



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

IGOR ANTÔNIO DE CARVALHO FERREIRA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA
DE USO DE ENERGIA EÓLICA E ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA
UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE E UMA RESIDÊNCIA NO DISTRITO DE
FAZENDA NOVA - PE**

Caruaru

2022

IGOR ANTÔNIO DE CARVALHO FERREIRA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA
DE USO DE ENERGIA EÓLICA E ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA
UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE E UMA RESIDÊNCIA NO DISTRITO DE
FAZENDA NOVA - PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo
científico, como requisito parcial para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Eduardo Gomes Diniz.

Caruaru

2022

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço, por ter uma formação cristã, primeiramente a Deus, pois não cairia uma folha sequer de qualquer árvore que seja se Sua permissão não fosse concedida. Então, se cheguei até aqui, prestes a concluir meu ensino superior, houve Seu consentimento.

Em segundo, agradeço à minha base, que é minha família: aos meus pais, por terem me dado sempre a oportunidade de estudar; à minha avó materna, que não se encontra mais neste plano, mas que foi sempre muito presente em minha vida, sendo, para mim, uma segunda mãe; à minha irmã, pela consideração de irmão que existe de um para com o outro; e ao meu tio Sonival Francisco, que, assim como minha avó, concluiu sua trajetória neste mundo, mas deixou grandes marcas em nossa memória, quais sejam, “leveza de coração”, bons sentimentos pelo próximo e alegria.

Agradeço a todos os meus professores, que contribuíram para minha formação acadêmica. Nesse sentido, um agradecimento especial ao professor Flávio Diniz, por ter me ajudado nesta atual etapa, com paciência, dedicação, competência, magnanimidade e bom-humor.

E, por fim, aos amigos e aos colegas que estiveram presentes em momentos de descontração e de tensão emocional.

Estudo comparativo entre a viabilidade técnica e econômica de uso de energia eólica e energia solar fotovoltaica para uma empresa de pequeno porte e uma residência no distrito de Fazenda Nova - PE.

Comparative study between the technical and economic feasibility of using wind energy and photovoltaic solar energy for a small business and a residence in the Fazenda Nova district - PE.

Igor Antônio de Carvalho Ferreira¹

RESUMO

Neste trabalho, foram abordadas questões envolvidas com a energia eólica e a energia solar fotovoltaica, desde quando a humanidade passou a usar a energia contida nos ventos até como foi descoberto que a radiação solar poderia ser fonte de energia elétrica, e o aprimoramento desse conhecimento. Também foram feitos esclarecimentos sobre o potencial eólico e o solar fotovoltaico no mundo e no Brasil, e sobre as normativas dos sistemas de micro e de minigeração de eletricidade ligados à rede pública. Como o objetivo foi comparar a viabilidade técnica e econômica do uso de energia eólica e energia solar fotovoltaica para atender ao consumo de uma empresa de pequeno porte e uma residência, a pesquisa foi continuada com o propósito de encontrar empresas desses dois setores de energia. No caso do setor de energia eólica, foi difícil encontrar uma companhia que se propusesse a construir um sistema *on-grid* para a solicitação dos estabelecimentos. Apenas uma fez uma proposta, porém insatisfatória. Já em relação ao setor de energia solar fotovoltaica, houve bastante facilidade em encontrar empresas para resolver a demanda em pauta. Foi recorrido a dados e a ferramentas para estimar o custo caso a escolha fosse dada ao sistema de energia eólica, e foi constatada uma demasiada inviabilidade técnica e econômica. O que não necessitou ser feito para a proposta das empresas do setor solar fotovoltaico, apenas a avaliação da oferta mais estratégica. Por fim, a conclusão de que o sistema de energia eólica é inadequado para suprir o consumo de energia elétrica das unidades, sendo indicado o sistema de energia solar fotovoltaica.

Palavras-chave: energia distribuída; energia eólica; energia solar fotovoltaica.

¹ Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: igor.antonio@ufpe.br

ABSTRACT

In this work, issues involved with wind energy and photovoltaic solar energy were addressed, from when humanity started to use the energy contained in winds to how it was discovered that solar radiation could be a source of electrical energy and the improvement of this knowledge. Clarifications were also made about the wind and solar photovoltaic potential in the world and in Brazil, and about the regulations for micro and mini electricity generation systems connected to the public grid. As the objective was to compare the technical and economic viability of using wind energy and photovoltaic solar energy to meet the consumption of a small business and a residence, the research was continued with the purpose of finding companies in these two energy sectors. In the case of the wind energy sector, it was difficult to find a company that proposed building an on-grid system for establishments to request. Only one made a proposal, but it was unsatisfactory. In relation to the photovoltaic solar energy sector, it was quite easy to find companies to solve the demand in question. Data and tools were used to estimate the cost if the choice was given to the wind energy system, and it was found that it was too technically and economically unfeasible. This did not need to be done for the proposal from companies in the solar photovoltaic sector, just the evaluation of the most strategic offer. Finally, the conclusion that the wind energy system is inadequate to meet the electrical energy consumption of the units. The photovoltaic solar energy system is recommended.

Keywords: distributed energy; wind energy; photovoltaic solar energy.

DATA DA APROVAÇÃO: 8 de novembro de 2022.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a principal fonte de energia elétrica está nas usinas hidrelétricas, que depende do regime de chuvas para a produção. Dessa forma, a tarifa de energia elétrica fica muito vulnerável, e foi o que justificou os vários aumentos no preço só no ano passado, a saber que estamos vivenciando a maior crise hídrica das últimas nove décadas. E para suprir a deficiência das usinas hidrelétricas, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) acionou usinas termelétricas, que têm um custo de produção mais elevado que as hidrelétricas (UOL, 2021). De 2015 a 2021, a conta de energia acumulou um aumento de 114%, mais que o dobro da inflação para o mesmo período. Face a esse problema, surgem alternativas ambientalmente corretas, pois se utilizam de recursos limpos e renováveis (CNN BRASIL, 2022).

A energia elétrica gerada a partir dos ventos ou da incidência solar não agride o meio ambiente, pois não lança na atmosfera gases de efeito estufa, o que está em consonância com acordos formalizados por vários países, como o Acordo de Paris, do qual o Brasil faz parte, e que se preocupa em alterar o menos possível o clima global (CEBDS, 2019). Além dessa responsabilidade ecológica, a geração distribuída, isto é, a produção que ocorre próximo do consumidor, tem o potencial de mitigar a dificuldade que uma parte da população ainda enfrenta no acesso à eletrificação de suas residências. E, segundo o IBGE *apud* WWF (2020), mais de dois milhões de brasileiros em 2019 não tinham acesso à energia elétrica.

Quando se fala em produção distribuída de energia elétrica, pensa-se logo em energia solar fotovoltaica. Essa tem ganhado muita aceitação não só no país, mas no mundo, uma vez que sua implantação é fácil, possui baixo custo de manutenção, e o no Brasil, dada sua área e localização geográfica, favorece-se bastante esse tipo de sistema (LANDIN, 2010 *apud* AMARAL, 2015). No âmbito de produção de energia elétrica, apesar de a energia eólica liderar em relação à energia solar fotovoltaica, seja nacional, seja internacionalmente, o que é percebido é que essa última fonte está sendo expandida com mais celeridade (PORTAL SOLAR, 2020).

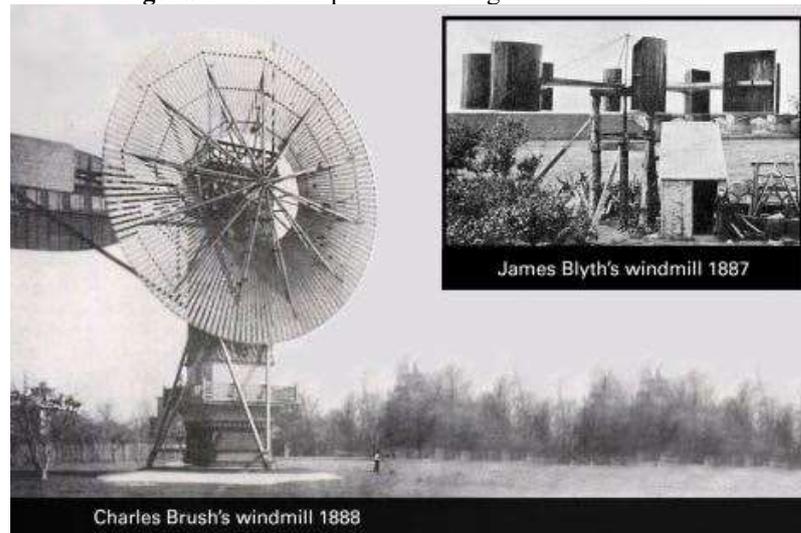
Então, é buscado avaliar, nesta pesquisa, a viabilidade técnica e econômica de um sistema de energia eólica e a de um sistema de energia solar fotovoltaica, e identificar qual dos dois sistemas se mostra mais vantajoso para microgeração de energia elétrica associada ao consumo de uma panificadora de pequeno porte e uma residência situadas no distrito de Fazenda Nova – PE. Essas duas edificações se localizam em ruas diferentes, porém pertencem à mesma família.

