

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Engenharia de Energia

**Estudo de viabilidade de energia solar e eólica
em estabelecimento de educação infantil em
Samambaia-DF.**

Autor: Rômulo Diniz Santos

Orientador: (Professora Josiane do Socorro Aguiar de Souza)

Brasília, DF

2023



Rômulo Diniz Santos

**Estudo de viabilidade de energia solar e eólica em
estabelecimento de educação infantil em Samambaia-DF.**

Monografia submetida ao curso de graduação
em (Engenharia de Energia) da Universidade
de Brasília, como requisito parcial para ob-
tenção do Título de Bacharel em (Engenharia
de Energia).

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: (Professora Josiane do Socorro Aguiar de Souza)

Brasília, DF

2023

Rômulo Diniz Santos

Estudo de viabilidade de energia solar e eólica em estabelecimento de educação infantil em Samambaia-DF./ Rômulo Diniz Santos. – Brasília, DF, 2023-
87 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: (Professora Josiane do Socorro Aguiar de Souza)

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA , 2023.

1. Energia Solar. 2. Energia Eólica. I. (Professora Josiane do Socorro Aguiar de Souza). II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Estudo de viabilidade de energia solar e eólica em estabelecimento de educação infantil em Samambaia-DF.

CDU 02:141:005.6

Rômulo Diniz Santos

Estudo de viabilidade de energia solar e eólica em estabelecimento de educação infantil em Samambaia-DF.

Monografia submetida ao curso de graduação em (Engenharia de Energia) da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em (Engenharia de Energia).

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 17 de fevereiro de 2023:

(Professora Josiane do Socorro Aguiar de Souza)
Orientador

Professor Alex Reis
Convidado 1

Professora Maria Vitória Duarte Ferrari
Convidado 2

Brasília, DF
2023

Eu dedico este trabalho a instituição Maria de Nazaré que faz um trabalho social fantástico em Samambaia Sul - DF.

Agradecimentos

Agradeço a Professora Josiane por todo suporte para a execução deste trabalho, além da disponibilidade dos diretores da creche Maria de Nazaré.

O engenheiro, por sua vez, fala pouco porque tem receio de emitir uma afirmação que não possa provar, enquanto os opositores criam factoides e parecem saber mais, ainda que estejam mentindo. O engenheiro não mente.

Francisco Luiz Sibut Gomide

*“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo,
mas transformai-vos pela renovação da mente,
a fim de distinguir qual é a vontade de Deus:
o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.
(Bíblia Sagrada, Romanos 12, 2)*

Resumo

A discussão sobre a necessidade de aumentar a geração de energia limpa do país e do mundo aumentou em 2015 com a criação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Para ajudar no cumprimento dos ODS, o Brasil implementou uma série de leis e incentivos fiscais que fomentam o setor de geração de energia limpa. A geração distribuída foi uma das áreas mais beneficiadas. Este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade implementação de geração de energia solar ou eólica em uma instituição de ensino infantil. Em entrevista com a diretora responsável pela instituição de ensino infantil, foi dito que busca-se implementar um sistema de geração de energia renovável para reduzir os custos com energia elétrica e diminuir os impactos ambientais gerados pela instituição. Foram considerados os aspectos técnico, econômico e sustentável. Os procedimentos metodológicos principais foram: visita técnica, levantamento de dados e referencial bibliográfico. Na visita técnica foi possível verificar a demanda de energia da creche, assim como identificar possíveis objetos de estudo de uma análise de eficiência energética. Com a análise de eficiência energética foi projetado um sistema de aquecimento de água que atenda a demanda dos banhos nas crianças, responsável pelo maior gasto de energia da instituição de ensino infantil. Após escolhidos os indicadores de viabilidade de forma que abranjam os três aspectos citados, estes indicadores foram normalizados para que se tornem valores adimensionais. Com os valores adimensionais dos indicadores é possível criar um índice de comparação entre os dois tipos de empreendimento de energia limpa. Foi feita a análise dos indicadores com peso e sem peso, de acordo com as possíveis prioridades da creche Maria de Nazaré, produzindo um índice de viabilidade para cada situação. Após a comparação dos índices ficou evidenciado que a melhor opção para a creche Maria de Nazaré é a implementação do empreendimento de energia solar fotovoltaica. É interessante notar como os tipos de empreendimentos se destacam positivamente de forma alternada entre os aspectos escolhidos, não sendo nenhum deles unanimidade em todos os aspectos.

Palavras-chaves: Autoprodução. Microgeração distribuída. Geração Distribuída. Indicadores de Viabilidade.

Abstract

Since 2015, when was created the Sustainable Development Goals, the countries are looking for ways to increase the clean energy generation. Looking for help the accomplishment of the SDG, Brazil did implement some laws and tax breaks that promote the clean energy generation sector. The distributed generation is one of the keys to reach this goal. This paper has as objective do a comparison between the viability implementation of solar or wind energy generation in a children educational institution, considering technical, economical and sustainable aspects. The methodology was based on do a technical visit in order to collect the necessary data and search bibliographic reference. In a visit to the teach institution was taken the local energy demand, and the necessary conditions for implementation of both types of energy generation. Also the need of a energy efficiency analysis was identified. This technique pointed the need for a water heating system, because the main source of wasting energy is the bath taking by the kids along both operating shifts of the institution. So the water heating system was projected. After chosen the indicators of viability in a way they involve those three aspects cited, these indicators were standardized to become dimensionless, this is necessary so the indicators can be analyzed combined. With the dimensionless value of the indicators is possible to create an index of comparison between both types of clean energy generation. The index were created considering the importance of indicators and without consider it. After the comparison was clear that the better option to the Institution is the implementation of the solar energy generation. It is interesting to highlight how none of the typer of generation is better in all aspects chosen, none of them is unanimous in all aspects.

Key-words: Self-production. Distributed microgeneration. Distributed Generation. Viability Indicators.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Metodologia	33
Figura 2 – Custo e Consumo de Energia Elétrica da Creche Maria de Nazaré.	41
Figura 3 – Telhado da Creche Maria de Nazaré.	42
Figura 4 – Curva de Potência e Expectativa de Geração do Aerogerador Skystream 3.7 - 1,9kW.	47
Figura 5 – Curva de Potência do Aerogerador TESUP - 1kW.	48
Figura 6 – Curva de Potência do Aerogerador TESUP - 4kW.	49
Figura 7 – Aerogerador TESUP - 4kW.	49
Figura 8 – Orientação do Ângulo da Radiação Solar em Relação ao Sistema de Geração Fotovoltaica.	57
Figura 9 – Diagrama Unifilar do Projeto de Geração Solar.	58
Figura 10 – Evolução e Previsão da Capacidade Instalada de Energia Eólica	67
Figura 11 – Funcionamento de Um Aerogerador	68
Figura 12 – Desenho Esquemático de Um Rotor	69
Figura 13 – Aerogerador de Eixo Vertical	70
Figura 14 – Aerogerador de Eixo Horizontal	71
Figura 15 – Evolução da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil	72
Figura 16 – Fabricantes do Setor de Energia Solar	73
Figura 17 – Funcionamento de Sistema Residencial de Energia Solar Fotovoltaica	73
Figura 18 – Funcionamento de Sistema de Geração Centralizada de Energia Solar	74
Figura 19 – Funcionamento de Sistema de Aquecimento de Água com Boiler	75
Figura 20 – Matriz Elétrica Mundial de 2019	76
Figura 21 – Matriz Elétrica Brasileira de 2020	78
Figura 22 – Relação de Consumo de Energia Elétrica e Autoprodução Não Injetada na Rede no Ano de 2021	79
Figura 23 – Composição da Matriz Energética do Brasil e do Mundo em 2019.	81

Lista de tabelas

Tabela 1 – Energia Consumida com Chuveiro Elétrico	43
Tabela 2 – Perdas na Geração Fotovoltaica	46
Tabela 3 – Potencial Energético	51
Tabela 4 – Indicadores Técnicos	51
Tabela 5 – Indicadores Econômicos	52
Tabela 6 – Indicadores de Sustentabilidade	52
Tabela 7 – Normalização dos indicadores da creche Maria de Nazaré	53
Tabela 8 – Índices de Energia Solar e Eólica	54
Tabela 9 – Tabela de Saaty	55
Tabela 10 – Tabela de Pesos dos Indicadores	55
Tabela 11 – Índices de Viabilidade com Análise de Pesos	56
Tabela 12 – Emissão de CO ₂ Para Cada KWh Produzido	77
Tabela 13 – Porcentagem de Participação das Fontes Renováveis na OIE	81
Tabela 14 – Capacidade Instalada de Geração de Energia Por Fontes Renováveis per Capita	82

Lista de Quadros

1	Conceitos e suas definições	35
---	---------------------------------------	----

Lista de abreviaturas e siglas

ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
Confaz	Conselho Nacional de Política Fazendária
COVID-19	Coronavírus
CRESESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
Gt	Giga tonelada
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt-hora
HSP	Horas de Sol Pleno
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias
iNDC	Intended Nationally Determined Contribution
INEL	Instituto Nacional de Energia Limpa
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
Kg	Quilograma
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
MJ	Mega Joule
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-hora
ODM	Objetivos do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OIE	Oferta Interna de Energia
ONU	Organização das Nações Unidas
PASEP	Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	Programa de Integração Social
PL	Projeto de Lei
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
ProGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica
REIDI	Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura
SDG	Sustainable Development Goals
SIN	Sistema Interligado Nacional
TEEH	Turbinas Eólicas de Eixo Horizontal
TEEV	Turbina Eólica de Eixo Vertical
TWh	Terawatt-hora

USD United States Dollar

W Watt

Lista de símbolos

Si	Silício
CO_2	Gás Carbônico
m^2	Metro quadrado
$\%$	Porcentagem
$^{\circ}C$	Grau Celsius
m/s	metro por segundo

Sumário

	Sumário	27
1	INTRODUÇÃO	29
2	OBJETIVOS	31
3	METODOLOGIA	33
4	REFERENCIAL TEÓRICO	35
4.1	Regulação do setor de energia renovável	36
4.2	Indicadores de Viabilidade	37
5	PROPOSTAS DE PROJETOS DE SISTEMA DE GERAÇÃO DIS- TRIBUÍDA	41
5.1	Demanda atual de energia da instituição de educação infantil	41
5.2	Demanda de Energia da Creche Após Análise de Eficiência Energé- tica Com Aquecimento de Água com Placa de Boiler	43
5.3	Dimensionamento do Sistema de Geração Fotovoltaica	43
5.3.1	Perdas Associadas à Geração de Energia Fotovoltaica	44
5.3.2	Quantidade de Painéis Requerida	46
5.4	Proposta de Projeto de Sistema de Geração de Energia Eólica	46
5.5	Escolha do Aerogerador	47
5.6	Comparativo dos Aspectos Técnico, Econômico e Sustentável Entre os Projetos de Geração de Energia	50
5.6.1	Indicadores Técnicos	50
5.6.2	Indicadores Econômicos	51
5.6.3	Indicadores de Sustentabilidade	52
5.6.4	Normalização dos Indicadores	53
5.6.5	Índices de Viabilidade Considerando a Prioridade da Instituição de Ensino	54
5.7	Projeto de Instalação	56
6	CONCLUSÃO	61
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	APÊNDICE A – PRIMEIRO APÊNDICE	67
A.1	Tecnologia na Geração de Energia Eólica	67

A.2	Tecnologia na Geração de Energia Solar	71
A.2.1	Aquecimento de Água com Boiler	75
A.3	Matriz Elétrica	76
A.4	ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	79
A.4.1	ODS 7 – ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL	80
	ANEXO A – PRIMEIRO ANEXO	85
A.1	Datasheet do painel solar escolhido	85
A.2	Datasheet do Aerogerador TESUP - 5kW	87

1 Introdução

Seja para uso industrial, comercial ou residencial, a energia elétrica é essencial para o desenvolvimento social e econômico de um país. A automação e a modernização das tarefas na sociedade atual, traz consigo um aumento na demanda de energia elétrica. Cada vez mais são inventados equipamentos ou aparelhos que criam uma necessidade antes não existente, ou que exerçam funções antes desempenhadas pelo ser humano. Na creche Maria de Nazaré não é diferente. Por funcionar em horário integral, as crianças tomam banho e fazem três refeições por dia na creche, além das aulas e atividades em dois períodos. Tudo isso agrega para um consumo elevado de energia elétrica, principalmente os chuveiros elétricos que chegam a ser ligados até 8 ao mesmo tempo. Por se tratar de uma creche situada em uma região mais carente e vulnerável economicamente, a creche desempenha um papel fundamental na execução das necessidades básicas das crianças, que muitas vezes fazem suas refeições e higiene na creche porque não têm condições de fazerem em casa. Sendo assim, o banho em dois períodos é de caráter obrigatório.

