mil habitantes (de acordo com o levantamento do IBGE de 2021) e um território total de 6.684.705 km².

Dentro deste contexto será proposto a produção de energia eólica com armazenamento em baterias na região de Tartarugalzinho, visando situações emergenciais, principalmente pelo fato de o município ser um dos mais carentes em infraestrutura no Estado do Amapá.

Na figura 14 abaixo, é mostrado um trecho de distribuição que atende a região.

Figura 14 – Trecho Tartarugalzinho – Carnot (em 138kV)

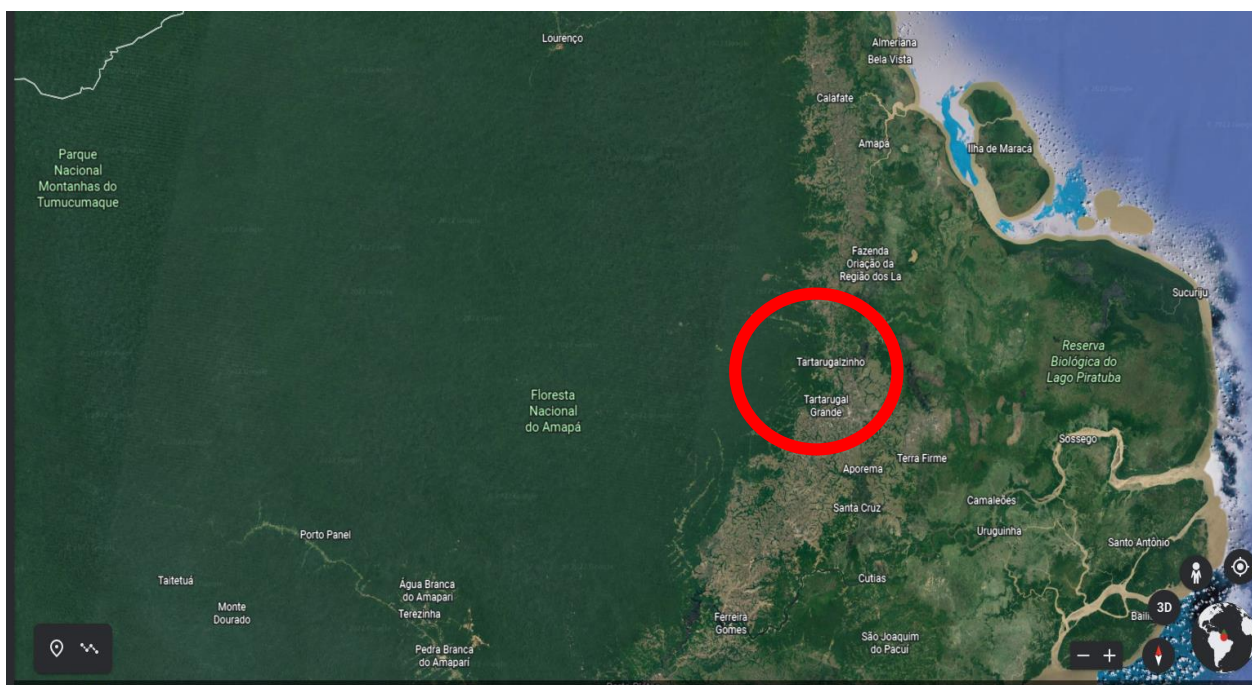


Fonte: EPE

3.1.2 Sugestão de uso da energia eólica

Para melhor entendimento e compreensão da relevância desta aplicação, podemos verificar através da figura 15, porque a região de Tartarugalzinho sofreu por um período maior com a falta de energia, ou seja, a sua localização e características implicam em ficar em último plano para reposição da energia elétrica.