Para que o objetivo seja alcançado, a pesquisa será feita do seguinte modo: contatando-se companhias do setor eólico e analisando-se suas propostas, bem como fazendo-se o mesmo para o setor solar fotovoltaico. Por fim, comparando-se os dois setores para se descobrir qual será mais adequado.

1.1 Energia eólica

Desde o princípio, o homem extrai da natureza formas de energia para sua sobrevivência e para realização de seus trabalhos. Inicialmente, foi utilizada a queima de biomassa. Posteriormente, os egípcios utilizaram a força dos ventos para ajudar os escravos na propulsão de barcos. Passados alguns milhares de anos, os persas construíram moinhos de vento para moagem de grãos. Os moinhos foram sendo aprimorados em outros países, como por exemplo na Holanda, que utilizava essas construções para drenagem de áreas alagadas, e até hoje ela é famosa por seus belos moinhos de vento. Por volta do século XX, a economia estava crescendo e, com isso, houve um aumento significativo da necessidade de energia elétrica. O preço do barril de petróleo estava alto, e as ideias de produção renovável de energia estavam se proliferando. Todos esses fatores impulsionaram o uso da força dos ventos para produção de energia elétrica (PIRES; OLIVEIRA, 2009).

O primeiro moinho para geração de energia elétrica era dotado de eixo vertical e foi construído em Glasgow, na Escócia, em 1887, pelo professor James Blyth. Uma torre de 10 metros de altura e que possuía 8 pás. Sua produção elétrica carregava baterias que alimentavam a iluminação de sua casa. No ano seguinte, em 1888, em Ohio, nos EUA, Charles Brush finalizou a construção de um moinho de vento de eixo horizontal com sua empresa de engenharia. Esse moinho tinha 17 metros de diâmetro, contava com 144 lâminas e era sustentado por uma torre de 18 metros. Funcionava carregando um banco de baterias que alimentavam a carga de seu laboratório (iluminação e funcionamento de alguns motores). Na Figura 1, são mostrados esses dois primeiros aerogeradores da História (MME, 2014 *apud* PIMENTEL, 2018).

Figura 1 – Os dois primeiros aerogeradores do mundo

Fonte: Pimentel (2018)

A produção em larga escala de aerogeradores ocorreu na década de 1930. Os EUA lançaram uma extensa produção entre as décadas de 1930 e 1960, tanto para o interior quanto para o exterior do país. Entre as décadas 1950 e 1960, quando as redes de distribuição de energia também passaram a atender ao meio rural, houve uma queda na produção de aerogeradores (AMARANTE, 2001 *apud* PIMENTEL, 2018). Entretanto, na década de 1970, voltou a crescer por conta da crise de petróleo. Outros países, como a Dinamarca, também foram estimulados a ser pioneiros nessa “corrida” (SHAHAN, 2014 *apud* PIMENTEL, 2018).

1.1.1 Tipos de aerogerador

Os aerogeradores podem ser divididos em dois grandes grupos: o dos que possuem rotor de eixo horizontal e o dos que possuem rotor de eixo vertical. Os aerogeradores de rotor de eixo horizontal foram os mais desenvolvidos ao longo do tempo e são os mais utilizados hoje, formando inclusive os parques eólicos, que podem ser instalados em terra firme (*onshore*) ou no mar (*offshore*). São movidos predominantemente por força aerodinâmica de sustentação (*lift*), mas também de arrasto (*drag*). Esses necessitam estar em posição perpendicular ao escoamento do vento para funcionar adequadamente. Em função disso, são desenvolvidos sistemas de orientação. Podem ter apenas uma hélice, duas, três (o caso mais comum) ou ser multipás (PIMENTEL, 2018). Na Figura 2, é mostrado um parque eólico formado por aerogeradores de eixo horizontal, com três pás cada turbina.

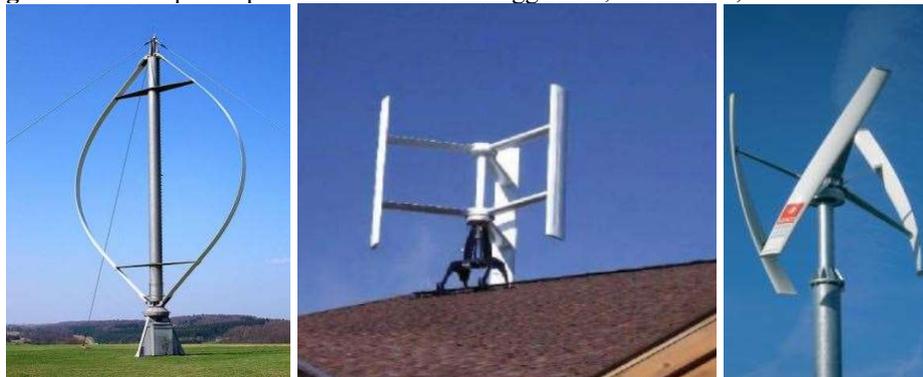
Figura 2 – Complexo de parques eólicos em João Câmara, RN, “a capital nacional dos ventos”



Fonte: Senado Federal (2022)

Já os aerogeradores de eixo vertical englobam dois grandes representantes de patente. Um deles é a Darrieus, que possui modelos movidos por força aerodinâmica de sustentação. O Darrieus *eggbeater* possui lâminas desenvolvidas com base nas asas de avião. É um modelo pouco utilizado. O Darrieus H, como o próprio nome sugere, lembra essa letra. É provavelmente o tipo mais utilizado da Darrieus quando a intenção é pequena geração de energia. Por fim, o Darrieus helicoidal, que apresenta menor ruído e menor estresse em sua estrutura, aumentando sua vida útil (PIMENTEL, 2018). Na Figura 3, são mostrados esses tipos de aerogeradores.

Figura 3 – Da esquerda para a direita: Darrieus eggbeater, Darrieus H, Darrieus helicoidal

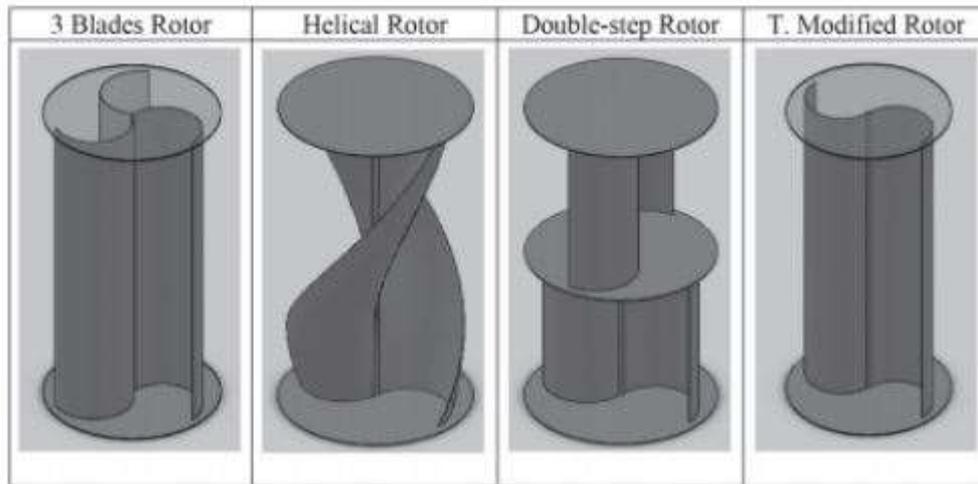


Fonte: Pimentel (2018)

O outro grande representante patentado de aerogerador de rotor de eixo vertical é a Savonius. Esse possui turbina formada por duas ou mais conchas em sentidos opostos que, por meio de força aerodinâmica de arrasto, é posto a girar. É um aerogerador simples e econômico.

Várias alternativas foram desenvolvidas no intuito de melhorar o rendimento dessa turbina (PIMENTEL, 2018). Na próxima figura, são mostrados exemplos.

Figura 4 – Vários modelos de aerogerador da Savonius



Fonte: Pimentel (2018)

1.2 Energia solar fotovoltaica

A descoberta do fenômeno fotovoltaico ocorreu no século XIX, quando o físico Becquerel demonstrou em 1839 que era possível converter radiação solar em energia elétrica, por meio da incidência da luz do Sol em um eletrodo posto em uma solução de eletrólito. Esse mesmo efeito foi percebido em 1877 por Adams e Day ao utilizar um sólido de selênio. Seis anos mais tarde, foi desenvolvida a primeira célula fotovoltaica, composta por selênio e com uma eficiência de cerca de 1% na conversão de energia solar em elétrica (ALVES, 2019).

Outros nomes foram importantes para uma compreensão mais aprofundada do fenômeno fotovoltaico e o melhoramento da tecnologia envolvida para produção de energia elétrica. Em 1941, Olh desenvolveu a primeira célula fotovoltaica de silício monocristalino, e em 1954 foi desenvolvida a primeira célula fotovoltaica com características semelhantes às das células atuais, como uma eficiência de 6%. Cinco anos depois, uma tecnologia para produção de células de silício policristalino foi criada, o que diminuiu o custo de confecção (ALVES, 2019).

A primeira aplicação prática dos sistemas de energia solar fotovoltaica ocorreu em satélites, mas a partir da década de 1970 o uso terrestre ultrapassou o espacial, e essa diferença vem aumentando exponencialmente. Atualmente os estudos se concentram em melhorar a eficiência das células sem agredir o meio ambiente (ALVES, 2019).