Com o contínuo crescimento do consumo de energia elétrica na sociedade moderna, a busca por energias renováveis que compoñham a matriz energética do Brasil tem aumentado cada vez mais, pois uma matriz energética mais barata e diversificada é uma grande vantagem de mercado. Nesse contexto iniciam-se as discussões sobre um desenvolvimento sustentável do setor energético e de eficiência energética. O Brasil é um país abundante em recursos naturais, o que aumenta a variedade de opções de matéria-prima que podem ser utilizadas. Porém, o desenvolvimento no setor de tecnologia afeta a eficiência dos processos de geração de energia. A busca por energia renovável tem que equacionar a disponibilidade da matéria-prima com a eficiência do processo de geração de energia para minimizar o custo de produção. Nesse cenário, duas das energias renováveis que mais crescem no Brasil são: energia fotovoltaica e energia eólica. Além dos aspectos técnicos e econômicos a serem analisados em cada local de demanda, também existe o aspecto sustentável que já virou alvo de discussões internacionais, tal que o tema é abordado em diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável(ODS). O debate sobre energia limpa tem ganhado relevância em razão da contínua crescente da demanda por energia e a emissão de gases provenientes da geração de energia.

Os ODS fazem parte da Agenda de 2030 e são metas estabelecidas em conjunto e com incentivos mútuos por alguns países, dentre eles o Brasil, para serem cumpridos até 2030. Os ODS são bastante abrangentes, e abordam diversas áreas que precisam de desenvolvimento socioeconômico. Esse incentivo é uma grande oportunidade para o Brasil aproveitar o seu potencial natural e sair na frente nessa nova tendência de produção de energia elétrica. O ODS 7 que aborda "Energia limpa e acessível" engloba perfeitamente

a situação proposta pela creche Maria de Nazaré. Veremos ao longo do trabalho quais os indicadores utilizados pelo governo para mensurar o progresso nesse ODS e como a proposta implementação de energia renovável na instituição de educação infantil está inserida nesse contexto. Esse ODS demonstra como a discussão sobre o aspecto sustentável é tão importante quanto os aspectos técnico e econômico na hora de escolher uma fonte de energia renovável. Sendo assim, além da análise comparativa entre as alternativas de energia renováveis também serão propostas boas práticas, que são algumas mudanças de hábito em partes comuns da rotina da creche Maria de Nazaré.

Como acontece com algumas das novas tecnologias, a energia renovável também já começou a migrar do setor industrial para o setor comercial e residencial. Afinal, o comércio e as residências também podem contribuir para os ODS. O empreendedor ou morador precisa avaliar a viabilidade de instalação e as opções disponíveis para a sua necessidade. No caso da creche Maria de Nazaré, por ter um consumo equivalente a um pequeno comércio, requer um estudo aprofundado dos aspectos técnico, econômico e sustentável que compõem a mudança na fonte de geração de energia. Entretanto, a utilização energia eólica para estabelecimentos comerciais de pequeno porte ou residenciais está apenas começando no Brasil, sendo muito pouco ainda aproveitada nesse setor. Em termos de energia renovável para pequenos comércios e residências alguns dos desafios da energia eólica são o tamanho dos aerogeradores e o ruído produzido na geração de energia. No caso da creche Maria de Nazaré, há espaço suficiente para instalação de ambos e este espaço será avaliado como indicador na escolha da melhor opção de instalação de energia renovável.

2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é fazer uma comparação objetiva e realista de viabilidade de geração de energia de fonte fotovoltaica e eólica, que abranja aspectos técnicos, econômicos e sustentáveis, considerando a redução na emissão de gases poluentes, para uma instituição de ensino infantil com consumo de energia equivalente a um pequeno comércio. Após a comparação entre a geração de energia fotovoltaica e eólica, foi identificada qual das duas fontes renováveis atende melhor a Instituição de ensino Maria de Nazaré e o respectivo projeto de instalação foi projetado.

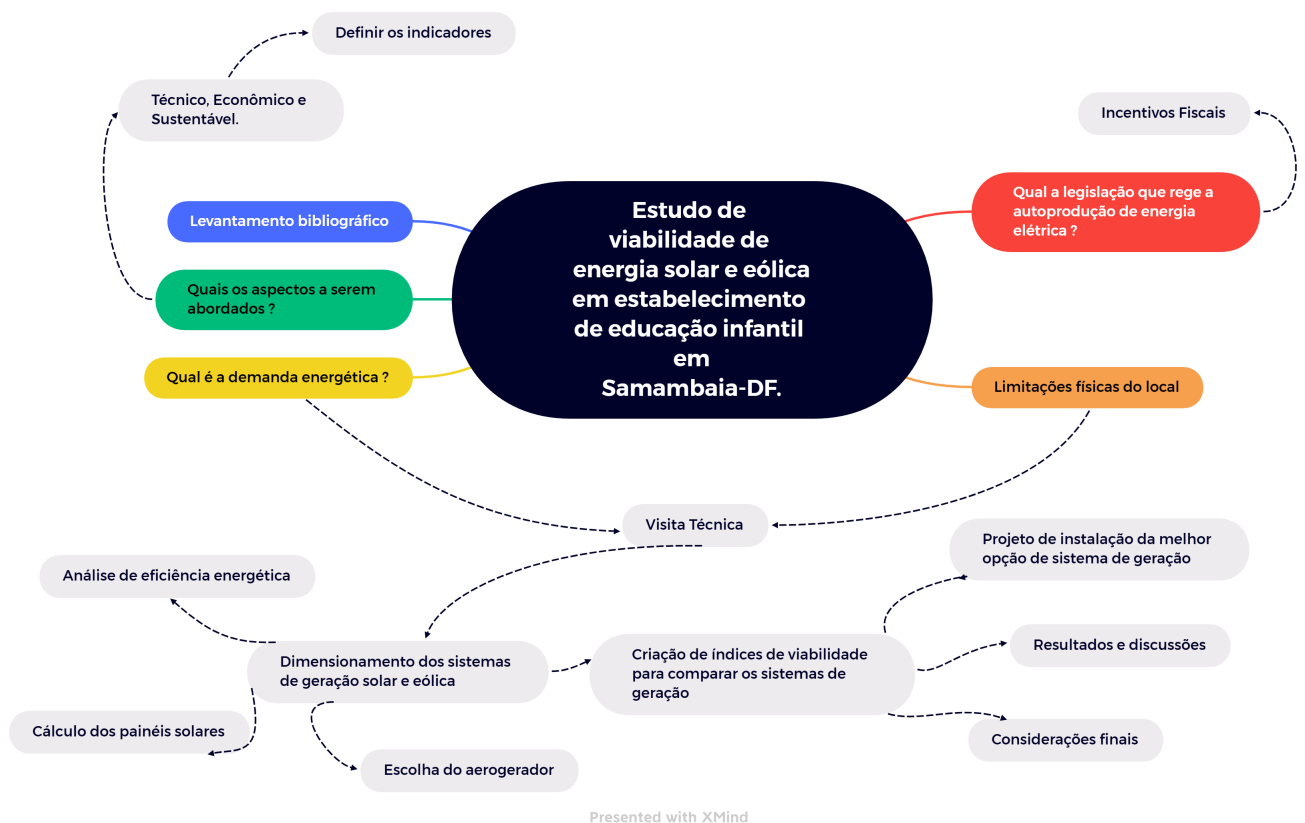
3 Metodologia

Este trabalho é um estudo comparativo onde foi definida a escolha entre duas instalações de energia renovável para um estabelecimento de educação infantil como objeto de estudo. Foram definidas indicadores que englobam o estudo comparativo para serem analisados afim de fazer uma comparação entre as duas instalações de energia e escolher a mais compensatória.

Este trabalho analisou duas possibilidades de empreendimentos de geração distribuída, energia solar e eólica, os benefícios e desvantagens de cada um. O trabalho visou contribuir para a decisão da nova geração de energia na creche.

A Figura 1 representa a metodologia aplicada no trabalho.

Figura 1 – Metodologia



Fonte:Elaboração Própria

A pesquisa também pode ser dita como exploratória, pois é um tema ainda com muitas lacunas nas bases de pesquisa, principalmente quando se trata se empreendimentos de energia eólica para pequenos comércios ou residências, ou pequenos consumidores de

forma geral. Muitas vezes parte-se do princípio que a energia fotovoltaica será mais eficiente, mas em alguns casos ficou claro que um empreendimento de energia eólica atende a demanda do consumidor.

Para coleta dos dados primários foi feita uma visita presencial a creche Maria de Nazaré, nesta visita foi possível observar o espaço disponível para instalação dos empreendimentos de energia renovável, a demanda de potência instalada, assim como o tipo de fase utilizado na creche. Durante a visita foi entrevistada a diretora responsável pela creche Maria de Nazaré. A creche também forneceu um histórico de 3 anos de sua conta de energia para uma análise de seu consumo de energia elétrica.

Para os cálculos da quantidade de painéis necessários no projeto foram utilizados dados do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), e informações do datasheet do painel solar escolhido para o projeto como a potência e eficiência do painel solar.

A escolha do aerogerador para o empreendimento de energia eólica foi baseada na relação de eficiência com custo. Para os cálculos da eficiência na geração de energia do empreendimento de energia eólica foram utilizados dados do aerogerador escolhido para o projeto como a curva de potência, além de dados do Atlas do potencial eólico brasileiro do CRESESB.

Para fazer uma comparação eficiente entre as instalações de energia fotovoltaica e eólica na creche Maria de Nazaré foram escolhidos indicadores predominantemente quantitativos e qualitativos. Para tratar de vários indicadores em unidades diferentes, foi escolhido o método de normalização de Wenzel, Haushild e Alting (1997).

Os resultados deste trabalho serão apresentados de forma quantitativa, onde será possível matematicamente comparar os dois tipos de instalações de energia renovável de acordo com os indicadores escolhidos.

4 Referencial Teórico

Nesta seção foram introduzidos os principais conceitos utilizados como base neste trabalho. Além disso, foi abordada a regulação da geração distribuída. O quadro 4 mostra autores pioneiros como Sachs(2002). Além de autores que abordam o conceito com o mesmo intuito deste trabalho como Scharf(2004), Rosa(2017), Gallotti(2021).

Quadro 1: Conceitos e suas definições

Conceito	Definição	Autor
Eficiência energética	"A definição de eficiência energética exprime produzir mais, ou no mínimo o mesmo, com menos, continuando com as mesmas características de antes, como por exemplo sua qualidade."	GALLOTTI, Verônica. Eficiência energética e empoderamento das suas políticas públicas, 2021.
Estudo de viabilidade de geração de energia	O estudo de viabilidade de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis compreende-se por estimar como se comportaria a produção de energia usando métodos não convencionais como usina hidrelétrica ou poluidores[...]	ROSA, Danillo. Estudo de viabilidade técnica para geração de energia a partir de fontes renováveis em uma propriedade rural em São Miguel do Araguaia, 2017.
Desenvolvimento Sustentável	É a forma como as atuais gerações satisfazem as suas necessidades sem, no entanto, comprometer a capacidade de gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades.	BRUNDTLAND, apud SCHARF, 2004.
Desenvolvimento Sustentável	Aqueles que pensam ser a sustentabilidade somente uma questão de controle de poluição não estão vendo o quadro completo.	HART apud Elkington, 2001.
Desenvolvimento Sustentável	Existem oito dimensões do desenvolvimento sustentável, dentre elas estão: dimensão econômica, dimensão social e a dimensão ambiental.	SACHS, Ignacy. Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável, 2002.

Fonte: Elaboração Própria

Muito se fala de eficiência energética de acordo com o conceito trazido por Gallotti (2021). Quando se trata de aparelhos elétricos existe o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) que inclusive criou um selo que qualifica em termos de eficiência energética os aparelhos elétricos. Porém, pouco ou quase nada se discute

na literatura, ou se tem políticas públicas, ou incentivos governamentais com relação a eficiência energética do comportamento da sociedade enquanto consumidora de energia elétrica. Notou-se um vácuo literário de análise da crescente demanda energética individual. Independente da densidade populacional, a demanda energética individual segue crescendo de acordo com o Balanço Energético Nacional, impulsionada pela criação de novas necessidades atendidas apenas por equipamentos eletrônicos. Se não há uma tentativa de desestimular o aumento da demanda energética, a alternativa é aumentar a Oferta Interna de Energia (OIE). E para expandir a OIE sem que haja um aumento na dependência dos combustíveis fósseis, o investimento em fontes alternativas de energia é imprescindível.

O sistema de geração de energia elétrica própria dentro ou próximo da unidade consumidora é chamado de geração distribuída de acordo com a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012. A geração distribuída pode ter como finalidade apenas o consumo próprio na unidade consumidora ou o consumo também nas outras unidades de consumo cadastradas pelo proprietário que tenham concessão da empresa reguladora. A geração centralizada fica então definida como a produção em larga escala de energia elétrica, onde as usinas produzem e vendem energia aos consumidores finais (ANEEL).

Não é conhecido nenhum tipo de geração de energia 100% limpo, pois qualquer processo de geração de energia conhecido até os dias de hoje afeta o meio ambiente de alguma forma, seja com emissão de gases poluentes, modificando a paisagem, ou de alguma forma menos agressiva. Sendo assim, considera-se energia limpa como sendo o tipo de produção de energia com pouca emissão de gases ou nenhuma emissão de gases no seu processo de geração, sendo utilizadas fontes de energia renováveis e naturais (Pinto,2013).