Figura 15 - Estado do Amapá com destaque da região de Tartarugalzinho

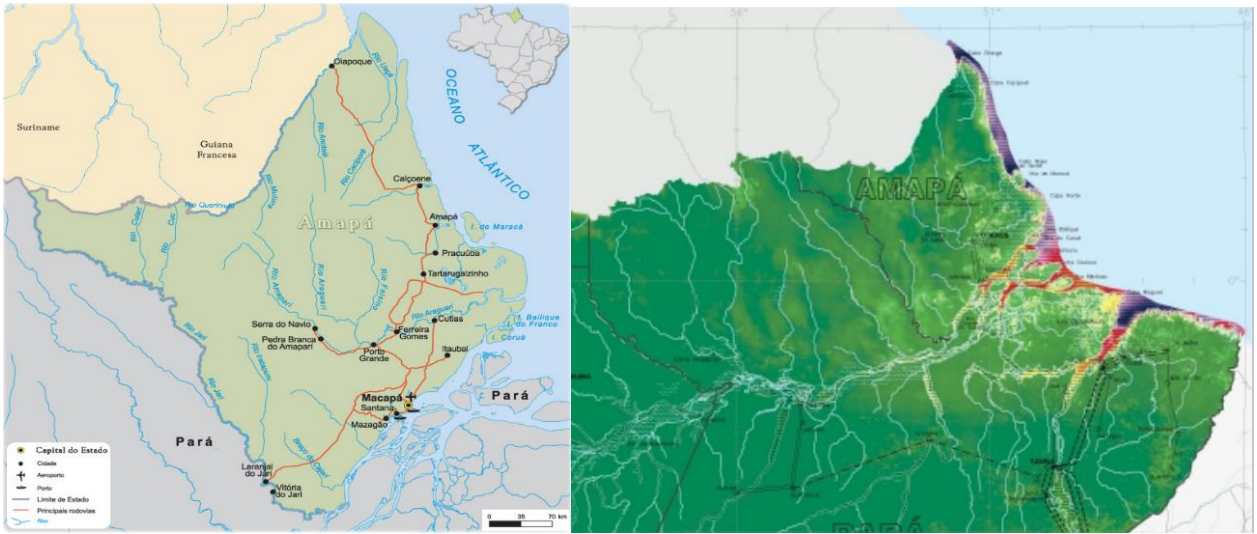


Fonte: Google Earth

Considerando o atual consumo de energia elétrica na região de Tartarugalzinho, têm-se como sugestão a utilização de aerogeradores de médio porte (20 a 250kW), para serem usados em situações emergenciais, como a até então supracitada crise em 2020.

Através do mapa de ventos da região norte, podemos verificar que a região de cidade escolhida tem uma média de velocidade em torno de 7,5 a 8m/s.

Figura 16 – Estado do Amapá em comparação com o mapa dos ventos da região Norte



Fonte: SIEólica (UFRGS)

A figura 17 é uma apresentação do Município de Tartarugalzinho através de uma imagem obtida através do Google Earth.

Figura 17 - Município de Tartarugalzinho



Fonte: Google Earth

Para melhor visualização do projeto proposto, será apresentado dois cenários através das figuras 18 e 21, sendo que na figura 18, é apresentado o cenário atual do Município.

Figura 18: Cenário atual do Município



Fonte: O autor

Pensando em um projeto que visa atender situações emergenciais, recomenda-se a instalação dos aerogeradores de 100kW (ver figura 19) com um conjunto de baterias estacionárias (ver figura 20), haja vista que Tartarugalzinho já é interligado ao SIN e que existem diversas unidades de preservação no local, fato que impossibilita a construção de uma grande usina eólica.

Figura 19: Aerogerador XANT 100kW



Fonte: Energiapura

Especificações técnicas Aerogerador XANT 100kW:

Diâmetro do rotor: 21 m;

Peso da torre: 7.5 toneladas;

Peso total: 14 toneladas (torre de stand-alone)

Pegada +/- 15m² (Torre de stand-alone);

Velocidade do vento inicial: 3 m/s;

Velocidade máximo do vento: 59.5 m/s;

Potência nominal: 100 kW; Saída elétrica: 400 VAC. 50 – 60 Hz;

Faixa de temperatura: – 40 ° C a + 50 ° C;

Eixo de rotação: Horizontal; Orientação do rotor: A favor do vento;

Número de pás: 3;

Emissão de ruído em 8 m/s: 45 dB (A). a 100 m;

Temperaturas de operação: de -20 ° C até + 40 ° C;

Trem de acionamento: Drive direto gerador de ímã permanente;

Regulação de potência: Velocidade variável e tenda com lâminas aero elastically-adaptados; Sistemas de Freio: Elétrico e freio eletromecânico;

Uso de baterias estacionárias

Figura 20: Bateria estacionária



Fonte: Catálogo Freedom

As baterias estacionárias para energia eólica consistem em placas positivas tubulares, ou empastadas, que possuem grade de liga de chumbo e cálcio estanho.

Existem algumas características que facilitam a resistência que as baterias estacionárias para energia eólica possuem a grandes descargas, por um longo período, de maneira a se tornarem vantagens no emprego das baterias estacionárias para energia eólica.

As baterias estacionárias para energia eólica oferecem uma robustez que é caracterizada a partir de uma longa duração de vida dentro de condições específicas de flutuação, oferecendo uma excelente relação entre custo-benefício, além de oferecer uma relação igualmente excelente no que diz respeito à qualidade e ao desempenho.

Uma vez definidos os equipamentos que irão compor o projeto proposto, é apresentado através da figura 21, o cenário proposta da instalação. É importante destacar, que o cenário proposto é meramente ilustrativo, não correspondente uma instalação definitiva, porque há necessidade de serem realizados mais estudos “in loco” para avaliar as possibilidades para instalação e avaliação do sistema.