1.3 Potencial eólico e solar fotovoltaico no mundo e no Brasil

De acordo com o portal eletrônico Noctula (2021), o Conselho Global de Energia Eólica divulgou em março de 2021 o Relatório Global de Energia Eólica referente ao ano anterior. Nele foi apresentado que no ano de 2020 foi atingido um novo recorde na esfera da energia eólica: foram 93 GW de novas instalações no mundo, o que significa um aumento de mais de 50% em relação a 2019 e que, de certa forma, essa indústria demonstrou certa resistência à pandemia de Covid-19. Ainda sobre 2021, a potência eólica mundial instalada chegou a 743 GW. Na Tabela 1, estão os principais países quanto à utilização de energia eólica.

Tabela 1 – Principais países na utilização de energia eólica para produção de energia elétrica em 2021

País	Potência instalada (GW)
China	221,0
EUA	96,4
Alemanha	59,3
Índia	35,0
Espanha	23,0
Reino Unido	20,7
França	15,3
Brasil	14,5

Fonte: Adaptado de Noctula (2021)

Somente a China é responsável por mais de um terço da energia elétrica produzida pela força dos ventos e, apesar de gerar eletricidade na maior parte por meio do carvão mineral, pretende reverter essa situação até 2060. Os EUA possuem seis dos dez maiores parques eólicos do mundo e, recentemente, o presidente Joe Biden anunciou uma meta de 30 GW a serem instalados até 2030. Já no Brasil, as usinas eólicas têm capacidade para produzir 20,5 GW, e é estimado que neste ano de 2022 a capacidade instalada chegue a ultrapassar 26 GW. Em 2021, a capacidade instalada de toda a matriz elétrica brasileira ficou em torno de 180 GW. Desses, 103 GW provêm de usinas hidrelétricas, ainda a principal fonte. As usinas eólicas ocupam o terceiro lugar no *ranking* das maiores contribuições no país (CNN BRASIL, 2021).

A região Nordeste do Brasil é a que mais se destaca na produção de energia elétrica a partir dos ventos. Em 2019, houve dias em que a maior parte da energia consumida nessa região veio de parques eólicos. Ano em que o Brasil possuía 602 parques eólicos, 506 somente no Nordeste,

com destaque para o estado do Rio Grande do Norte, que é o maior produtor de eletricidade a partir dos ventos no país (FIERN, 2020).

Em relação à energia solar fotovoltaica, o Brasil ganhou protagonismo nesse setor nos últimos anos, segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (2022). Ainda de acordo com essa associação, o país ocupou a 4ª posição entre os países que mais instalaram potência de energia solar fotovoltaica em 2021, com um acréscimo de 5,7 GW, superando 13 GW de potência instalada, o que lhe valeu a 13ª colocação no cenário mundial. Os países que lideram o *ranking* são: China, com 306 GW; EUA, com 93 GW; Japão, com 74 GW; Alemanha, com 58 GW; e Índia, com 49 GW (PORTAL SOLAR, 2022).

1.4 Normativas

Conforme a página eletrônica BlueSol (2022), em 2012, a ANEEL por meio da Resolução Normativa nº 482 permitiu que a micro e a minigeração de energia elétrica distribuída pudessem ser ligadas à rede da concessionária local (sistema *on-grid*), bastando ter um CPF ou um CNPJ ativos, e a geração de energia ser a partir de fontes renováveis. Na prática, o que é gerado e não é consumido no momento é medido e injetado na rede elétrica pública, e compensado na fatura no fim do mês. Em 2015, a mesma agência retificou alguns pontos, criando uma resolução mais ampla: a de nº 687. As mudanças que merecem destaque, por ter a ver com este trabalho, são: o pequeno produtor tem um prazo de 60 meses para usar os créditos gerados por ter “emprestado” energia elétrica à concessionária; mais celeridade em aprovação do projeto do sistema gerador junto à concessionária; e os novos limites sobre o micro e o minigerador:

- Microgerador – gerador de energia elétrica por meio de fontes renováveis, com uma potência instalada menor ou igual a 75 kW;
- Minigerador – gerador de energia elétrica por meio de fontes renováveis, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW (no caso da eólica e da solar fotovoltaica).

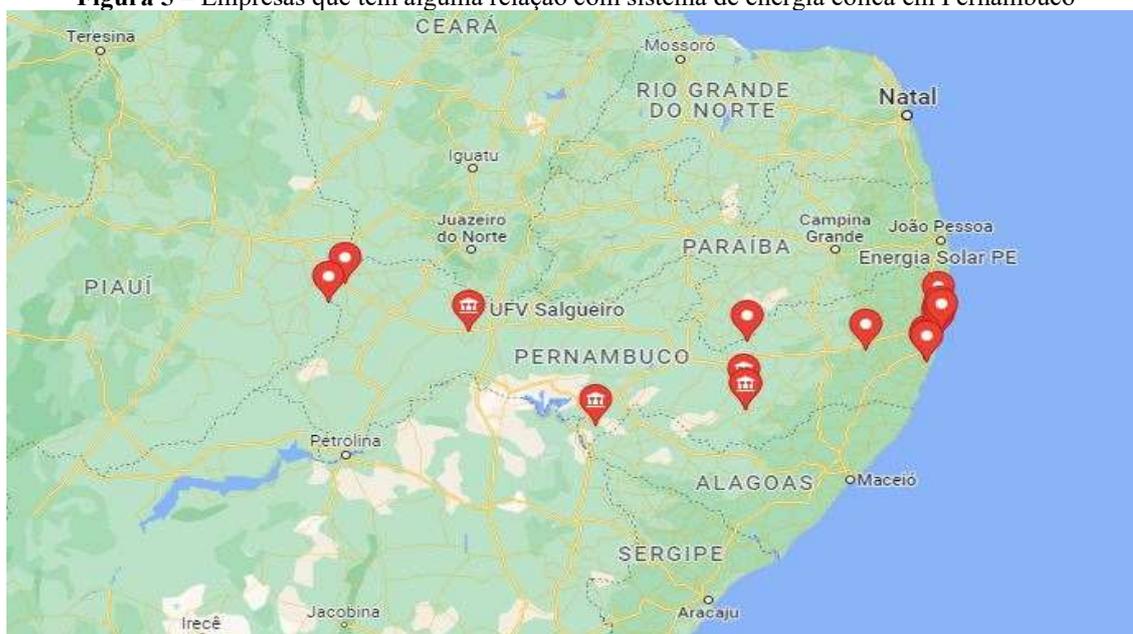
2 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa consistiu em procurar empresas que trabalhassem com sistema de energia eólica e solar fotovoltaica. No caso das empresas de energia eólica, foi necessário não ficar restrito somente a lugares próximos. A busca foi feita em toda e qualquer região do país em que fosse possível contatar empresas desse ramo. Não foram contatadas as sete grandes montadoras de aerogeradores atuantes no território nacional, pois estão ligadas ao fornecimento para parques eólicos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2014). A ideia envolveu encontrar fabricantes voltados para a micro e a minigeração de energia elétrica. Em relação às empresas de energia solar fotovoltaica, foi possível realizar a busca em região próxima, pois a disponibilidade delas foi bem maior e mais que o suficiente.

2.1 Empresas atuantes no ramo do sistema de energia eólica no Brasil

Com auxílio do *site* de pesquisa *Google*, foram localizadas empresas que tivessem alguma relação com sistema de energia eólica. Na figura seguinte, são vistos indicadores de empresas do setor em questão (os indicadores estão em vermelhos, alguns sobrepostos), com exceção de uma ou outra que, na verdade, tratavam-se de parques eólicos, mas que o *site* não soube diferenciar.

Figura 5 – Empresas que têm alguma relação com sistema de energia eólica em Pernambuco



Fonte: *Google* (2022)

Foram encontradas e houve a tentativa de contatar oito empresas no estado de Pernambuco, via telefone e e-mail. Não foi fácil encontrar empresas que atendessem à solicitação deste trabalho. Então houve a necessidade de estender a região de busca para o Brasil inteiro. Na tabela seguinte, há um resumo, separado por estado, com a quantidade das demais empresas identificadas e com as quais foi tentado contato para que fosse possível saber se elas atendiam à demanda do consumo dos estabelecimentos em questão.

Tabela 2 – Estado com a respectiva quantidade de empresas que têm relação com o setor eólico

Estado	Quantidade de empresas identificadas
Rio Grande do Norte	15
Ceará	5
Bahia	2
São Paulo	7
Rio de Janeiro	1
Santa Catarina	1

Fonte: Adaptado do *Google* (2022)

Após serem pesquisados os dados de contato de cada empresa, uma ligação telefônica era feita para que fosse informado com que atividade do ramo de energia eólica a companhia atuava. Logo após, era enviado um e-mail para algum membro do quadro de funcionários, com os dados necessários para a elaboração do projeto. Esses dados eram o consumo médio mensal de energia elétrica, a localização da panificadora e o CNPJ do proprietário. Mesmo que fosse informado que a atividade era divergente da que se almejava tratar nesta pesquisa, um e-mail era enviado perguntando se era do conhecimento da companhia uma outra que pudesse atender ao que era desejado. Na tabela seguinte, são mostrados o consumo mensal da panificadora, que conta com dois circuitos de alimentação, um monofásico e um trifásico; o consumo mensal da residência; e o consumo médio mensal das duas unidades. Esses consumos foram fornecidos pela concessionária estadual de energia elétrica (CELPE).