Em 2009, o Brasil lançou a Política Nacional sobre Mudança do Clima sob a Lei nº 12.187/2009. Existe um indicador chamado iNDC (*intended Nationally Determined Contribution*) que aborda a emissão de CO₂ do país durante o ano. Com metas para 2020, essa lei previa que o Brasil reduzisse sua emissão entre 36,1% e 38,9% para 2020. Posteriormente, o senado aprovou o PL 6539/2019, que modificou a Lei nº 12.187/2009 para incluir as metas adotadas pelo Brasil no acordo de Paris em 2015. Neste novo acordo, as metas de redução de emissão de CO₂ são de 37% para 2025 e 43% para 2030, que corresponde a 1,3GtCO₂ em 2025 e 1,2GtCO₂ em 2030 (ONU,2015).

4.1 Regulação do setor de energia renovável

Desde 2012 é permitido ao consumidor gerar sua própria energia a partir de fontes renováveis. Chama-se isso de micro ou minigeração distribuída de energia elétrica. Microgeração distribuída são os empreendimentos com potência de até 75 kW. Entre 75 kW até 5 MW são as ditas minigeração de energia distribuída (ANEEL).

Para solicitar a conexão de um sistema de geração de energia distribuída, existe formulários padrão a serem preenchidos junto a ANEEL. A ANEEL tem um prazo de 34 dias para efetivar a conexão do sistema após aprovado o cadastro. Lembrando que a solicitação do projeto, assim como o acompanhamento do seu funcionamento e manutenção, são de responsabilidade exclusiva do consumidor (ANEEL).

Em 2015, pela publicação da portaria MME nº 538/2015 o governo criou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica(ProGD). O Programa prevê o investimento de aproximadamente 100 bilhões de reais até 2030 e almeja um número de adesão de 2,7 milhões de unidades consumidoras e com isso reduzir em mais de 29 milhões de toneladas a emissão de CO₂ (MME).

A Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 foi criada justamente para o incentivo da expansão da micro e minigeração de energia elétrica, é a regulação vigente para a geração distribuída. Ainda assim, em 2015 a ANEEL lançou a Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015 que permite o consumidor usar os créditos de energia adquiridos em uma unidade consumidora em outra unidade que atenda os requisitos exigidos. O crédito de energia é aquela energia em excedente colocada na rede, que sobra da autogeração. Quando o sistema não está gerando energia, a rede abastece a unidade consumidora. Os créditos de energia demoram até 60 dias para serem analisados pela distribuidora. O prazo para o cadastro é de 60 dias (ANEEL).

Em relação aos impostos, o governo de acordo com a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 isentou o PIS e COFINS sobre a energia injetada na rede nos casos de produção no mesmo local de consumo. Sobre o ICMS, o Confaz publicou o Convênio ICMS nº 16 em 2015 que libera alguns estados a executarem a cobrança do imposto isentando a energia injetada na rede. Em outros estados a cobrança continua abrangendo toda energia consumida na unidade consumidora independente de sua fonte (ANEEL).

Para o pequeno consumidor, o senador Ciro Nogueira fez o projeto de lei 371/2015 atualmente em votação no Plenário do Senado Federal, que permite que seja usado o Fundo de Garantia por Tempo de Serviço(FGTS) para custear um projeto de geração distribuída em sua própria residência.

4.2 Indicadores de Viabilidade

Os indicadores de viabilidade foram escolhidos visando abranger os três aspectos abordados neste trabalho. Os indicadores técnicos escolhidos foram: aproveitamento de área, vida útil, potencial energético e eficiência. Os indicadores econômicos escolhidos foram: custo de implementação, custo de manutenção, *payback* e valor da energia gerada. Os indicadores de sustentabilidade escolhidos foram: ruído e redução no consumo de energia da rede. Nesta seção serão explicados os significados de cada indicador e o que eles

representam.

Um dos impactos gerados pela geração distribuída é o espaço ocupado pelo sistema de geração. Nesse sentido, o indicador aproveitamento de área visa mensurar o quanto o sistema oferece de potência instalada em relação a quanto espaço ele ocupa. O indicador aproveitamento de área é dado na Tabela 4 em kW de potência instalada por m² ocupado pelo sistema. É um indicador quantitativo, positivo, quanto maior o valor, melhor é a fonte alternativa de energia. O tamanho dos componentes e a potência nominal do sistema de cada uma das duas propostas de energia alternativa foram retirados dos respectivos *datasheet* do painel solar e aerogerador escolhidos.

A vida útil do sistema de geração de energia elétrica indica por quanto tempo o sistema está previsto para continuar gerando energia elétrica nas condições estabelecidas pelo fabricante, sendo feitas as devidas manutenções nos equipamentos. A vida útil dos painéis solares e do aerogerador dada na Tabela 4 foi retirada do *datasheet* fornecido pelos fabricantes de cada equipamento. Este é um indicador quantitativo e positivo, quanto maior seu valor, melhor é a fonte alternativa de energia alternativa. A unidade de medida do indicador é ano.

O potencial energético trata da quantidade de recurso natural disponível na região da creche Maria de Nazaré. Para o estudo da energia solar fotovoltaica o dado requerido foi a radiação solar em Brasília (Dornelas; Silva; Oliveira, 2006). Para o estudo da energia eólica o dado requerido é a velocidade do vento em Brasília que foi retirado do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Para comparar esses dados solarimétricos que são quantitativos, o potencial energético solar de Brasília foi avaliado de acordo com a abordagem de Tiba (2000). O potencial energético eólico foi avaliado de acordo com a abordagem de Amarante, Brower e Zack (2001). O resultado das duas abordagens é dado na Tabela 4 de forma qualitativa.

Eficiência na geração de energia elétrica indica o quanto do recurso natural fornecido ao sistema é aproveitado para o sistema. É um indicador quantitativo e positivo, quanto maior a eficiência, melhor é a fonte de energia alternativa. Para os painéis solares e aerogerador, as eficiências dos processos dada na Tabela 4 foram retiradas do *datasheet* fornecido pelos fabricantes dos materiais. Este indicador é dado em porcentagem.

O custo de implementação engloba o custo com todos os equipamentos necessários para colocar o sistema em funcionamento na creche Maria de Nazaré, além da mão de obra necessária para que seja feita a instalação. Os valores do sistema de geração solar e do sistema de geração eólica da Tabela 5 foram retirados de pesquisa de mercado em empresas como NeoEnergia, Intelbras, Energia Pura. É um indicador quantitativo e negativo, quanto maior o valor do indicador, menos viável é a fonte de energia alternativa. A unidade do indicador é o Dólar Americano(USD).

O custo de manutenção se refere ao valor monetário gasto para manter o sistema funcionando. Os valores da Tabela 5 foram retirados também de pesquisas de mercado das empresas NeoEnergia, IntelBras, Energia Pura. É um indicador quantitativo e negativo, piora a qualidade da energia renovável conforme seu valor é aumentado. A unidade do indicador é o Dólar Americano(USD).

O tempo de retorno do investimento ou *payback*, mensura quanto tempo será necessário para que o consumidor obtenha o valor investido em forma de economia em sua conta de energia. Este indicador é dado em ano. Os tempos de retorno do investimento apresentados na Tabela 5 foram obtidos através da relação entre os custos de implementação e de manutenção de cada sistema de energia renovável com a produção de energia gerada por cada uma das opções de energia alternativas apresentadas.

O valor da energia gerada mostra quanto o consumidor irá economizar com a energia gerada pelo sistema ao longo de sua vida útil. Este indicador relaciona a quantidade de kWh gerados por toda a vida útil do sistema com o preço da tarifação. É um indicador quantitativo e positivo pois seu acréscimo significa uma melhor opção de fonte alternativa de energia. Os valores apresentados na Tabela 5 são dados em Dólar Americano(USD).

A redução no consumo de energia elétrica da rede mostra o quanto mensalmente o consumidor vai deixar de utilizar da energia elétrica proveniente da rede local. Este indicador relaciona a energia produzida por cada um dos sistemas de geração de energia propostos com a energia anteriormente consumida por mês na unidade consumidora da creche Maria de Nazaré. Os valores dados na Tabela 6 são dados em porcentagem. Este indicador é quantitativo e positivo.

O ruído emitido por cada sistema de geração de energia representa um dos impactos gerados pela geração distribuída. Como o sistema será instalado em um centro urbano, o ruído é um fator importante a ser considerado no planejamento do projeto do próximo sistema de geração de energia da creche Maria de Nazaré. O ruído emitido por cada tipo de geração de energia foi classificado de forma qualitativa de acordo com os estudos de Noble (2015).

5 Propostas de Projetos de Sistema de geração distribuída

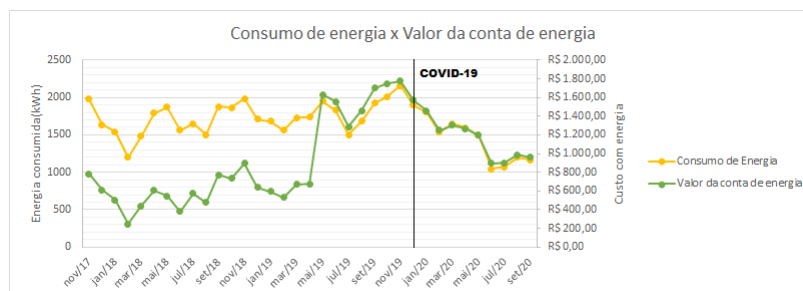
Nesta seção foi apresentada a demanda da creche Maria de Nazaré. As duas propostas de empreendimento serão elaboradas e dimensionadas baseadas nessa demanda de energia. Para a proposta de energia fotovoltaica, fazendo uma análise de eficiência energética, conclui-se que o aquecimento de água com boiler pode ser uma alternativa para diminuir a demanda de energia. Portanto, este fator foi utilizado na elaboração da proposta de energia fotovoltaica.

5.1 Demanda atual de energia da instituição de educação infantil

Como identificado em entrevista com um dos diretores responsável pela instituição de ensino, a Associação Maria de Nazaré é uma instituição filantrópica sem fins lucrativos que existe há mais de 30 anos. O foco da instituição é ajudar famílias em situação de dificuldade financeira e social. Os trabalhos sociais feitos pela instituição são direcionados principalmente para crianças e adolescentes, fazendo um serviço socioeducativo em tempo integral na creche.

Um dos requisitos de projeto em decorrência desses serviços prestados são os banhos dados nas crianças duas vezes ao dia, onde podem ser ligados até oito chuveiros elétricos simultaneamente, serviço social indispensável. Para calcular a quantidade de energia consumida em média pela creche, foi calculada a média do consumo de 35 meses, os meses ao final de 2020 e o ano de 2021 foram excluídos pelo fechamento da creche devido ao COVID-19 e com isso o consumo de energia desses meses não representa o consumo normal da creche em funcionamento. A Figura 2 representa a quantidade de energia consumida pela creche mensalmente e o seu devido custo.

Figura 2 – Custo e Consumo de Energia Elétrica da Creche Maria de Nazaré.



Fonte: Elaboração Própria com base no histórico de consumo da Creche Maria de Nazaré.

Baseado na média do histórico de consumo do último período disponível de 35 meses apresentado na figura 2, a creche consome em média 1655kWh de energia por mês. Além disso, a creche possui sistema trifásico, ou seja, de acordo com as regras de tarifação da concessionária local(NeoEnergia) a creche é obrigada a pagar por no mínimo 100kWh de energia, independente do uso.

Portanto, a creche consome 1655kWh em média por mês, sendo obrigada a pagar por 100kWh por mês para a concessionária local, logo o requisito de demanda de energia exigida pela creche para o projeto será de 1555kWh por mês.

Para o projeto de geração de energia fotovoltaica da creche Maria de Nazaré, foi escolhido o modelo de painel solar policristalino com potência nominal entre 325-350W. Este é um painel padrão na instalação de geração distribuída. Sua eficiência de acordo com o *datasheet* fornecido pelo fabricante é de 17%, ou seja, para cada 1000W/m² de irradiação solar padrão, o painel aproveita 170W. A Figura 3 demonstra onde seria instalado o sistema de geração fotovoltaica.

Figura 3 – Telhado da Creche Maria de Nazaré.



Fonte: Google.

A creche Maria de Nazaré possui um telhado inclinado para o Norte e um telhado inclinado para o Sul como indica a rosa dos ventos na figura 3. Como o Brasil se localiza no hemisfério sul, os painéis solares terão sua eficiência melhorada em telhados inclinados para o Norte, com inclinação igual ou menor que a latitude da unidade consumidora.

A área delimitada em vermelho seria utilizada para a instalação dos painéis solares. A latitude da instituição de ensino infantil é -15,86°S, uma inclinação relativamente leve devido a posição próxima do Brasil em relação a linha do equador.