Figura 21: Cenário proposto para o Município



Fonte: O autor

Avaliação do Projeto

Considerando os dados pesquisados sobre o consumo médio de energia elétrica residencial no Brasil (152,2kWh), estima-se que o projeto poderia atender, em situações emergenciais e com os aerogeradores de 100kW, um total de 10% da cidade. Portanto, para colocá-lo em prática seria necessário priorizar o fornecimento de estabelecimentos de atividades essenciais para o funcionamento da cidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, foi realizado um estudo teórico sobre o funcionamento e a construção dos aerogeradores, além da análise e compreensão do fornecimento de energia no Amapá, com ênfase para a região de Tartarugalzinho.

Em detrimento das pesquisas desenvolvidas, constatou-se os aerogeradores de eixo horizontal são os mais viáveis para utilizar em um futuro parque eólico no Amapá, haja vista que os mesmos são mais baratos e apresentam maior eficiência.

Por fim, o grupo apresentou uma sugestão referente ao uso de energia eólica no Amapá, considerando todos os dados do atual consumo de energia na região, pensando também nas projeções futuras, citadas no estudo de caso.

ABSTRACT

The present work aims to propose a theoretical discussion based on research carried out on the use of wind turbines, focusing on a feasibility study to supply a deficit in the North region of the country, more precisely in the State of Amapá, in little turtle. Since in this place there was an atypical climatic event that generated an explosion followed by fire in the most important transformers of the substation in the region, consequently generating a lack of energy in the city, harming essential sectors, such as, for example: hospitals, police stations, markets, pharmacies and Street lighting. In this sense, a complete study was carried out on all the processes of a wind turbine, as well as its characteristics, constructive aspects and applications, with a proposal for the energy improvement of the city, using an electric generation system, through wind energy, with storage in stationary batteries. Through the research carried out, it was found that the best option was to use horizontal axis wind turbines, as they are the most viable to be used in a future wind farm, and are cheaper with high efficiency.

Keywords: Power outage, wind turbine, stationary batteries

REFERÊNCIAS

- ALVES, Jose Jakson Amancio. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 6, n. 1, 2010.
- DUTRA, Ricardo Marques. **ENERGIA EÓLICA: PRINCÍPIOS E TECNOLOGIA**. 2008.
- HAU, E. **Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics**. 2006.
- MACEDO, Isaias Carvalho de. **Estado da arte e tendências tecnológicas para energia**. 2002.
- FADIGAS, A. Faria Amaral. **Energia Eólica**. 2011.
- BURTON, T.; JENKINS, N.; SHARPE, D.; BOSSANYI, E. **Wind Energy Handbook**. 2001.
- VITORINO, C.R.S. **Modelagem dinâmica de caixa multiplicadora de velocidades de Aerogeradores**. 2012.
- GWEC – Global Wind Energy Council. 2016.
- BIANCHI, F. D.; BATTISTA, H.; MANTZ, R. J. **Wind Turbine Control Systems Principles, Model and Gain Schedu Design**. 2007

JHONSON, Gary L. **Wind Energy Systems**. 2001.

HENDERSON, Deyvid Santos Moreira Maciel; DE BRITO, Ronnan Cardoso. **ANÁLISE ESTÁTICA DO SISTEMA ELÉTRICO DO AMAPÁ VIA SOFTWARE ANAREDE**, 2015.

RODRIGUES, Leandro de Souza. **UM ESTUDO NUMÉRICO E ESTATÍSTICO DA VARIABILIDADE DO VENTO NA AMAZÔNIA ORIENTAL (AMAPÁ E PARÁ –BRASIL)**, 2016.

LACERDA, Ricardo Baitelo; JUNQUEIRA, Ricardo Fujii. **REVOLUÇÃO ENERGÉTICA: UM CENÁRIO ENERGÉTICO SUSTENTÁVEL PARA 2050**. 2014.

DE LIMA FILHO, Antonio Carlos. UM BREVE ESTUDO SOBRE O AVANÇO DA ENERGIA EÓLICA. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada-UNG-Ser**, v. 3, n. 1, p. 31-38, 2019.

RÜNCOS, Fredemar et al. Geração de energia eólica tecnologias atuais e futuras. **WEG Maquinas-GRUCAD-EEL-TET-UFSC**, 2000.

VIANA, INAJARA AMANDA FONSECA. **ESTUDOS SOBRE O SETOR ENERGÉTICO NO ESTADO DO AMAPÁ E SUA INFLUÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO LOCAL, ENTRE 1943 A 2015**, 2017.