Tabela 3 – Consumo médio mensal dos estabelecimentos

Consumo da panificadora				Consumo residencial	
Circuito monofásico		Circuito trifásico		Circuito monofásico	
Mês/ano	Consumo (KWh)	Mês/ano	Consumo (KWh)	Mês/ano	Consumo (KWh)
Julho (2021)	144	Julho (2021)	826	Julho (2021)	183
Agosto (2021)	145	Agosto (2021)	857	Agosto (2021)	213
Setembro (2021)	131	Setembro (2021)	830	Setembro (2021)	194
Outubro (2021)	118	Outubro (2021)	834	Outubro (2021)	241
Novembro (2021)	103	Novembro (2021)	873	Novembro (2021)	244
Dezembro (2021)	110	Dezembro (2021)	849	Dezembro (2021)	229
Janeiro (2022)	109	Janeiro (2022)	789	Janeiro (2022)	246
Fevereiro (2022)	111	Fevereiro (2022)	759	Fevereiro (2022)	239
Março (2022)	131	Março (2022)	894	Março (2022)	275
Abril (2022)	118	Abril (2022)	814	Abril (2022)	250
Mai (2022)	128	Mai (2022)	834	Mai (2022)	258
Junho (2022)	116	Junho (2022)	833	Junho (2022)	191
Julho (2022)	123	Julho (2022)	756	Julho (2022)	185
Média	122,08	Média	826,77	Média	226,77
Consumo médio total (panificadora e residência) (KWh)					
1175,62					

Fonte: Adaptado da CELPE (2022)

A CELPE cobra um consumo mínimo que depende do tipo de circuito: 30 KWh para circuito monofásico e 100 KWh para circuito trifásico, isso está em concordância com o que preconiza a Resolução Normativa 414/2010 da ANEEL (PORTAL SOLAR, 2022). Entretanto, foi resolvido não descontar esses valores para que servissem de “folga” para uma possível necessidade, como a compra de um equipamento, seja para a panificadora, seja para a residência.

2.1.1 Dimensionamento do número de aerogeradores para suprir a demanda dos estabelecimentos

Existem basicamente dois métodos para essa finalidade. Porém, com os dados disponíveis, só foi possível usar o método da curva específica de potência, que é baseado na potência gerada pelo aerogerador em função da velocidade média do vento que nele incide. A curva específica de potência é fornecida pelo fabricante, pois é característica de cada aerogerador (ALMEIDA, 2017). Sendo assim, só restou obter a velocidade média dos ventos no local do empreendimento. Para isso, foi utilizado o *site* do CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e

Eólica Sérgio de S. Brito), na seção referente aos dados numéricos do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2001), bastando apenas ter as coordenadas geográficas do local do empreendimento, que foram identificadas por meio do *site Google Maps*.

Além dos dados numéricos para a velocidade média dos ventos na região do estabelecimento, foi recorrido a dados gráficos disponibilizados pelo Atlas Eólico de Pernambuco (2017), apenas para uma noção de confirmação de dados.

Tendo todas essas informações, a geração mensal foi estimada pela Equação 1:

$$G = \frac{P \times 24 \times 30}{1000} \quad (1)$$

Em que:

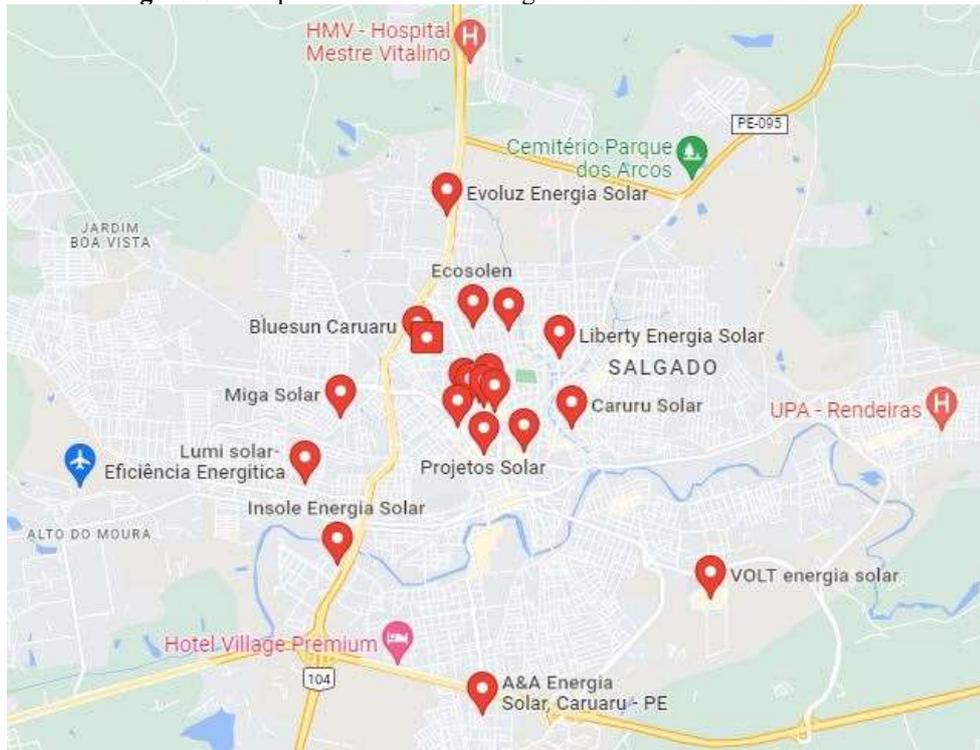
G = geração mensal de energia elétrica (KWh);

P = Potência gerada pelo aerogerador (W).

2.2 Empresas atuantes no ramo do sistema solar fotovoltaico nas redondezas de Fazenda Nova – PE

Após terminada aquela primeira parte, foi iniciada a segunda, que consistiu em localizar empresas do setor de energia solar fotovoltaica, de preferência próximo do local da panificadora. Fazenda Nova é um distrito pequeno e não conta com empresas que prestem esse serviço. A cidade mais próxima e estratégica (no sentido de desenvolvimento) é Caruaru. Então, usando a mesma ferramenta (*site Google*), foi feita uma busca em que foram identificadas pouco mais de trinta empresas do setor (Figura 6).

Figura 6 – Empresas do setor de energia solar fotovoltaica em Caruaru



Fonte: Google (2022)

Foram contatadas dezesseis empresas. Para cada uma delas, foram enviados os mesmos dados que foram para as empresas de energia eólica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, será explicado o que foi aprendido a respeito dos sistemas de geração de energia elétrica quando da aplicação que cada um teve em se tratando de micro ou de minigeração de energia elétrica e, partindo disso, a escolha de um sistema para satisfazer à demanda da panificadora e residência. A saber que todo este estudo foi voltado para sistema *on-grid*. O outro tipo, *off-grid*, utiliza banco de baterias, por isso custaria mais. Ele é mais pertinente a regiões remotas, em que o acesso à rede de eletrificação não é fácil ou não é possível (PORTAL SOLAR, 2022).

3.1 Retorno das empresas contatadas do setor eólico no Brasil

Na Tabela 4, constam os serviços prestados pelas empresas com as quais foi conseguido contato. O nome das empresas contatadas está substituído por letra.

Tabela 4 – Serviço prestado por empresas do setor eólico no Brasil

ESTADO	EMPRESA	SERVIÇO PRESTADO
PE	A	Faz projeto para parques eólicos; leiloa a energia produzida a concessionárias
PE	B	Produz energia elétrica e "vende" ao mercado
PE	C	Faz projeto de pás de aerogeradores
PE	D	Faz manutenção de parques eólicos
PE	E	Faz projeto para parques eólicos
PE	F	Faz projeto para parques eólicos
SP	G	Fornecedor de aerogerador <i>off-grid</i>
SP	H	Produz energia elétrica e "vende" ao mercado
RN	I	Trabalha na parte da construção civil de parques eólicos
RN	J	Faz manutenção de aerogeradores de parques eólicos
RN	K	Oferece cursos e mão de obra para manutenção e operação de aerogeradores
RN	L	Faz desde a construção até a manutenção de parques eólicos
RN	M	Fiscaliza a construção de parques eólicos
RN	N	Trabalha na parte da construção civil de parques eólicos
RN	O	Faz projeto e constrói parques eólicos
RN	P	Trabalha na infraestrutura elétrica de parques eólicos
RN	Q	Elaborou uma proposta com uma margem de erro
CE	R	Faz projeto para parques eólicos
BA	S	Trabalha na parte de freios de aerogeradores
BA	T	Fabrica torres de sustentação de aerogeradores
RJ	U	Produz energia elétrica e "vende" ao mercado
SC	V	Produz energia elétrica e "vende" ao mercado

Fonte: Autor (2022)

Como é possível depreender, não houve empresa que atendesse de modo satisfatório ao que era desejado. A maioria presta outro tipo de serviço, voltado para empreendimento de grande porte, no caso, parque eólico, podendo ser na elaboração de projeto; na construção, na fiscalização ou na operação; na produção de componentes de aerogerador; ou “vendendo” energia ao mercado.