5.2 Demanda de Energia da Creche Após Análise de Eficiência Energética Com Aquecimento de Água com Placa de Boiler

De acordo com a diretora da creche Maria de Nazaré, no turno da manhã e no turno da tarde são dados nas crianças cerca de 10 banhos por turno, com duração em média de 10 minutos cada banho. 10 minutos de água correndo em um chuveiro convencional tem vazão de 120 litros de água em média. Com bons hábitos como desligar o chuveiro na hora de ensaboar, esta vazão pode ser reduzida a 45 litros de água(CAESB). Portanto, gastaria-se cerca de 450 litros de água por turno. Sendo assim, um kit de placas solares com boiler de 500 litros é suficiente para atender a demanda de água.

O chuveiro da creche Maria de Nazaré funcionando em potência média, tem cerca de 5500 Watts de potência(PROCEL). 20 banhos de 10 minutos por dia equivalem a 200 minutos por dia de uso, ou ainda, 6000 minutos de uso por mês. Em horas, esse valor é equivalente a 100 horas de uso. Sendo assim, o consumo de energia da creche por mês com chuveiro elétrico é em torno de 550 kWh por mês.

Com a instalação de um sistema de aquecimento com placa de Boiler, a demanda da creche Maria de Nazaré para o restante do consumo ficaria em 1005 kWh por mês.

Tabela 1 – Energia Consumida com Chuveiro Elétrico

Potência Média	Tempo de uso	Total de consumo de energia
5500W	10 minutos por banho 20 banhos por dia 60000 minutos de uso por mês ou 100 horas de uso por mês	550kWh

Fonte: Elaboração própria.

5.3 Dimensionamento do Sistema de Geração Fotovoltaica

O primeiro passo para dimensionar um sistema de geração de energia fotovoltaica é descobrir a potência instalada requerida para atender a demanda energética da unidade consumidora. A potência instalada requerida pode ser expressa na equação abaixo:

$$P = \frac{E}{T \times n} \quad (5.1)$$

Onde:

P = Potência Instalada

E = Energia Gerada

T = Tempo

n = Rendimento do sistema

A potência instalada necessária será usada para calcular a quantidade de painéis solares do modelo escolhido que serão precisos para atender os requisitos do projeto.

A energia gerada de acordo com o previsto pela seção de demanda de energia da creche Maria de Nazaré e após o estudo de aquecimento de água com boiler deverá ser de 1005 kWh por mês.

Para o tempo que o sistema se manterá gerando energia, o CRESESB oferece um sistema de Horas de Sol Pleno(HSP) onde de acordo com as coordenadas geográficas da unidade consumidora, o coeficiente HSP indica quantas horas de incidência solar padrão de 1000W/m² aquela unidade consumidora terá. A latitude da creche Maria de Nazaré é -15,86°S. A longitude da instituição é de -48,09°O. De acordo com o CRESESB, a unidade consumidora com essas coordenadas geográficas tem um HSP de 5,24 horas por dia. Para deixar as unidades de tempo iguais, vamos multiplicar o coeficiente HSP por 30, para termos a quantidade de HSP em um mês na creche Maria de Nazaré. A padronização do tempo como mensal foi assim definida para um melhor controle da geração de energia por parte da unidade consumidora, uma vez que a tarifação da energia elétrica consumida é feita mensalmente. Portanto, o coeficiente HSP será de 157,2 horas por mês.

5.3.1 Perdas Associadas à Geração de Energia Fotovoltaica

O rendimento "n" presente na Equação 5.1 é composto pelas perdas associadas ao longo do sistema de geração de energia elétrica.

A perda por temperatura é a que mais prejudica a eficiência na geração fotovoltaica. O fabricante indica a potência nominal do painel baseado nas condições de teste padrão, o que engloba a temperatura do módulo sendo 25°C. Entretanto, na prática a temperatura módulo varia e isso afeta a eficiência do painel solar. Em média, o módulo fotovoltaico atinge temperaturas entre 20°C e 30°C maiores que a temperatura local. Para encontrar o valor da perda por temperatura utiliza-se as equações abaixo:

$$C_{perda} = C_{temp} \times T_{real} \quad (5.2)$$

$$T_{real} = T_{local} + (T_{local} - 25) \quad (5.3)$$

Onde:

C_{perda} = Coeficiente de perda por temperatura

C_{temp} = Coeficiente de temperatura da potência de pico

T_{local} = Média anual da temperatura máxima da região de instalação

No *datasheet* fornecido pelo fabricante o coeficiente de temperatura da potência de pico é de $-0,39\%/^{\circ}\text{C}$, ou seja, para cada $^{\circ}\text{C}$ diferente de 25°C haverá uma queda de $0,39\%$ na eficiência do painel.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a média da temperatura máxima anual de Brasília é de 27°C . Portanto, resolvendo as Equações 5.2 e 5.3 o valor do coeficiente de perda por temperatura é de $11,31\%$.

Também há perdas na transmissão da energia gerada tanto enquanto corrente contínua quanto corrente alternada. Isto ocorre graças ao efeito joule. O efeito joule é o fenômeno de transformação de eletricidade em calor quando esta eletricidade passa por um condutor. Basicamente, as partículas em movimento da corrente elétrica se chocam com a parede do material condutor, causando o seu aquecimento. A perda por efeito joule é maior conforme o tamanho dos fios condutores. Essas perdas podem variar de 1% a 7% . No caso da creche Maria de Nazaré os módulos de painéis ficariam relativamente perto dos inversores diminuindo as perdas, de forma que foi considerado uma perda de 1% para os fios condutores de corrente contínua e 1% para os fios condutores de corrente alternada.

Outro fator de perda é a poeira ou sujeira. As partículas de sujeira atrapalham a interação da incidência dos raios solares com os módulos dos painéis fotovoltaicos. Esse fator varia entre 1% a 5% de perda. Apesar de Brasília ter bastante poeira devido a sua baixa umidade os painéis da creche Maria de Nazaré estarão inclinados o que facilita o menor acúmulo de partículas por conta da gravidade. E também a limpeza dos painéis estará inclusa na rotina da equipe de limpeza, facilitando a manutenção dos painéis. Dessa forma, foi considerado um fator de 1% de perda por sujeira.

Existe ainda as perdas por incompatibilidade, ou seja, divergências na geração dos painéis ao longo da *string* de painéis. Essas divergências podem ser causadas por diversos fatores. Divergência na inclinação dos painéis, ou até mesmo uma divergência nas propriedades de fabricação dos módulos que compõem os painéis. As perdas por incompatibilidade ou *mismatch* também variam de 1% a 5% . Para a creche Maria de Nazaré foi estimado uma perda de 5% neste fator.

Por último, existe a perda na eficiência do inversor. De acordo com o *datasheet* do inversor, a eficiência do inversor é de $98,6\%$ causando uma perda de $1,4\%$. Assim, as perdas na geração fotovoltaica e o rendimento do sistema podem ser representados na Tabela 2.

Tabela 2 – Perdas na Geração Fotovoltaica

Perda por Temperatura	11,34%
Perda por Incompatibilidade	5%
Perda por Efeito joule	2%
Perda por Sujeira	1%
Perda no Inversor	1,4%

Fonte: Elaboração própria.

5.3.2 Quantidade de Painéis Requerida

Com a descoberta do rendimento do sistema, se torna possível resolver a Equação 5.1. Com a Equação 5.1 resolvida, é descoberta a potência instalada requerida pelo sistema que é igual a 8,06 kW. O número de painéis solares necessários pode ser expresso pela Equação 5.4.

$$N = \frac{P}{325 \times 0,9} \quad (5.4)$$

Onde:

N = Número de painéis solares necessários

P = Potência instalada requerida

Para efeito de cálculo foi usada a potência nominal mínima fornecida pelo fabricante, 325W. Multiplica-se essa potência nominal por 0,9 para prevenir possíveis discrepâncias entre a potência nominal prometida e a potência efetiva dos painéis. A potência instalada necessária pode ser expressa pela Equação 5.1. Com a solução da Equação 5.4, 27 painéis solares serão necessários para atender a potência instalada requerida pela creche Maria de Nazaré.

5.4 Proposta de Projeto de Sistema de Geração de Energia Eólica

Para a escolha do melhor aerogerador para atender aos requisitos de projeto da creche Maria de Nazaré, primeiro é necessário saber qual a velocidade média do vento na localização da unidade consumidora. Com esta informação, pode-se comparar as estimativas dos possíveis aerogeradores de acordo com as suas curvas de potência.

A curva de potência de um aerogerador indica quanto de potência o aerogerador atinge para cada velocidade média do vento o qual está submetido. De acordo com o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, a velocidade média na região do Planalto Central varia de 4 m/s a 7 m/s conforme se aproxima da região do Mato Grosso do Sul. Os valores exatos da velocidade média vão variar de acordo com a altura analisada e com a urbanização nos

casos dos centros urbanos. Para a escolha do aerogerador a ser instalado na creche Maria de Nazaré foi considerada a velocidade média do vento de 6 m/s.

5.5 Escolha do Aerogerador

Para residências e pequenos comércios, a potência dos aerogeradores comercializados varia até 2kW. Como esperado, quanto maior a potência do aerogerador, maior o seu custo, portanto a escolha passa por relação de custo-benefício. Nem sempre o aerogerador mais potente será a melhor opção. Foram selecionados dois aerogeradores de potências nominais diferentes para um comparativo entre a relação custo-benefício de ambos.

Figura 4 – Curva de Potência e Expectativa de Geração do Aerogerador Skystream 3.7 - 1,9kW.



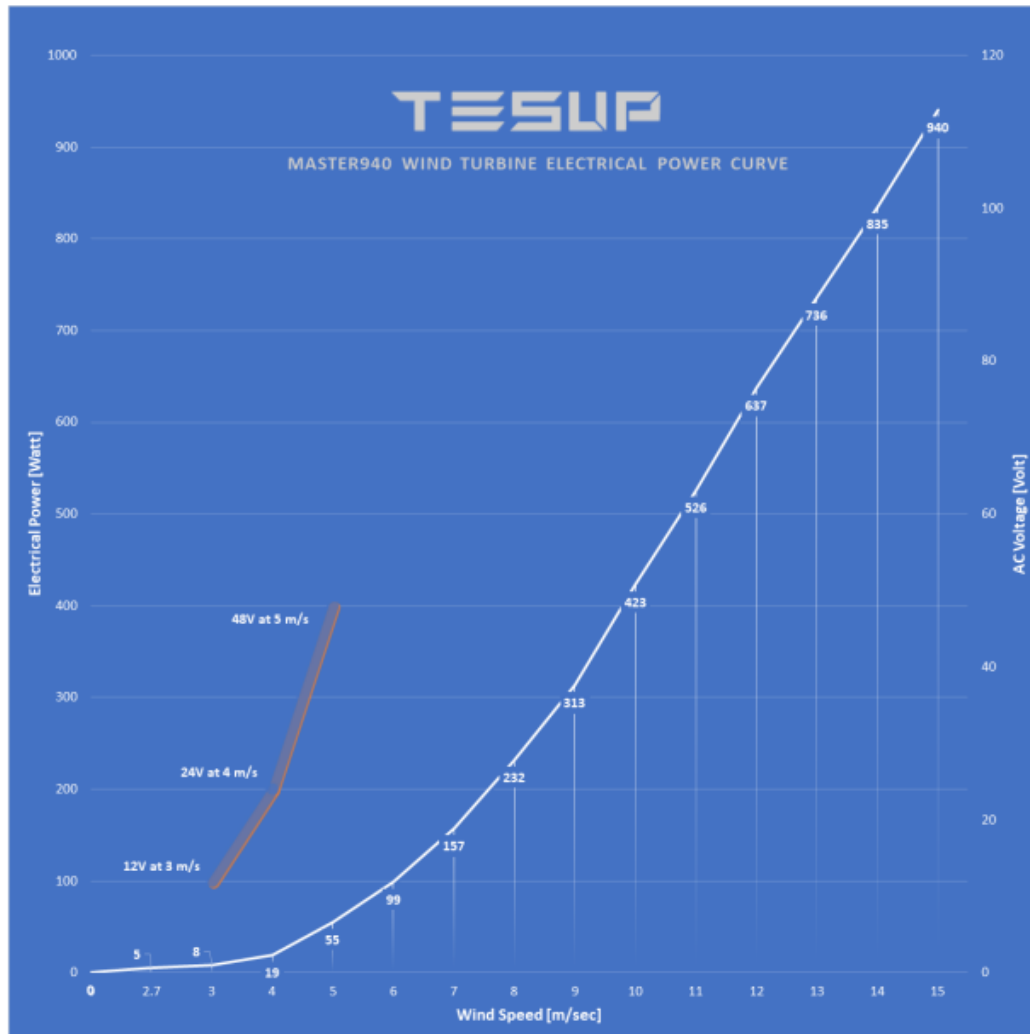
Fonte: Manual do Usuário do Aerogerador Skystream 3.7.