A empresa G, com sede no estado de São Paulo, fabrica aerogeradores, porém esses são do tipo de sistema *off-grid*, e não foi esse o tipo que estava sendo buscado. Já a empresa Q, com sede no Rio Grande do Norte, elaborou uma proposta com uma margem de erro; pois, segundo

um de seus representantes, em conversa por e-mail, não existia estudo suficiente para assegurar um sistema *on-grid* que atendesse à demanda dos estabelecimentos na localidade do distrito.

A saber que, segundo Souza (2018), a produção de um sistema de energia eólica é proporcional ao cubo da velocidade média do vento na região que, por sua vez, é função da altura em que a turbina está posicionada em relação ao solo, e da ocupação no entorno do equipamento (vegetação, construções, por exemplo). Mesmo assim, sem esse estudo necessário, foi enviada uma proposta de um sistema e seus limites de produção (Tabela 5).

Tabela 5 – Elementos do sistema proposto pela empresa Q

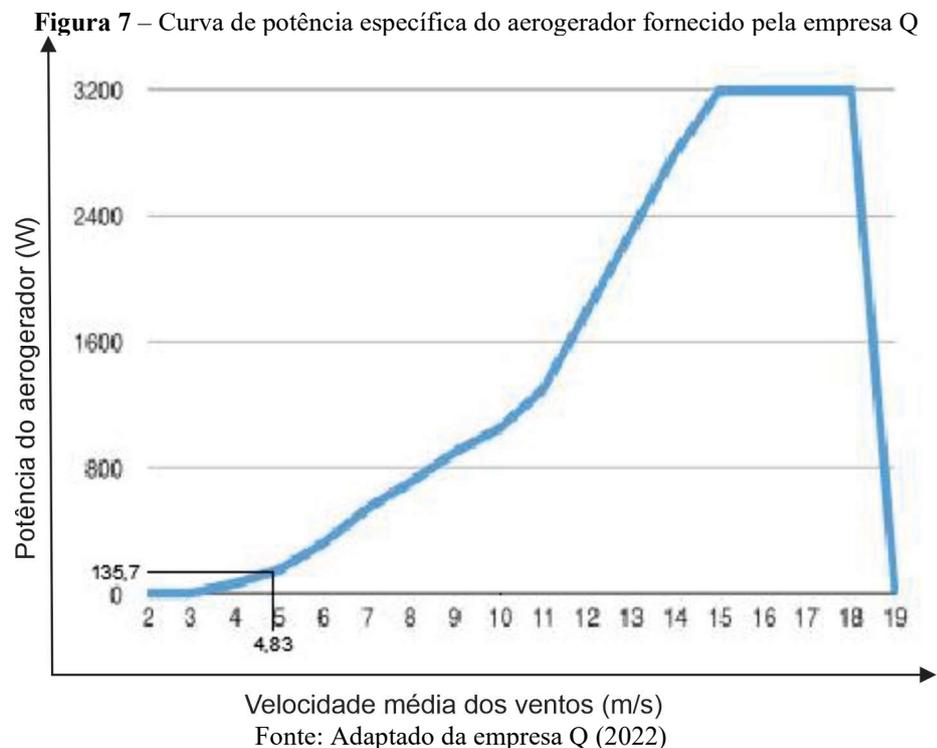
ITEM	DESCRIÇÃO
1	AEROGERADOR ANEMOS MWT 522
2	INVERSOR ABB UNO 3.3
3	POWER BOX
4	PLC VOLTSYS
5	PROJETO, COMISSONAMENTO E INSTALAÇÃO
DADOS DE GERAÇÃO DO SISTEMA	
Potência (KWp)	3,3
Geração mensal mínima (KWh)	60
Geração mensal máxima (KWh)	900
GARANTIAS OFERTADAS	
AEROGERADOR	
02 anos contra defeito de fabricação	
10 anos contra danos causados pela maresia	
25 anos para uma eficiência de 100% de geração	
INVERSOR	
05 anos contra defeito de fabricação	
SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DO SISTEMA	
01 ano	
PREÇO DO SISTEMA	
R\$	39.000,00
Obs.: Aceita financiamento	

Fonte: Adaptado da empresa Q (2022)

Com base nesses dados, foi entendido que na melhor das hipóteses, ou seja, considerando a geração mensal máxima, somente uma unidade desse sistema não seria capaz de atender à demanda de consumo dos estabelecimentos, que foi avaliada em 1175,62 KWh/mês. Para uma maior aproximação dos objetivos elencados, foi usada a curva específica de potência do aerogerador, fornecida pela empresa Q, e foi obtida uma noção de quantos sistemas desse

seriam necessários para satisfazer à solicitação de consumo e, dessa forma, foi estimado o custo associado.

De acordo com o *site* do CRESESB e para as coordenadas do local da empresa, a velocidade média anual dos ventos é de 4,83 m/s para uma altura de 50 metros, única altura para a qual o *site* foi desenvolvido em fornecer dados numéricos. Para confirmar essa informação, foi consultado o Atlas Eólico de Pernambuco para essa mesma altura (disponível no Anexo A), e foi percebido que existia coerência com a informação dada pelo CRESESB. A título de esclarecimento, um aerogerador pode ter menos que 50 metros de altura ou pode ultrapassar 100 metros, a depender da necessidade (GAZETA DO POVO, 2016). Consultando a curva específica de potência do aerogerador e, com auxílio do *software* AutoCAD, foi encontrada a potência geradora de 135,7 W, associada àquela velocidade (Figura 7):



Avaliando a geração mensal elétrica do aerogerador por meio da Equação 1:

$$G = \frac{135,7 \times 24 \times 30}{1000} \approx 97,7 \text{ KWh}$$

Ou seja, o aerogerador deveria estar posicionado a 50 metros de altura para produzir menos que 10% da demanda dos estabelecimentos. Ou ainda, seriam necessários doze sistemas do proposto pela empresa Q, todos a uma altura de 50 metros, para suprir a necessidade elétrica

em questão. Se o preço aumentar seguindo essa proporção (doze vezes o preço de um sistema), o montante chegaria a R\$ 468.000,00, sem levar em consideração o gasto e o espaço necessário para a construção das doze torres de 50 metros para os aerogeradores. Dessa forma, estaria sendo criado um problema, pois um dos grandes pilares da engenharia é a economia. E não adianta avaliar a geração mensal caso o aerogerador estivesse em uma altura menor, como 10 metros por exemplo, pois à medida que a altura diminui, a velocidade média dos ventos também diminui (SANTOS *et al.*, 2006), comprometendo ainda mais a geração elétrica. No Anexo B, foi disponibilizado um outro mapa do estado, retirado do mesmo atlas eólico, com dados gráficos, e foi corroborada essa redução de velocidade média dos ventos se a altura fosse diminuída para 10 metros.

Uma pergunta pertinente é por que a empresa não investe em um modelo de aerogerador mais potente, isto é, que aproveita melhor a incidência de ventos em velocidades menores, sendo assim, a necessidade de elevação do sistema tenderia a não ser tão grande e o número de exemplares também diminuiria, já que a produção iria aumentar. Provavelmente, a companhia usa um tipo de aerogerador possível de ser instalado em zonas urbanas, pois máquinas mais potentes emitem mais ruídos, o que pode ser motivo de transtorno para a vizinhança, uma vez que o sossego é um direito básico e comum aos cidadãos (PORTAL ACÚSTICA, 2019; PORTAL SOLAR, 2021).

3.2 Retorno das empresas contatadas do setor solar fotovoltaico

Das dezesseis empresas contatadas, dez enviaram suas propostas. Apenas uma fica em outro estado, Rio Grande do Norte, e é a mesma empresa Q da seção anterior. Ela também é voltada para sistema de energia solar fotovoltaica. As demais são da cidade de Caruaru.

Dessas dez empresas que enviaram suas propostas, em seis havia formas de financiamento, o que foi importante, pois a ideia era fazer adesão ao sistema por meio de parcelas que possuíssem valor próximo do valor mensal pago pelo uso da energia elétrica fornecida pela concessionária.

Foram escolhidas as quatro propostas mais vantajosas, considerando a marca dos equipamentos, o tempo de garantia ofertado aos componentes e o custo unitário do KWh “financiado”. Esse último critério foi importante porque cada empresa elaborou um sistema para uma determinada produção mensal, então não faria sentido comparar somente preço e desconsiderar a produção delas. No Apêndice A, está o resumo dessas informações. As

empresas continuaram sendo representadas por letra, seguindo a ordem alfabética adotada na seção anterior.

O critério da qualidade dos equipamentos também foi considerado, pois para a garantia do componente “painel solar fotovoltaico” foi assegurado que, passados vinte e cinco anos, ele possua pelo menos 80% da produção prevista. Já em relação aos inversores, foi dada uma garantia de dez anos, exceto a empresa Q, que deu uma garantia um pouco maior. Então, como são vidas úteis relativamente longas, as peças de marcas consagradas trazem mais segurança quanto à eficiência do sistema por, pelo menos, o tempo ofertado. Para verificação da qualidade, foi feita uma pesquisa em *sites* dedicados ao assunto e, com base neles, todas as companhias apresentaram marcas que são confiáveis (SIRIUS, 2022; PORTAL SOLAR, 2022; GLOW SOLAR, 2020; YELLOTT, 2019).

Outro esclarecimento é sobre duas empresas terem disponibilizado mais de uma marca para um mesmo equipamento, significando que existiam todas essas opções disponíveis para montar o conjunto. Em relação ao *software* de monitoramento, esse serve para acompanhar o histórico da produção do sistema. E, para determinação da taxa de juros envolvida no financiamento de cada proposta, foi recorrido à Calculadora do Cidadão, disponível no *site* do Banco Central do Brasil.

Ponderando as informações coletadas, a empresa Q mostrou algumas vantagens: utilizou inversores mais modernos (microinversores) e, para eles, ofereceu cinco anos de garantia a mais que as outras, além de o menor custo unitário do KWh “financiado”. Porém, mostrou a desvantagem de ser uma empresa do Rio Grande do Norte. Uma vez que, como foi citado, a vida útil ofertada pelas empresas para cada componente do sistema foi extensa, e problemas podem ocorrer, caso haja necessidade de alguma intervenção técnica no local de instalação, tende a ser algo mais difícil que se fosse uma empresa da região, e não foi esclarecido se custos extras estariam envolvidos nesse traslado.

As demais empresas (R, S e T) têm sede em Caruaru (a empresa S tem sede em mais duas cidades: Recife e Garanhuns). Como pode ser constatado no Apêndice A, a taxa de juros dessas foram maiores que a da empresa Q, e isso foi devido à instituição financeira, que não foi a mesma, o que é relevante para o custo unitário do KWh “financiado”, chegando a uma diferença de R\$ 4,27 (6,93%) a mais para o caso mais crítico, que foi envolvendo as empresas Q e T. O ponto negativo da empresa R, a segunda com o menor custo unitário do KWh “financiado”, foi não ter assegurado nenhuma garantia para o sistema de suporte dos equipamentos, ao contrário das outras, que deram doze anos. A empresa S apresentou o segundo custo unitário do KWh “financiado” mais oneroso; e a empresa T, o primeiro.

Portanto, levando-se em consideração as vantagens e as desvantagens que cada companhia elencada apresentou, a empresa S se mostrou, possivelmente, como a mais estratégica para atender à demanda energética dos estabelecimentos, pois é uma empresa com sede próxima, diferentemente da empresa Q; ofereceu garantia de doze anos para o sistema de suporte dos equipamentos, com um adicional de R\$ 0,94 (1,46%) ao custo unitário do KWh “financiado” em relação à empresa R, que não ofertou esse seguro; e teve o custo unitário do KWh “financiado” menor que o da empresa T.

3.3 Análise comparativa entre os dois tipos de sistema estudados

O sistema de energia eólica teve seu preço à vista estimado, parcialmente, em R\$ 468.000,00, o que representou em relação ao preço à vista dos sistemas de energia solar fotovoltaica: 1050% do sistema da empresa Q; 1040% do sistema da empresa R; 1073% do sistema da empresa S; e 1170% do sistema da empresa T. Lembrando que aquele preço estimado para o sistema de energia eólica não foi o final, pois não foi considerado o custo com a construção das torres para a sustentação das turbinas a uma altura de 50 metros, nem foi considerado o custo para aquisição de um terreno que comportasse toda a estrutura do empreendimento. Dessa forma, o preço final é ainda mais discrepante para o sistema que inicialmente já estava pouco mais que dez vezes mais caro que cada proposta do sistema solar fotovoltaico.

4 CONCLUSÕES

Não existe viabilidade técnica nem econômica para utilizar energia eólica para atender ao consumo da panificadora e da residência consideradas neste estudo. Ainda que houvesse aerogerador potente o suficiente para não necessitar de altura tão elevada e impactar pouco o paisagismo local, e não houvesse tamanha diferença de preço entre os dois sistemas, haveria emissão de ruídos (um aerogerador mais potente emite mais ruídos, consoante foi citado em seção anterior). Esses “entraves” que ocorrem com o sistema de energia eólica quando se trata de geração distribuída *on-grid*, não ocorrem com o sistema de energia solar fotovoltaica, o que tornou somente esse último adequado para satisfazer à solicitação elétrica dos estabelecimentos.

Sugestão para outro trabalho: Em Caruaru, existem vários condomínios formados por um conjunto de blocos do tipo caixão, cada bloco contando com algumas dezenas de apartamentos.

Para cada unidade habitacional existe uma vaga de garagem. Poder-se-ia usar a coberta dessas vagas de garagem, bem como a coberta de cada bloco para instalação de painéis solares fotovoltaicos; e a energia elétrica produzida, utilizar nas áreas comuns. O excedente poderia ser “vendido”. Dessa forma, avaliar se, com esses “ganhos”, seria possível reduzir a taxa condominial de tal modo que justificasse o investimento.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. de O. L. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2019.

AMARAL, M. de L. **Análise da viabilidade econômica do projeto elétrico com aproveitamento de energia solar para residências unifamiliares**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Brasil avança no ranking mundial da fonte solar**. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/brasil-avanca-no-ranking-mundial-da-fonte-solar/>>. Acesso em: 24 set. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Atualização do Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil**. Disponível em: <http://inteligencia.abdi.com.br/wp-content/uploads/2017/08/2018-08-07_ABDI_relatorio_6-1_atualizacao-do-mapeamento-da-cadeia-produtiva-da-industria-eolica-no-brasil-WEB.pdf>. Acesso em: 19 set. 2022.

ATLAS EÓLICO E SOLAR DE PERNAMBUCO. **Velocidade do Vento Anual a 10 m de Altura**. Disponível em: <<http://www.atlaseolicosolar.pe.gov.br/chapter/metodologia.html?Velocidade%20do%20Vento%20Anual%20a%2010%20m%20de%20Altura>>. Acesso em: 19 set. 2022.

ATLAS EÓLICO E SOLAR DE PERNAMBUCO. **Velocidade do Vento Anual a 50 m de Altura**. Disponível em: <<http://www.atlaseolicosolar.pe.gov.br/chapter/metodologia.html?Velocidade%20do%20Vento%20Anual%20a%2050%20m%20de%20Altura>>. Acesso em: 19 set. 2022.

AUTOCAD: software para CAD 2D e 3D. Versão 2023. Autodesk, 2022. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/education/edu-software/overview?sorting=featured&filters=individual>>. Acesso em: 28 set. 2022.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Calculadora do Cidadão: financiamento com prestações fixas. Disponível em:

<<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/publico/exibirFormFinanciamentoPrestacoesFixas.do?method=exibirFormFinanciamentoPrestacoesFixas>>. Acesso em: 22 set. 2022.

BLUESOL. Resolução 482 da ANEEL: 3 principais pontos comentados [+ bônus].

Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/resolucao-482-da-aneel-guia-completo/#:~:text=A%20resolu%C3%A7%C3%A3o%20482%20da%20ANEEL,energia%20el%C3%A9trica%20injetada%20na%20rede>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

CEBDS. O que é o Acordo de Paris? Disponível em: <<https://cebds.org/o-que-e-o-acordo-de-paris/#.YkNgjSjMLIV>>. Acesso em: 29 mar. 2022.

CELPE. 2ª via e débitos. Disponível em:

<<https://servicos.neoenergiapernambuco.com.br/Pages/segunda-via-e-debitos.aspx>>. Acesso em: 28 set. 2022.

CNN BRASIL. Fontes solar e eólica devem injetar mais da metade da carga energética em 2022. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/fontes-solar-e-eolica-devem-injetar-mais-da-metade-da-carga-energetica-em-2022/>>. Acesso em: 18 mar. 2022.

CNN BRASIL BUSINESS. ANEEL cria bandeira tarifária, e taxa extra da conta de luz é R\$ 14,20. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/aneel-faz-novo-reajuste-em-taxa-extra-da-conta-de-luz-em-meio-a-crise-hidrica/>>. Acesso em: 18 fev. 2022.

CNN BRASIL BUSINESS. Com crise hídrica, conta de luz acumula alta de 20,1% nos últimos 12 meses. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/aneel-faz-novo-reajuste-em-taxa-extra-da-conta-de-luz-em-meio-a-crise-hidrica/>>. Acesso em: 18 fev. 2022.

CNN BRASIL BUSINESS. Energia elétrica aumentou mais que o dobro da inflação nos últimos anos. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/energia-eletrica-aumentou-mais-do-que-o-dobro-da-inflacao-nos-ultimos-anos/#:~:text=Os%20dados%20s%C3%A3o%20da%20Associa%C3%A7%C3%A3o,6%2C7%25%20ao%20ano>>. Acesso em: 21 mar. 2022.

CRESESB. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2001): Busca por coordenada. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=atlas_eolico>. Acesso em: 19 set. 2022.

FIERN. Nordeste gera 85% da energia eólica do Brasil. Disponível em:

<<https://www.fiern.org.br/nordeste-gera-85-da-energia-eolica-brasil/>>. Acesso em: 18 abr. 2022.