A estratégia foi de escolher aerogeradores que possuam velocidade do vento de pico relativamente baixa, ou seja, aerogeradores que atinjam a sua potência nominal com velocidades do vento baixas. o Aerogerador horizontal Skystream 3.7 de 1,9kW de potência nominal atinge esta potência com ventos de 9 m/s. Para velocidade média de 6 m/s na unidade consumidora, o aerogerador Skystream 3.7 gera cerca de 450kWh por mês, alcançando uma potência de cerca de 625W em média. No Brasil, este aerogerador é comercializado por cerca de USD 5350,00. Este é um aerogerador horizontal.

Uma das vantagens do Skystream 3.7 é que ele possui um sistema integrado com um inversor, o que permite já fornecer a energia pronta pra consumo residencial em corrente alternada e na frequência utilizada nas residências de 60Hz. A figura 5 apresenta a curva de potência de um outro aerogerador horizontal, o TESUP de 1kW de potência nominal.

O aerogerador vertical TESUP de 1kW de potência nominal, para a velocidade

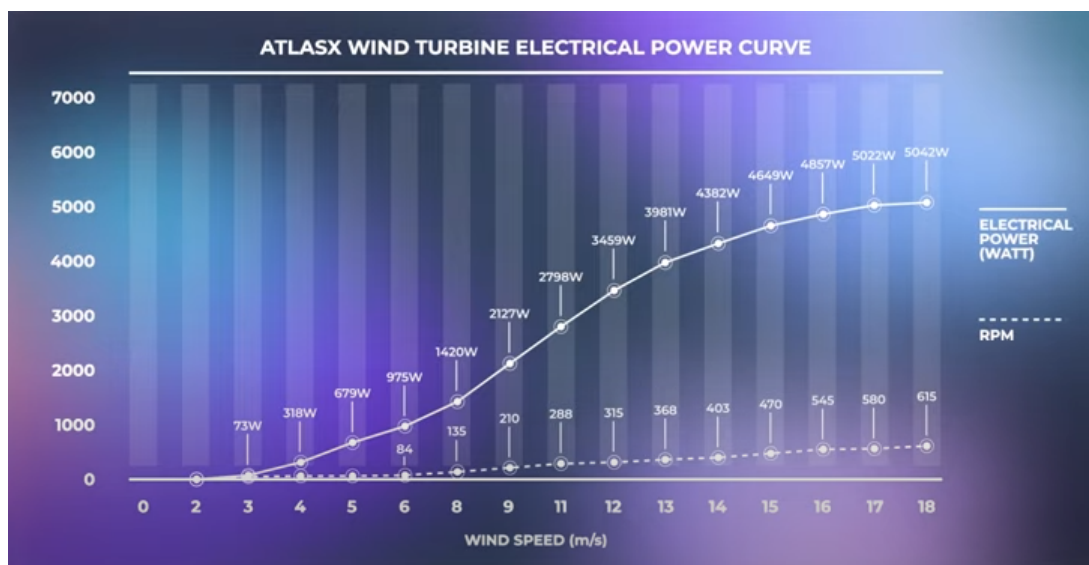
Figura 5 – Curva de Potência do Aerogerador TESUP - 1kW.



Fonte: Manual do Usuário do Aerogerador TESUP 1kW.

da unidade consumidora de 6 m/s atinge uma potência de 100W. Com essa potência, o aerogerador TESUP de 1kW será capaz de gerar 72kWh de energia elétrica por mês. No Brasil, este aerogerador é comercializado por cerca de USD 720,00. Devido a demanda energética apresentada pela unidade consumidora de 1555kWh por mês, fica evidente que precisariam de muitos aerogeradores TESUP de 1kW para suprir essa demanda, constatando-se que para a velocidade média do vento de 6 m/s, a potência do TESUP 1kW é muito abaixo dos requisitos do projeto.

Figura 6 – Curva de Potência do Aerogerador TESUP - 4kW.



Fonte: Manual do Usuário do Aerogerador TESUP 4kW.

O aerogerador vertical TESUP de 4kW de potência nominal atinge 975W de potência para a velocidade média do vento de 6 m/s. Com essa potência o aerogerador seria capaz de gerar cerca de 702kWh por mês. Da mesma forma, 2 aerogeradores TESUP de 4kW de potência nominal seriam capazes de gerar 1404 kWh por mês na unidade consumidora, valor próximo aos 1555kWh apresentados na demanda energética da creche Maria de Nazaré. Este aerogerador é comercializado por cerca de USD 2000,00.

Figura 7 – Aerogerador TESUP - 4kW.



Fonte: Manual do Usuário do Aerogerador TESUP 4kW.

Portanto, o aerogerador escolhido foi o TESUP de 4kW potência nominal. A sua baixa potência atingida na velocidade média do vento da unidade consumidora juntamente com seu baixo custo trouxeram uma boa relação de custo-benefício para este modelo. Entretanto, serão necessários 2 aerogeradores para atender a demanda energética da creche Maria de Nazaré.

5.6 Comparativo dos Aspectos Técnico, Econômico e Sustentável Entre as Propostas de Projetos de Geração de Energia

Para fazer um comparativo realista entre as propostas de projetos de geração de energia, é necessário que os indicadores escolhidos possam ser mensurados de forma precisa. Os indicadores foram escolhidos de forma que abordem os três aspectos tratados por este trabalho, são eles: aspecto técnico, aspecto econômico e aspecto sustentável. Após a escolhidos e mensurados os indicadores foi feita uma normalização para englobar todos, que estão em unidades diferentes, em uma única soma. Os indicadores técnicos escolhidos foram: aproveitamento de área, vida útil, potencial energético e eficiência. Os indicadores econômicos escolhidos foram: custo de implementação, custo de manutenção, *payback* e valor da energia gerada. Os indicadores de sustentabilidade escolhidos foram: ruído e redução no consumo de energia da rede. Nesta seção será justificada a escolha de cada indicador e sua importância para este trabalho.

5.6.1 Indicadores Técnicos

O primeiro indicador técnico de viabilidade escolhido foi o aproveitamento de área. Este indicador é importante para mensurar quanto de espaço físico é requerido pelo sistema de geração de energia para que seja gerada a energia elétrica. É a relação direta entre a capacidade instalada do sistema com a área que ele ocupa. Apesar do sistema fotovoltaico ser instalado no telhado, um espaço não usado diretamente pela instituição de ensino infantil, o indicador ainda se faz necessário pois o espaço ocupado requer cuidados de manutenção, preocupação com possíveis sombreamentos então mesmo no telhado, existe relevância no espaço ocupado pelo sistema fotovoltaico.

O segundo indicador técnico de viabilidade é a vida útil do sistema. A vida útil do equipamento implica diretamente no valor agregado do sistema, quanto maior a vida útil, mais tempo gerando energia limpa e conseqüentemente maior será a economia da unidade consumidora.

O potencial energético é um indicador técnico de viabilidade importante, pois indica a disponibilidade do recurso natural usado pelos sistemas de geração renovável na região da unidade consumidora. Ter abundância no recurso natural disponível indica um

melhor aproveitamento na instalação de um sistema de geração de energia que aproveite esse recurso. A tabela 3 mostra os valores registrados para o potencial energético e como esses valores são transformados em um indicador qualitativo de acordo com a literatura.

Tabela 3 – Potencial Energético

Recurso Natural	Quantidade	Indicador Quantitativo	Qualitativo
Radiação Solar	18,83 MJ.m ⁻² .d ⁻¹	14 a 16 MJ.m ⁻² .d ⁻¹	1
		16 a 18MJ.m ⁻² .d ⁻¹	2
		Acima de 18MJ.m ⁻² .d ⁻¹	3
Velocidade média do vento	6 m/s	3 a 5 m/s	1
		5 a 7 m/s	2
		7 a 9 m/s	3

Fonte: Elaboração própria com base em Amarante, Brower e Zack(2001) e Tiba et al. (2000).

A eficiência na geração de energia elétrica se justifica como indicador técnico de viabilidade pela mesma finalidade do potencial energético. Dado o recurso natural disponível, a tecnologia de cada sistema de geração consegue aproveitar uma fração deste recurso natural para transformar em energia elétrica. Portanto, uma tecnologia eficiente na geração de energia implica diretamente na escolha do sistema.

Tabela 4 – Indicadores Técnicos

Indicadores Técnicos	Energia Fotovoltaica	Energia Eólica
Aproveitamento de área	0,16 kW.m ⁻²	0,48 kW.m ⁻²
Vida Útil	25 anos	20 anos
Potencial Energético	3	2
Eficiência	17,71%	30%

Fonte: Elaboração própria com base em dados de campo e bibliografia.

5.6.2 Indicadores Econômicos

Os valores demonstrados neste trabalho foram cotados em Dólar Americano(USD), a cotação usada foi de USD 1,00 = R\$ 5,42.

O primeiro indicador econômico de viabilidade é o custo de implementação. O custo de implementação afeta diretamente a viabilidade econômica do projeto, devendo ser cuidadosamente analisado. O interesse é sempre ter um projeto com o menor custo possível, isso se torna mais evidente com a creche Maria de Nazaré que é uma instituição sem fins lucrativos.

O custo de manutenção também afeta a viabilidade econômica do projeto por se tratar de uma despesa que deve ser contabilizada periodicamente para manter o sistema

em funcionamento.

O *payback* é importante para colocar a geração de energia do sistema, o preço dessa energia e o investimento feito em um único indicador. A relação destes três dados resulta no tempo de retorno do investimento. Assim como qualquer investimento, o investidor sempre busca um rendimento satisfatório que minimize ao máximo o tempo para recuperar a quantia investida e passar a lucrar com o investimento. Na geração de energia não é diferente, o *payback* é uma excelente métrica para a relação custo-benefício de um projeto de geração limpa.

O valor da energia gerada é fundamental para precificar cada kWh gerado pelo sistema ao longo de toda sua vida útil. Este indicador valoriza o sistema que gera mais energia, por mais tempo. É uma estimativa de quanto em valor monetário vale toda a energia gerada durante a vida útil do sistema.

Tabela 5 – Indicadores Econômicos

Indicadores Econômicos	Energia Fotovoltaica	Energia Eólica
Custo de implementação	USD 6097,78	USD 4690,03
Custo de manutenção(anual)	USD 30,49	USD 93,80
<i>Payback</i>	1,87 anos	1,84 anos
Valor da energia gerada	USD 47891,29	USD 51047,57

Fonte: TESUP, 2022.

5.6.3 Indicadores de Sustentabilidade

O indicador de sustentabilidade redução no consumo de energia elétrica da rede é fundamental para mostrar qual a porcentagem do uso de energia da rede que estará deixando de ser usado e passando a ser proveniente de geração de energia limpa. De acordo com o inventário anual de 2021 da ANEEL, o SIN emite cerca de 0,1264tCO₂ para cada MWh.

O ruído feito pelo sistema é um fator importante na escolha da fonte de energia renovável, pois na creche Maria de Nazaré são dadas aulas para crianças em dois períodos. Além do fato da creche estar localizada em um centro urbano. A avaliação qualitativa foi feita de acordo com os estudos de Evans, Strezov e Evans (2008).

Tabela 6 – Indicadores de Sustentabilidade

Indicadores Sustentáveis	Energia Fotovoltaica	Energia Eólica
Redução no consumo da rede	93,96%	83,26%
Ruído	1	3

Fonte: EVANS, A; STREZOV, V; EVANS, T. J, 2009.

5.6.4 Normalização dos Indicadores

Após definidos todos os indicadores, é necessário que seja elaborado com método para que os indicadores, que estão em unidades diferentes, sejam analisados em conjunto. Destaca-se que não foram atribuídos pesos a nenhuma das categorias de indicadores. Todos os indicadores irão contribuir para o resultado final de forma igualitária. A normalização foi feita baseada nas ideias de Wenzel, Hauschild e Alting (1997). Foi feita uma normalização simples, onde o valor de referência escolhido é a média aritmética entre os valores dos critérios. A equação 5.5 mostra como foram normalizados os indicadores.

$$N_{ij} = \frac{S_{ij}}{S_j} \quad (5.5)$$

Onde:

N_{ij} = Valor do indicador normalizado

S_{ij} = Valor do indicador antes da normalização

S_j = Valor de referência para normalização

Com a ressalva de que os indicadores que forem bons para o desempenho do sistema de geração, ou seja, o aumento do seu valor absoluto represente uma melhora na escolha do sistema de geração, são colocados com valores positivos. De forma análoga, os indicadores negativos serão aqueles que o aumento do seu valor absoluto representar uma piora na escolha do sistema de geração de energia. A Tabela 7 representa como ficaram os indicadores após as devidas normalizações.