GAZETA DO POVO. Com torres mais altas, potencial eólico brasileiro pode ser seis

vezes maior. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/economia/energia-e-sustentabilidade/com-torres-mais-altas-potencial-eolico-brasileiro-pode-ser-seis-vezes-maior-0okrpq8ctzr2e3p6h8utsi7rk/#:~:text=Essas%20torres%20de%20150%2C%20160,muito%20a%20log%C3%ADstica%20de%20transporte>>. Acesso em: 19 set. 2022.

GLOW SOLAR. **Top 10: veja quem são os maiores fabricantes de painel solar fotovoltaico do mundo.** Disponível em: <<https://glowsolar.com.br/noticias/top-10-veja-quem-sao-os-maiores-fabricantes-de-painel-solar-fotovoltaico-do-mundo>>. Acesso em: 8 out. 2022.

GOMES, A. M. F.; TRIERVEILER, M. **Desenvolvimento de um minigerador eólico de baixo custo utilizando a técnica *do it yourself*.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018.

GOOGLE MAPS. **Empresas de energia eólica no Brasil.** Disponível em: <<https://www.google.com/maps/search/empresas+de+energia+e%C3%B3lica+no+brasil/@-13.2318486,-61.9288674,4z>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

GOOGLE MAPS. **Empresas de energia solar em Caruaru.** Disponível em: <<https://www.google.com/maps/search/empresas+de+energia+solar+caruaru/@-8.2697703,-35.9983625,13.25z>>. Acesso em: 24 ago. 2022.

GOOGLE MAPS. **Empresas do setor eólico em Pernambuco.** Disponível em: <<https://www.google.com/maps/search/parques+e%C3%B3licos+em+pernambuco/@-8.1016401,-35.1403075,9z>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

NOCTULA. **10 países com maior capacidade eólica do mundo.** Disponível em: <<http://noctula.pt/10-paises-com-maior-capacidade-eolica-do-mundo/>>. Acesso em: 11 abr. 2022.

NUNES JÚNIOR, E. R. **Metodologia de projeto de turbinas eólicas de pequeno porte.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

PIMENTEL, E. F. K. **Projeto de um sistema on grid de geração eólica de eixo vertical para residências no estado do rio de janeiro.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

PIRES, J. C. P.; OLIVEIRA, B. F. Gerador eólico de baixo custo para uso residencial. **III Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale Itajaí**, Vale do Itajaí, 15 a 17 de abril de 2009.

PORTAL ACÚSTICA. **Acústica ambiental – ruído em parques eólicos.** Disponível em: <<http://portalacustica.info/acustica-ambiental-ruído-em-parques-eolicos/>>. Acesso em: 10 out. 2022.

PORTAL SOLAR. **Brasil encerra 2021 na 14ª colocação no ranking mundial de geração solar.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/internacional/brasil-encerra-2021-na-14a-colocacao-no-ranking-mundial-de-geracao-solar>>. Acesso em: 26 set. 2022.

PORTAL SOLAR. **Energia eólica: o que é, como funciona, vantagens e desvantagens.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-x-energia-eolica-precos.html>>. Acesso em: 22 set. 2022.

PORTAL SOLAR. **Energia solar e eólica, juntas, ultrapassam hidrelétricas em capacidade instalada no mundo.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/energia-solar-e-eolica-juntas-ultrapassam-hidreletricas-em-capacidade-instalada-no-mundo.html#:~:text=O%20Brasil%20alcan%C3%A7ou%20capacidade%20instalada,ao%20ongo%20da%20pr%C3%B3xima%20d%C3%A9cada>>. Acesso em: 22 mar. 2022.

PORTAL SOLAR. **Energia solar on-grid ou off-grid? Qual devo escolher?** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-on-grid-ou-off-grid-qual-devo-escolher>>. Acesso em: 9 set. 2022.

PORTAL SOLAR. **O inversor solar.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/o-inversor-solar.html>>. Acesso em: 8 out. 2022.

PORTAL SOLAR. **Qual o valor da taxa mínima de energia elétrica? Tudo sobre custo de disponibilidade.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/qual-o-valor-da-taxa-minima-de-energia-eletrica-tudo-sobre-custo-de-disponibilidade>>. Acesso em: 1º set. 2022.

PORTAL SOLAR. **Ranking lista os 10 fabricantes com maior volume de módulos embarcados em 2021.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/internacional/ranking-lista-os-10-fabricantes-com-maior-volume-de-modulos-embarcados-em-2021>>. Acesso em: 8 out. 2022.

SANTOS, A. A. dos; RAMOS, D. S.; SANTOS, N. T. F dos; OLIVEIRA, P. P. de. **Projeto de geração de energia eólica.** 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Mecânica) - Universidade Santa Cecília, Santos, 2006.

SENADO FEDERAL. **Maior parque eólico do país, João Câmara (RN) pode se tornar Capital Nacional dos Ventos.** Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/radio/1/noticia/2022/01/20/maior-parque-eolico-do-pais-joao-camara-rn-pode-se-tornar-capital-nacional-dos-ventos#:~:text=O%20Rio%20Grande%20do%20Norte,foram%20investidos%20R%24%201%20bilh%C3%B5es>>. Acesso em: 19 abr. 2022.

SIRIUS. **Fabricantes de placas solares: conheça marcas e seu papel no projeto.** Disponível em: <<https://energiasirius.com/fabricante-de-placas-solares/>>. Acesso em: 8 de out. 2022.

SOUZA, L. da P. de. Método do aerogerador equivalente para dimensionamento de um parque eólico em Soure, Ilha do Marajó/PA. **XV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social**, Alagoinhas, 12 a 14 de novembro de 2018.

UOL. Economia. **Luz deve subir 19% em 2022, diz levantamento; seca é maior responsável.** Disponível em:

<<https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2021/12/02/aumento-conta-de-luz-2022-crise-hidrica.htm#:~:text=Luz%20deve%20subir%2019%25%20em,levantamento%3B%20seca%20%C3%A9%20maior%20respons%C3%A1vel&text=A%20conta%20de%20luz%20deve,de%20energia%2C%20provocada%20pela%20seca>>. Acesso em: 21 mar. 2022.

WWF. **Acesso à energia com fontes renováveis em regiões remotas no Brasil.** Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?76422/Acesso-a-energia-com-fontes-renovaveis-em-regioes-remotas-no-brasil>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

YELLOT. **Energia solar: qual é o melhor inversor solar do mercado?** Disponível em: <<https://yellot.com.br/energia-solar-fotovoltaica/energia-solar-qual-e-o-melhor-inversor-solar-do-mercado/>>. Acesso em: 8 out. 2022.

APÊNDICE A – RESUMO DAS INFORMAÇÕES DOS SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA, ORGANIZADO EM ORDEM CRESCENTE DO CUSTO UNITÁRIO DO KWH “FINANCIADO”

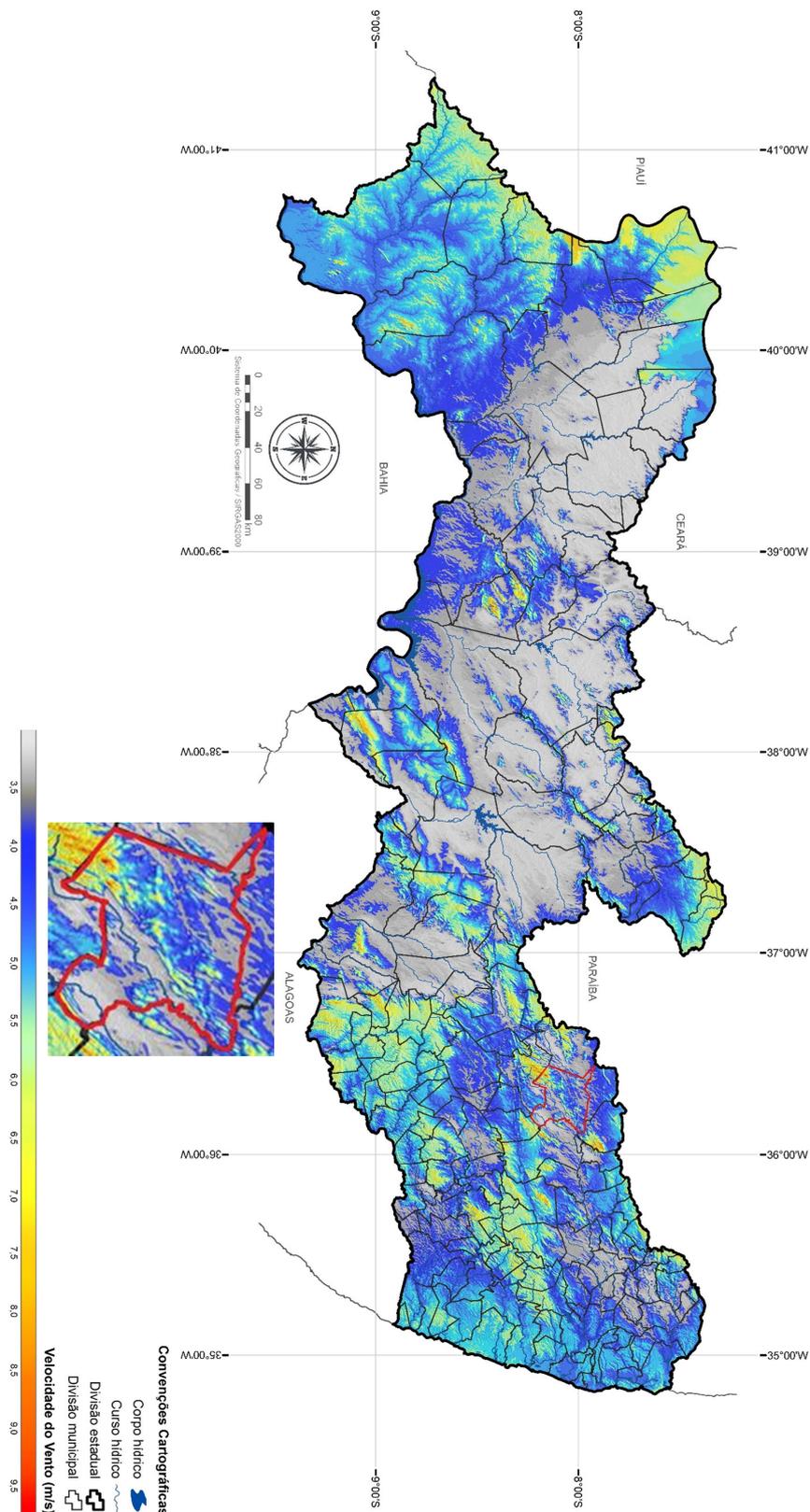
Empresa	Q
Potência (KWp)	8,64
Geração média mensal (KWh)	1189
Painéis	JA SOLAR JAM72D30-540/MB
Garantia de defeito de fábrica dos painéis (anos)	12
Garantia de eficiência dos painéis (anos)	25
Microinversor	APSYSTEMS QT2D-380
Garantia do microinversor (anos)	15
Garantia da instalação (anos)	1
Garantia da estrutura metálica de sustentação (anos)	12
Software para monitoramento da produção	Sim
Valor à vista do sistema	44600,00
Valor financiado do sistema	60 x R\$ 1221,68
Custo unitário do KWh "financiado"	61,65
Taxa de juros ao mês (%)	1,8
Empresa	R
Potência (KWp)	10,45
Geração média mensal (KWh)	1299
Painéis	DAH
Garantia de defeito de fábrica dos painéis (anos)	12
Garantia de eficiência dos painéis (anos)	25
Inversor	SOFAR/GROWATT
Garantia do inversor (anos)	10
Garantia da instalação (anos)	1
Garantia da estrutura metálica de sustentação (anos)	Não ofertou
Software para monitoramento da produção	Sim
Valor à vista do sistema	45000,00
Valor financiado do sistema	60 x R\$ 1394,12
Custo unitário do KWh "financiado"	64,39
Taxa de juros ao mês (%)	2,31
Continua	

Cont. Apêndice A.

Empresa	S
Potência (KWp)	10,12
Geração média mensal (KWh)	1.231,81
Painéis	CANADIAN, JINKO, DAH, LEAPTON
Garantia de defeito de fábrica dos painéis (anos)	12
Garantia de eficiência dos painéis (anos)	25
Inversor	CANADIAN, GROWATT, SOLIS, LIVOLTEK
Garantia do inversor (anos)	10
Garantia da instalação (anos)	1
Garantia da estrutura metálica de sustentação (anos)	12
Software para monitoramento da produção	Sim
Valor à vista do sistema	43.617,20
Valor financiado do sistema	60 x R\$1341,27
Custo unitário do KWh "financiado"	65,33
Taxa de juros ao mês (%)	2,28
Empresa	T
Potência (KWp)	9,36
Geração média mensal (KWh)	1135
Painéis	JINKO
Garantia de defeito de fábrica dos painéis (anos)	12
Garantia de eficiência dos painéis (anos)	25
Inversor	8KW GROWATT
Garantia do inversor (anos)	10
Garantia da instalação (ano)	1
Garantia da estrutura metálica de sustentação (anos)	12
Software para monitoramento da produção	Sim
Valor à vista do sistema	40000,00
Valor financiado do sistema	60 x R\$ 1247,00
Custo unitário do KWh "financiado"	65,92
Taxa de juros ao mês (%)	2,34

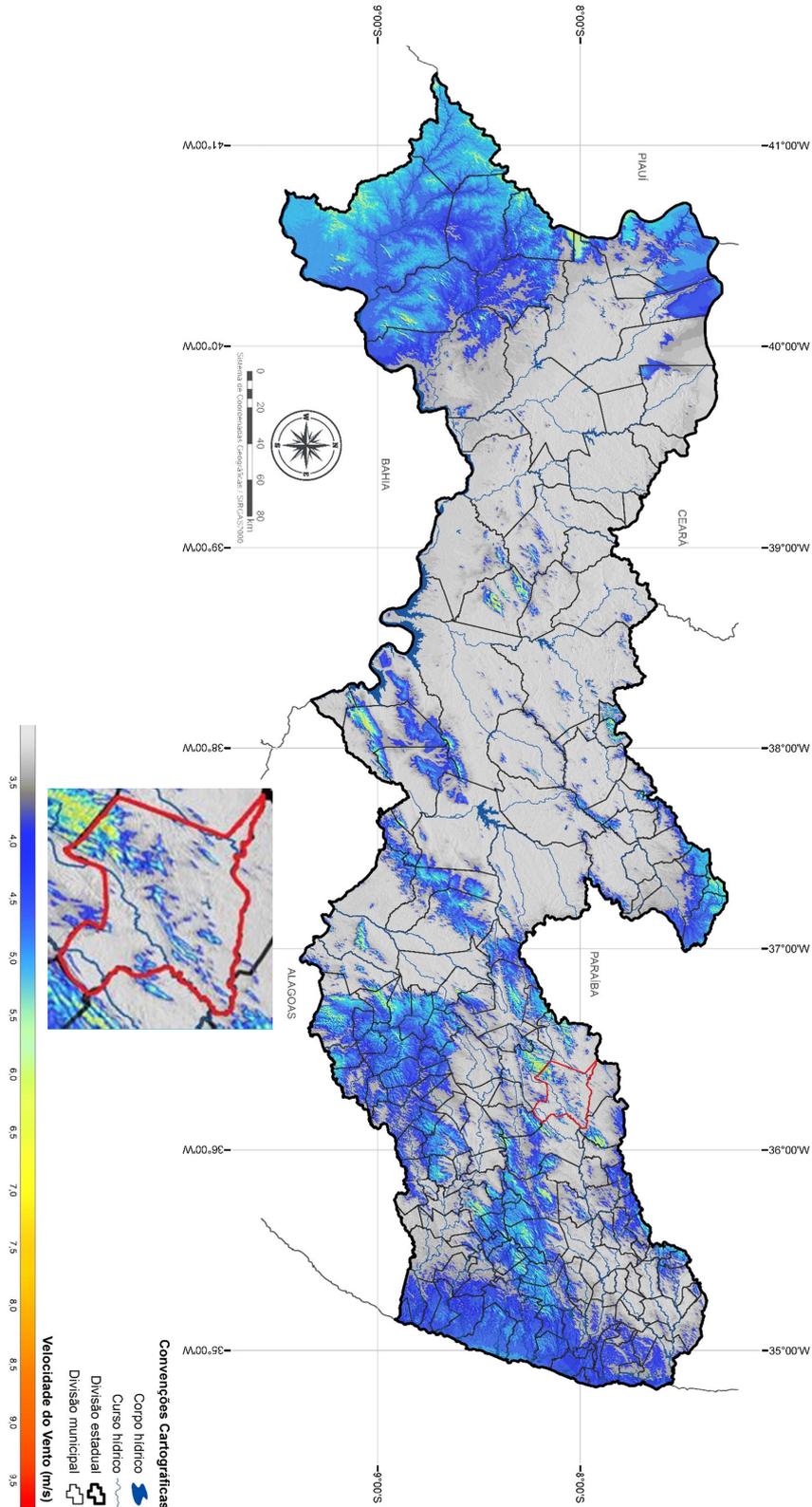
Fonte: Autor (2022)

ANEXO A - MAPA DO POTENCIAL EÓLICO DE PERNAMBUCO PARA A ALTURA DE 50 METROS, COM AMPLIAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE BREJO DA MADRE DE DEUS (CONTORNO EM VERMELHO), ONDE FICA LOCALIZADO O DISTRITO DE FAZENDA NOVA



Fonte: Adaptado do Atlas Eólico de Pernambuco (2017)

ANEXO B - MAPA DO POTENCIAL EÓLICO DE PERNAMBUCO PARA A ALTURA DE 10 METROS, COM AMPLIAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE BREJO DA MADRE DE DEUS (CONTORNO EM VERMELHO), ONDE FICA LOCALIZADO O DISTRITO DE FAZENDA NOVA



Fonte: Adaptado do Atlas Eólico de Pernambuco (2017)

IGOR ANTÔNIO DE CARVALHO FERREIRA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA
DE USO DE ENERGIA EÓLICA E ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA
UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE E UMA RESIDÊNCIA NO DISTRITO DE
FAZENDA NOVA - PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil. Defesa realizada por videoconferência.

Área de concentração: Construção Civil.

Aprovado em 8 de novembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Flávio Eduardo Gomes Diniz (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^ª. Dra. Dannúbia Ribeiro Pires (Avaliadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^ª. Dra. Marília Neves Marinho (Avaliadora)
Universidade Federal de Pernambuco