Tabela 7 – Normalização dos indicadores da creche Maria de Nazaré

Indicadores Técnicos	Unidade	Energia Fotovoltaica	Energia Eólica	S_j	N_{ij} EF	N_{ij} EE
Aproveitamento de área	kW.m ⁻²	0,16	0,48	0,32	0,5	1,5
Vida útil	Ano	25	20	22,5	1,11	0,89
Potencial energético	Qualitativo	3	2	2,5	1,2	0,8
Eficiência na Geração	%	17,71	30	23,85	0,74	1,26
Indicadores Econômicos						
Custo de instalação	USD	6097,78	4690,03	5393,90	-1,13	-0,87
Custo de manutenção	USD.Ano ⁻¹	30,49	93,80	62,15	-0,49	-1,51
<i>Payback</i>	Ano	1,87	1,84	1,86	-1,01	-0,99
Preço da energia gerada	USD	70985,31	51047,57	61016,44	1,16	0,84
Indicadores Sustentáveis						
Redução no consumo de energia da rede	%	93,96	84,83	89,39	1,05	0,95
Ruído	Qualitativo	1	3	2	-0,5	-1,5

Fonte: Elaboração própria.

Com os indicadores normalizados, o próximo passo é que sejam somados em um único índice para que possa ser feita a comparação entre os dois tipos de geração de energia renovável. De forma que os índices são representados pelas equações 5.6 e 5.7.

$$I_{ES} = \sum N_{ij}EF \quad (5.6)$$

$$I_{EE} = \sum N_{ij}EE \quad (5.7)$$

Onde:

I_{ES} = Índice de Viabilidade de Energia Solar

I_{EE} = Índice de Viabilidade de Energia Eólica

Operando as somas dos indicadores e resolvendo as Equações 5.6 e 5.7, o resultado é mostrado na Tabela 8.

Tabela 8 – Índices de Energia Solar e Eólica

Índice de Viabilidade de Energia Solar	2,63
Índice de Viabilidade de Energia Eólica	1,37

Fonte: Elaboração própria.

Sendo assim, a sugestão para a creche Maria de Nazaré é de implementação de um sistema de energia fotovoltaica para atender a sua demanda de energia elétrica.

5.6.5 Índices de Viabilidade Considerando a Prioridade da Instituição de Ensino

Por vezes o investidor, ou cliente, tem preferência quanto a prioridade dos indicadores a serem considerados. Por este motivo foi feito uma análise dos indicadores com base nos cenários possíveis de interesse do investidor. A metodologia utilizada para atribuição de pesos foi o método de análise hierárquica (SAATY, 1991). O método consiste em avaliar o grau de importância de um aspecto em relação ao outro, de acordo com a perspectiva do investidor. Os valores de importância obedecem a tabela abaixo:

Tabela 9 – Tabela de Saaty

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Fraca importância de uma sobre a outra	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente uma atividade e relação a outra
5	Essencial ou forte importância	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é fortemente favorecida e sua dominância é demonstrada na prática
9	Absoluta importância	A evidência favorecendo uma atividade sobre a outra é a mais alta ordem de afirmação

Fonte: Análise Hierárquica - Estatística Multivariada, Saaty.

Com base na tabela acima, foram simulados seis cenários diferentes com possíveis variações de preferências da creche Maria de Nazaré. A variável W indica o peso, a ordem dos subíndices indica a preferência da creche em relação aos aspectos analisados. O subíndice t indica o aspecto técnico, o subíndice e indica o aspecto econômico e o subíndice s indica o aspecto sustentável. O resultado pode ser demonstrado na tabela abaixo:

Tabela 10 – Tabela de Pesos dos Indicadores

	Peso _{it}	Peso _{ie}	Peso _{is}
W_{tes}	1/1	1/5	1/9
W_{tse}	1/1	1/9	1/5
W_{ets}	1/5	1/1	1/9
W_{est}	1/9	1/1	1/5
W_{ste}	1/5	1/9	1/1
W_{set}	1/9	1/5	1/1

Fonte: Elaboração Própria com base na Tabela de Saaty.

Utilizando os pesos da tabela 10 obtém-se os seguintes Índices de Viabilidade:

Tabela 11 – Índices de Viabilidade com Análise de Pesos

	Energia Solar	Energia Eólica
W_{tes}	3,32	3,88
W_{tse}	3,50	4,06
W_{ets}	-0,70	-1,70
W_{est}	-0,97	-2,15
W_{ste}	1,10	0,06
W_{set}	0,65	-0,56

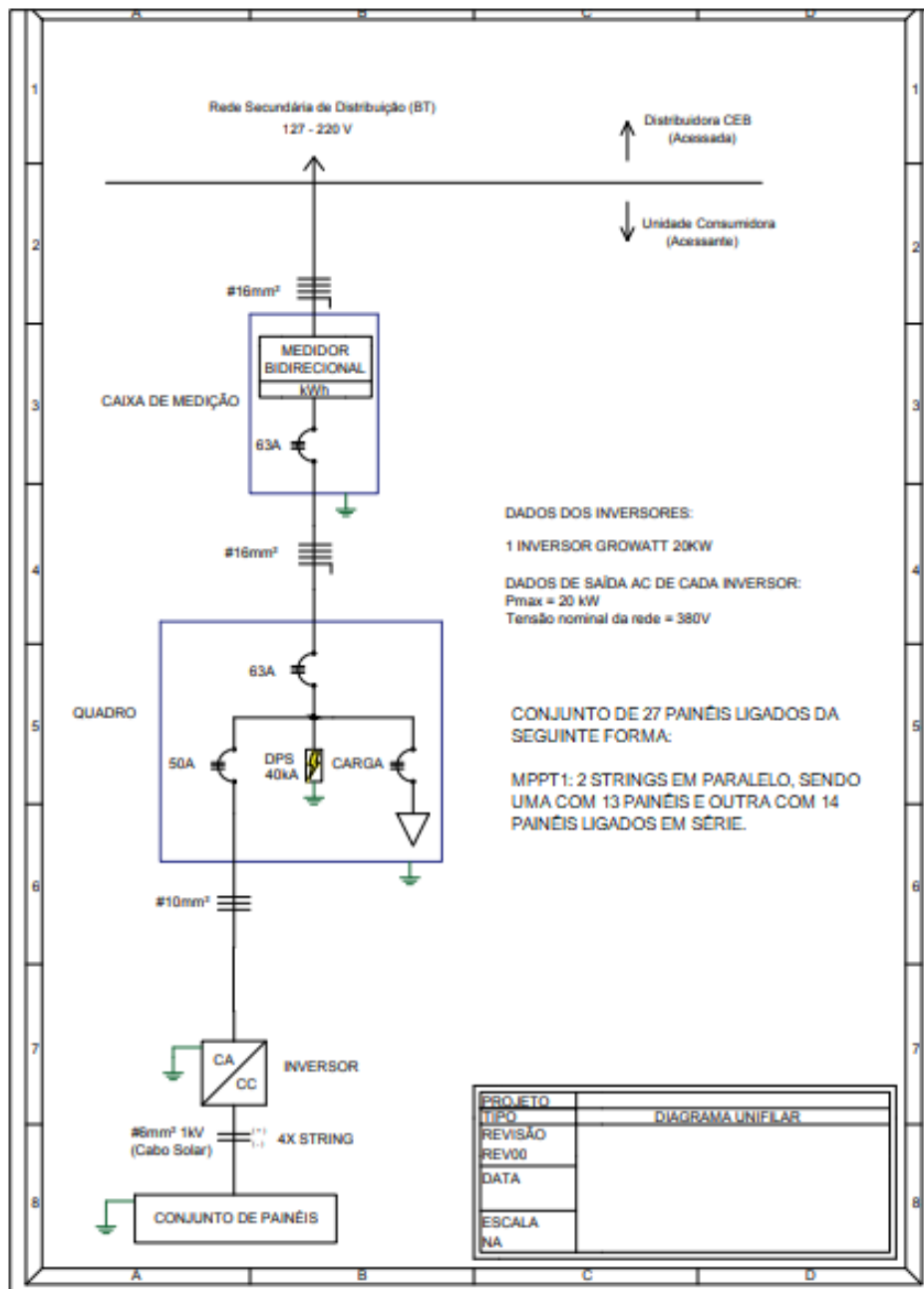
Fonte: Elaboração Própria.

O índice de viabilidade de energia eólica foi melhor apenas quando considerado os indicadores técnicos como prioridade. O empreendimento de energia eólica ocupa menos espaço para funcionar, além de ter uma melhor eficiência de aproveitamento do recurso natural utilizado. Há duas formas de analisar a baixa eficiência da tecnologia de energia solar em aproveitar o recurso natural. Por um lado a baixa eficiência indica que há dificuldade em aproveitar melhor o recurso natural disponível. Por outro lado também indica que existe ainda bastante espaço para melhorar a eficiência deste tipo de empreendimento conforme a tecnologia de uso for sendo aprimorada. Para os demais cenários, o empreendimento de energia eólica teve o índice de viabilidade superior, sendo considerado a melhor opção de instalação, assim como no cenário sem utilização de pesos.

5.7 Projeto de Instalação

Em visita a creche Maria de Nazaré, verificou-se que a creche possui um telhado duas águas, ambos os lados com espaço amplo para instalação dos painéis solares. Como a creche está localizada no hemisfério sul do planeta, o melhor telhado para a instalação dos painéis solares é o que está inclinado para o Norte assim como em qualquer parte de Brasília, pois o Sol nasce ao Leste e se põe ao Oeste, inclinando-se ao Norte durante o dia.

Figura 9 – Diagrama Unifilar do Projeto de Geração Solar.



Fonte: Elaboração própria.

De acordo com o diagrama unifilar acima, o conjunto de painéis é distribuído no telhado ao longo de um sistema composto de duas *strings* cada, ligadas em paralelo, onde uma string possui 13 painéis ligados em série e a outra possui 14 painéis também ligados em série. Esse sistema de ligar os painéis em série e as *strings* em paralelo é feito para que se mantenha os valores da tensão e da corrente dentro dos parâmetros do inversor. Na saída dos painéis solares ficará ligado o inversor, que será responsável por transformar a corrente contínua proveniente da geração de energia dos painéis em corrente alternada, modelo de uso para pequenos comércios e residências. A tensão de saída dos painéis

solares também é elevada em relação aos padrões de uso comerciais e residenciais local, portanto o inversor também tem a função de reduzir a tensão de 380 Volts para 220 Volts, funcionando também como um transformador. Com isso, além de gerar energia o sistema projetado trata a energia gerada de forma a deixá-la pronta para o consumo na creche.

Após modelada para consumo, a energia produzida passa pelo quadro geral da creche e pelo medidor bidirecional. O quadro geral, que distribui a energia normalmente dentro da creche, possui disjuntor geral de 63A. No quadro geral, em uma caixa galvanizada, também serão colocados um disjuntor tripolar de 50A e os DPS(Dispositivo de Proteção contra Sobretensões) que são para proteção do sistema contra curtos ou elevações inesperadas na tensão do sistema. Após isso também é feito o aterramento. O medidor bidirecional é responsável por medir, em kWh, a quantidade de energia que a creche escoa para a rede pública enquanto produção excedente e a quantidade de energia que a creche utiliza da rede pública em momentos de déficit de geração. Após o medidor, existe a conexão com a rede de distribuição, a qual vai receber energia excedente produzida pela creche em troca de créditos de energia e também fornecer energia normalmente quando a creche necessitar. Com este projeto, a creche Maria de Nazaré conseguiria reduzir sua conta de energia em até 93%, levando em conta que o pagamento mensal a concessionária local por 100kWh de energia é obrigatório devido a instalação trifásica utilizada pela creche.

6 Conclusão

Com a conclusão deste trabalho foi possível fazer uma comparação entre a implementação dos sistemas de geração de energia solar e eólica, considerando os aspectos técnico, econômico e sustentável. Após isso, foi possível fazer o projeto de instalação do sistema de energia fotovoltaica que foi mostrado ser a melhor opção para geração de energia limpa na instituição de ensino Maria de Nazaré.

Foi possível concluir que a implementação do sistema de geração fotovoltaica é a melhor opção para a instituição de ensino. Na análise dos índices de viabilidade sem pesos, a energia fotovoltaica se provou com melhor desempenho considerando os aspectos abordados anteriormente neste trabalho. Dentre os seis cenários possíveis considerando pesos para os aspectos, de acordo com a preferência da instituição de ensino, a energia fotovoltaica se mostrou com melhor desempenho em quatro cenários. Portanto, foi escolhida a geração de energia fotovoltaica para elaboração do projeto de instalação.

Apesar do melhor desempenho do sistema de energia solar, o sistema de energia eólica apresentou bons resultados em indicadores como: aproveitamento de área, custo de instalação e eficiência na geração. Isso ressalta a importância de se fazer uma análise completa do caso, que englobe todos os pormenores importantes para a escolha do sistema implementado. Vale destacar o indicador *payback* que apresentou valores relativamente baixos para os dois tipos de geração de energia. Esse resultado se deve aos incentivos governamentais para geração de energia limpa, que reduziram os preços dos equipamentos, além da alta tarifação da energia elétrica em Brasília. Esses fatores combinados promovem uma boa relação custo-benefício para implementação de sistemas de energia limpa.

Para a energia consumida com os banhos, o aquecimento de água com boiler se mostrou extremamente útil, abaixando consideravelmente a quantidade de energia requerida para esquentar a água utilizada no banho na instituição de ensino infantil.

Vale ressaltar que este trabalho foi entregue uma semana após o lançamento na nova regulamentação da ANEEL, por meio da lei 14300/2022, aprovada no dia 07 de fevereiro de 2023. Esta nova regulamentação prevê um novo sistema de tarifação para o consumidor-gerador que injeta seu excedente de geração na rede. A mudança vem por meio da tarifação de uso do chamado Fio-B. O Fio-B é a infraestrutura da distribuidora de energia que é utilizada pelo consumidor-gerador, quando precisa injetar a energia excedente na geração na rede de distribuição. Na antiga regulamentação por meio da Resolução Normativa 482/2012 o uso desta infraestrutura era isento de tarifas. Esta tarifação será feita gradualmente até 2029, quando ainda será regulamentada uma tarifa fixa desta data em diante.

A nova regulamentação afetará diretamente os valores de *payback* obtidos neste trabalho, pois o consumidor-gerador pagará uma nova tarifa ainda não declarada quando utilizar o Fio-B. Os valores reais tarifados pela utilização do Fio-B são desconhecidos até a data deste trabalho. Fica impossibilitado na presente data de publicação deste trabalho o cálculo de acordo com a nova regulamentação pois ainda não são conhecidos os parâmetros de tarifação do Fio-B necessários, sendo recomendado que sejam feitos estudos futuros quando tais parâmetros forem parametrizados.

7 Referências Bibliográficas

ABSOLAR. Evolução da capacidade instalada de energia eólica.. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>> Acesso em: 20 de jun. de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução normativa N° 482, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/atren2012482>> Acesso em: 05 de jun. de 2022.

AMARANTE, O. A. C; BROWER, M; ZACK, J. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. MME/ELETROBRÁS/CEPEL, 2021.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Estudos Especiais. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/estudos-especiais>. Acesso em: 05 de jun. de 2022.

CRESESB. Potencial Solar. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata> Acesso em: 25 de jun. de 2022.

ELKINGTON, John. **Canibais com Garfo e Faca**. São Paulo: Makron Books, 2001.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-interativo>. Acesso em: 07 de jun. de 2022.

EVANS, A; STREZOV, V; EVANS, T. J. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. Sidney, 2008.

GALLOTTI, Verônica. Eficiência energética e empoderamento das suas políticas

públicas. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 2021.

GOVERNO FEDERAL. Lei N^o 12.187, de 29 de Dezembro de 2009. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 dez. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm> Acesso em: 05 de jun. de 2022.

INMET. Dados Meteorológicos. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 25 de jun. de 2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Energy Supply. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics>. Acesso em: 07 de jun. de 2022.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>> Acesso em: 05 de jun. de 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Portaria N^o538, de 15 de Dezembro de 2015. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 dez. 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias/2015/portaria-n-538-2015.pdf/view>. Acesso em: 05 de jun. de 2022.

NEOENERGIA. Você sabe como funciona um aerogerador ? Disponível em: <https://www.neoenergia.com/pt-br/te-interessa/meio-ambiente/Paginas/como-funciona-um-aerogerador.aspx> Acesso em: 15 de jun. de 2022.

NOBLE, Bram. *Enrvironmental Impact Assessments: A Guide to Principles and Practice.* Oxford University Press, 2015.

ONU BRASIL. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> Acesso em: 05 de jun. de 2022.

PINTO, Milton. Fundamentos de Energia Eólica. Rio de Janeiro: LTC, 2013

PROCEL. Procel - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/procel-programa-nacional-de-conservacao-de-energia-eletrica-1>. Acesso em: 05 de jun. de 2022.

ROSA, Danillo. Estudo de viabilidade técnica para geração de energia a partir de fontes renováveis em uma propriedade rural em São Miguel do Araguaia, 2017.

SACHS, Ignacy. Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável. 4. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SCHARF, Regina. Manual de negócios sustentáveis. São Paulo: Amigos da Terra; FGV; GVces, 2004.

SENADO FEDERAL. Projeto de Lei nº 6539, de 2019. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/140343> Acesso em: 06 de jun. de 2022.

TIBA, Chigueru. et al. Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados terrestre. Recife: Ed. Universitaria da UFPE, 2000.

WENZEL, H; HAUSCHILD, M; ALTING, L. *Environmental Assessment of Products*. (vol. 1). United Kingdom: Chapman Hall, Hingham: Kluwer Academic, 1997.

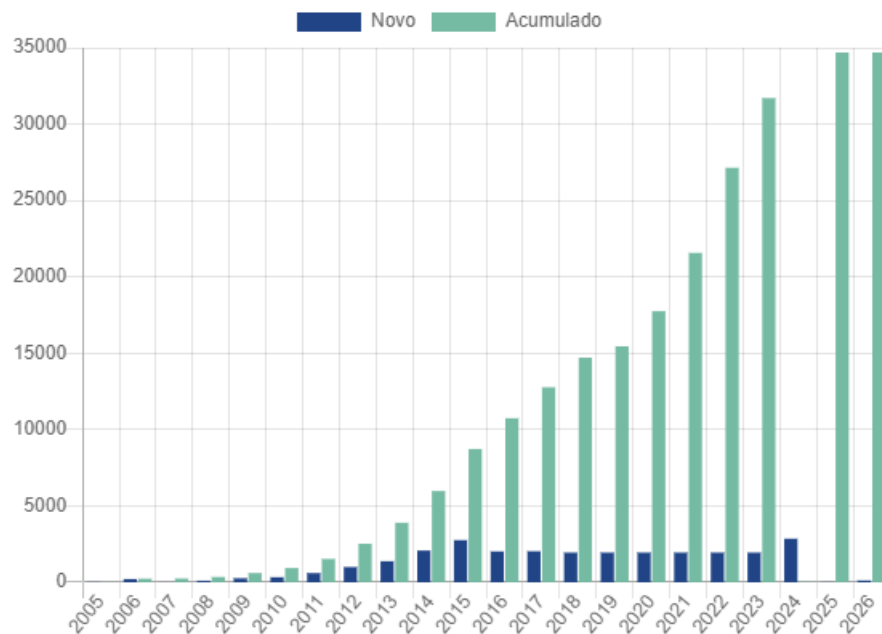
APÊNDICE A – Primeiro Apêndice

A.1 Tecnologia na Geração de Energia Eólica

Que o homem sempre usou os recursos da natureza em seu benefício não é nenhuma novidade. E o vento não é exceção, dentre as diversas funcionalidades para o vento desenvolvidas pelo homem, a geração de energia elétrica passou a ser uma delas na segunda metade do século XX. Desde a crise do petróleo na década de 70, quando se descobriu que o recurso não é renovável, os investimentos em pesquisa e desenvolvimento em novas fontes de energia se intensificaram e uma dessas novas fontes é a energia eólica. No Brasil, o aproveitamento da energia eólica para a geração de energia elétrica começou na década de 90 (ABEEólica).

Cada R\$1,00 real investido em energia eólica acresce R\$2,90 reais no PIB (ABEEólica,2022). Atualmente, o Brasil conta com mais de 800 parques eólicos e mais de 22GW de capacidade instalada em fontes de energia eólica (ABEEólica,2022).

Figura 10 – Evolução e Previsão da Capacidade Instalada de Energia Eólica

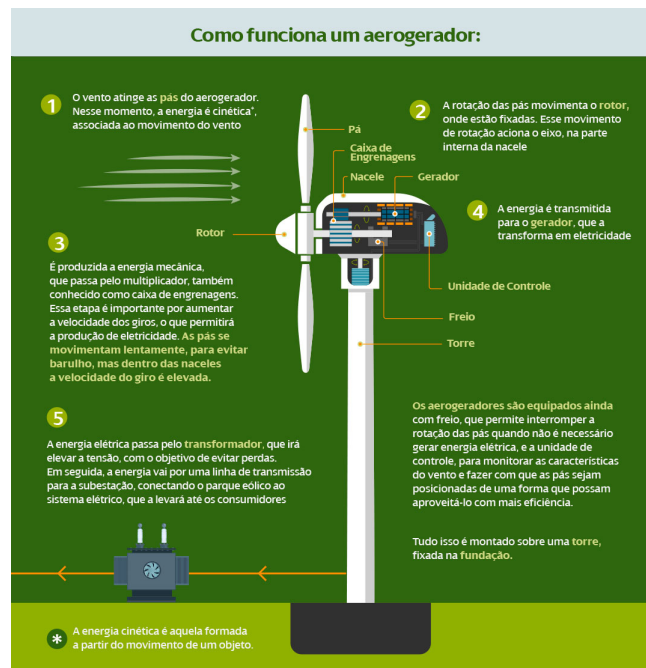


Fonte: Associação Brasileira de Energia Eólica,2022.

Observa-se que de 2014 em diante o Brasil teve um aumento praticamente constante ano após ano na sua capacidade instalada de geração de energia eólica, o que resultou em um aumento considerável na participação dessa fonte de energia na matriz energética e

na matriz elétrica brasileira. Como mostra a Figura 21, a energia eólica compõe 8,8% da matriz elétrica brasileira. Mas como funciona esse mecanismo de geração de energia? A Figura 11 demonstra os equipamentos básicos de um Aerogerador usado para geração de energia eólica e como cada etapa é realizada.

Figura 11 – Funcionamento de Um Aerogerador

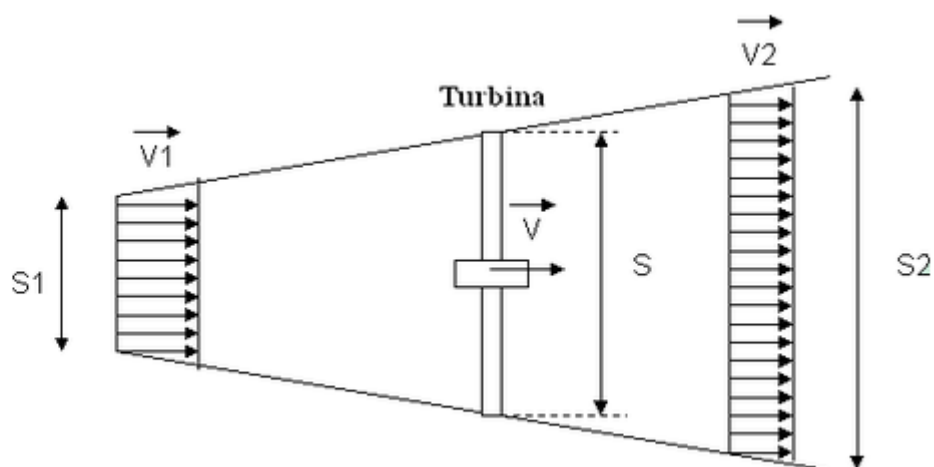


Fonte: NeoEnergia, 2022.

Em resumo, a energia cinética do vento em movimento, tira as pás do aerogerador da inércia. O movimento das pás aciona o rotor do aerogerador, gerando energia mecânica no eixo. Essa energia mecânica do eixo. No nacelle, essa energia mecânica é multiplicada e direcionada para um gerador de energia que por um processo de indução eletromagnética transforma a energia mecânica em energia elétrica. Para o caso de geração em larga escala, essa energia elétrica tem sua tensão elevada para então ser direcionada para as linhas de transmissão. O aumento da tensão da energia elétrica é feito para evitar perdas. Um detalhe importante da geração de energia eólica é que a energia elétrica produzida já está na forma de corrente alternada(CA), não sendo necessário converter de corrente contínua(CC) após o processo de geração. Fato este que não exclui a utilidade de incluir um inversor no projeto, muito útil para alinhar a frequência da energia produzida com a da rede elétrica.

Atualmente, a eficiência média dos aerogeradores giram em torno de 40%. Uma eficiência relativamente boa, se considerada a Lei de Albert Betz e o coeficiente de Betz, que aponta uma eficiência máxima de um sistema de geração de energia eólica de aproximadamente 59%. A Figura 12 mostra como é esquematizado um rotor.

Figura 12 – Desenho Esquemático de Um Rotor



Na figura:

- V_1 - Velocidade do vento antes das pás da turbina;
- V - Velocidade do vento nas pás da turbina;
- V_2 - Velocidade do vento após a turbina;
- S_1 - Secção do tubo antes da turbina;
- S - Secção da turbina;
- S_2 - Secção do tubo depois da turbina.

Fonte: Universidade do Minho, 2022.

A velocidade do vento antes das pás (V_1) tem no máximo 66% o valor da velocidade do vento em seu trajeto livre e uma parte dessa energia ainda é desperdiçada no processo. Com isto, o valor de eficiência ideal encontrado é de 59%.

Existem dois tipos de turbinas eólicas. Existem as turbinas de eixo vertical e as turbinas de eixo horizontal.

É denominado turbina eólica de eixo vertical (TEEV) pois o eixo do rotor se encontra perpendicular ao chão, portanto o vento também atinge o eixo perpendicularmente. A Figura 13 mostra um modelo de aerogerador de eixo vertical.

Figura 13 – Aerogerador de Eixo Vertical



Fonte: Universidade Federal de Juíz de Fora, 2022.

Quando comparadas com as turbinas eólicas de eixo horizontal(TEEH), as TEEV são consideradas de pequeno porte de forma geral. Fato que diminui os custos de investimento e torna o projeto mais acessível. Os custos de manutenção também são menores por conta disto. Para projetos de pequeno porte, a TEEV tem ganhado destaque também por conta da sua estética, ganhando a preferência de arquitetos e consumidores que levam este fator em consideração. As TEEV também apresentam um bom desempenho para vento com muita flutuação, aumentando assim o tempo de operação e diminuindo a necessidade de mecanismos que monitorem a variação de direção e velocidade do vento, qualidade útil em unidades consumidoras localizadas em centros urbanos.

A Turbina Eólica de Eixo Horizontal(TEEH) é a mais utilizada no mercado de geração de energia eólica. Ela é usada nos grandes parques eólicos pela sua maior eficiência e maior capacidade de geração. Para projetos de grande porte ela é a mais indicada. Suas torres podem chegar a mais de 100 metros de altura e suas pás chegam a mais de 80 metros de comprimento nos aerogeradores de grande porte (ABEEólica,2022).

Figura 14 – Aerogerador de Eixo Horizontal



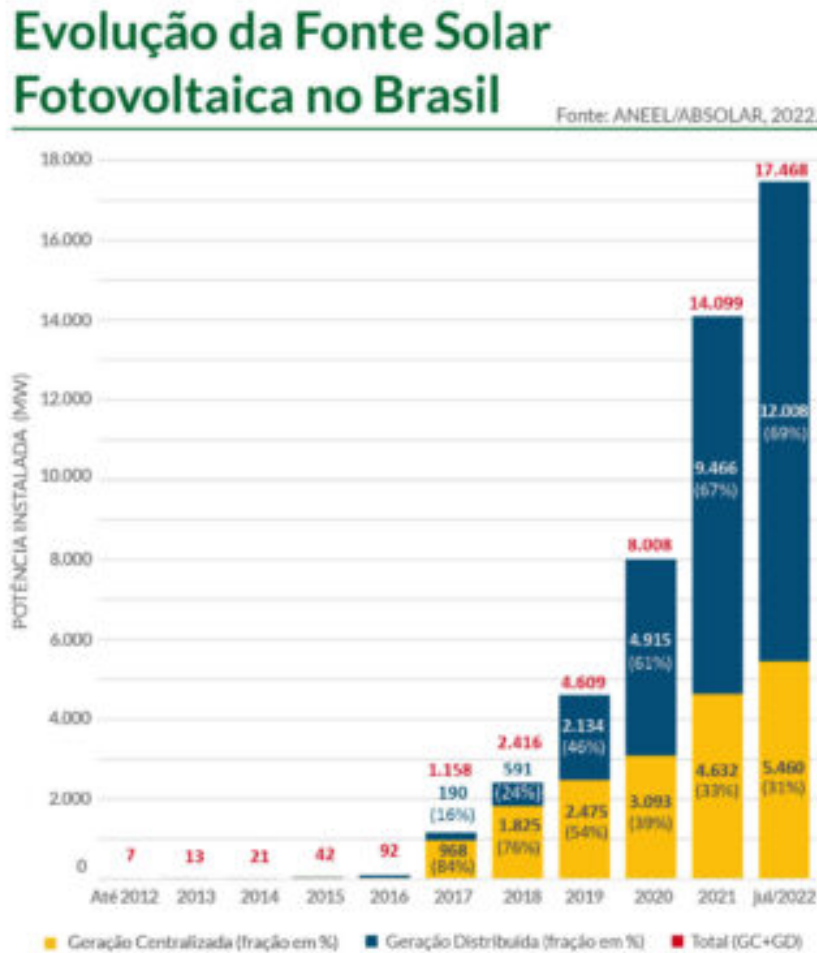
Fonte: Forbes Brasil

Existem modelos diferentes do mostrado na Figura 14, os modelos modernos podem variar entre duas e três pás. Quanto menor o número de pás, maior a eficiência na geração de energia. Entretanto, os aerogeradores com três pás têm mais estabilidade em relação aos de duas pás, aumentando sua capacidade de gerar energia com menos velocidade, comprometendo menos a estrutura do sistema, aumentando a vida útil do equipamento e produzindo menos ruído (ENERGÊS,2022)

A.2 Tecnologia na Geração de Energia Solar

No Brasil, o mercado de geração de energia solar vem em crescimento ano após ano, a Figura 15 da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ASBOLAR) em parceria com a ANEEL mostra o progresso na capacidade instalada de energia solar no Brasil.

Figura 15 – Evolução da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil



Fonte: ANEEL e ABSOLAR, 2022.

Como mostrado na Figura 15, a geração distribuída vem trazendo um grande aumento na geração de energia solar sendo responsável por 69% da potência instalada no Brasil. e o aumento de 92MW em 2017 para mais de 17 mil MW em 2022 mostra como está acelerado o crescimento desse segmento. O setor residencial representa a maior parcela dos sistemas de geração distribuídas instalados com 78,4% (ANEEL, 2022). Além de compor 47,3% da capacidade instalada em geração distribuída do país (ABSOLAR).

No Brasil já são mais de um milhão de sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede (ABSOLAR, 2022). Em termos de unidades consumidoras o número já chega a 1,4 milhão (ABSOLAR, 2022).

Para acompanhar este crescimento acelerado, são necessárias políticas que aqueçam o mercado de produtos que abastecem esse segmento. A Figura 16 mostra a quantidade de fabricantes de peças e equipamentos necessários para projetos de energia solar.

Figura 16 – Fabricantes do Setor de Energia Solar

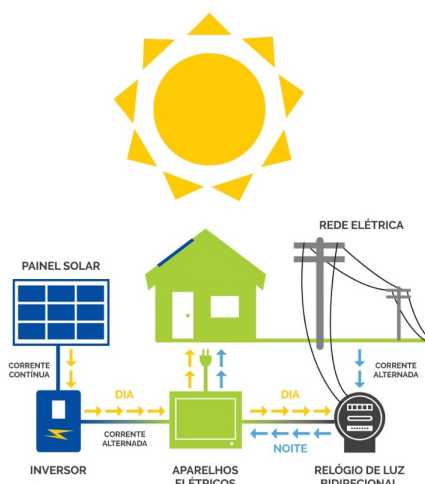


Fonte: BNDES,2022.

Como pode ser visto na Figura 16, o Brasil precisa investir em mais políticas que promovam a competitividade, causando assim uma redução do custo primário da produção das peças e equipamentos necessários para o segmento e não apenas reduzir a tributação.

A geração da energia solar fotovoltaica é possível graças as células fotovoltaicas que são capazes de transformar a energia da radiação eletromagnética do sol em corrente elétrica. Isso ocorre porque a célula é composta de materiais semicondutores, o mais utilizado atualmente é o silício(Si). Em resumo, os fótons da luz solar energizam os elétrons dos átomos de silício gerando movimento desses elétrons. Este movimento gera a corrente elétrica.

Figura 17 – Funcionamento de Sistema Residencial de Energia Solar Fotovoltaica



Fonte: Desenvolt Energia Sustentável,2022.

Este é um sistema padrão de geração de energia fotovoltaica *on grid*. Após gerada a energia elétrica, ela passa pelo inversor para ser transformada em corrente alternada(CA), pois ela sai do painel fotovoltaico em corrente contínua(CC). Após transformada em corrente alternada e alinhada a frequência para uso doméstico ela abastece as necessidades da unidade consumidora, sendo que o excedente ela despeja na rede. Quando o sistema não estiver produzindo energia, ele usará a energia da rede, ao final do mês o proprietário pagará somente a diferença da diferença usada da rede e a gerada pelo seu sistema fotovoltaico. Em caso de excesso de produção ele terá créditos de energia para usar em outras unidades consumidoras dele ou usar o crédito em futuras contas de energia elétrica.

O sistema *off grid* é parecido com o mostrado na Figura 13, a diferença é que ele não despeja o excedente produzido na rede e sim armazena em baterias. Quando não está produzindo energia o sistema utiliza a energia armazenada nas baterias. Este sistema é mais utilizado em áreas remotas, onde por vezes é mais barato a instalação de um sistema solar fotovoltaico off grid.

Para as usinas de energia solar o sistema é parecido, veja a Figura 14.

Figura 18 – Funcionamento de Sistema de Geração Centralizada de Energia Solar



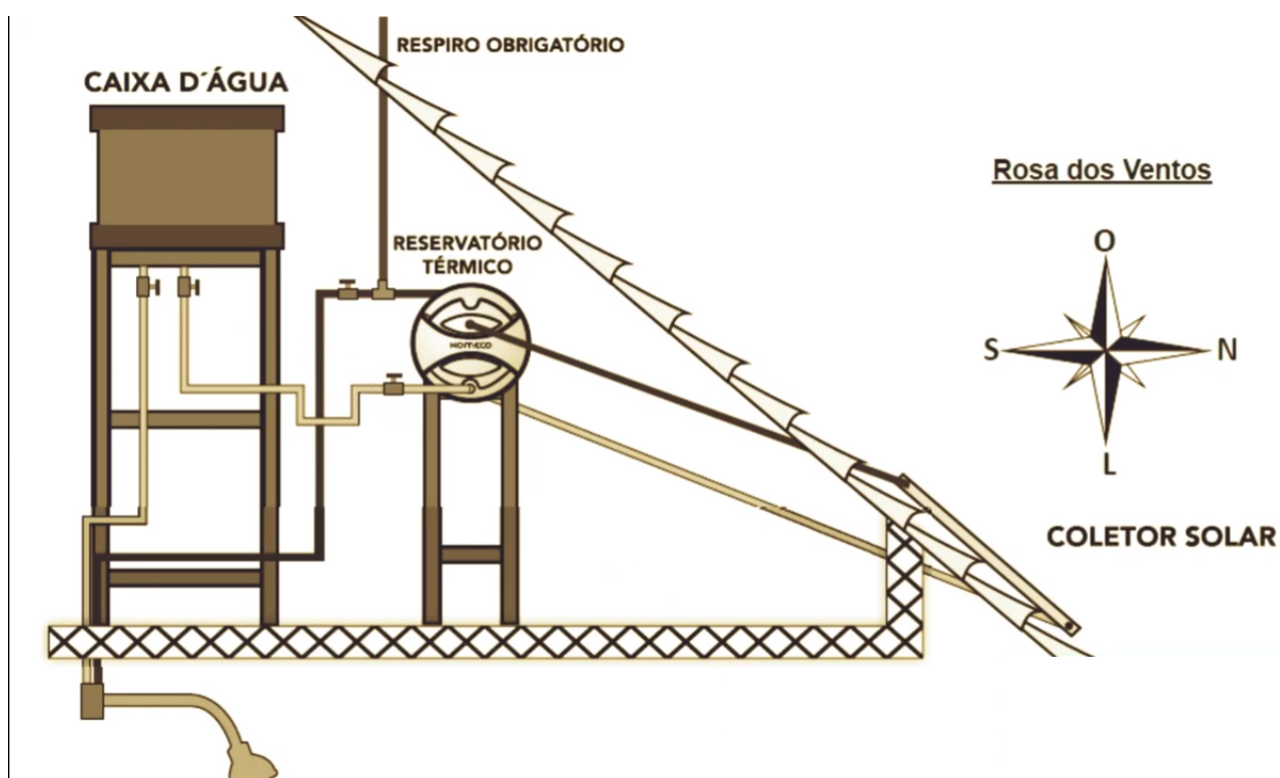
Fonte: Solmat Energia Solar,2022.

A geração centralizada funciona de forma parecida com a distribuída. Após a saída da energia elétrica gerada pelos painéis fotovoltaicos, essa energia é transformada em corrente alternada pois é a forma como ela é conduzida nas linhas de transmissão. Entretanto, ela tem sua tensão aumentada de acordo com a linha de transmissão que ela for ser despejada para diminuir as perdas durante a transmissão de energia. Elevadas tensões significam baixas correntes elétricas, o que diminui as perdas.

A.2.1 Aquecimento de Água com Boiler

O aquecimento de água é um dos produtos possíveis com a utilização de painéis solares. O sistema de aquecimento proposto para o caso da creche Maria de Nazaré é o de circulação termo cifão ou circulação natural. O sistema pode ser ilustrado na figura abaixo:

Figura 19 – Funcionamento de Sistema de Aquecimento de Água com Boiler



Fonte: Enerbel Automação e Energia, 2022.

A água fria sempre circula pela tubulação inferior, tanto no coletor solar quanto no reservatório térmico. A água é aquecida no coletor solar e direcionada para o reservatório térmico, que é capaz de preservar sua temperatura mesmo que a temperatura ambiente esteja baixa. A diferença de temperatura da água permite que ela vença a força gravitacional e circule sem a necessidade de bombas ou qualquer tipo de motor elétrico. O tempo de absorção de calor dos raios solares necessário para o início do processo é de aproximadamente vinte minutos, dependendo das condições da temperatura ambiente e instalação do sistema. O aquecimento de água com boiler é uma grande alternativa para economia de energia e sustentabilidade.

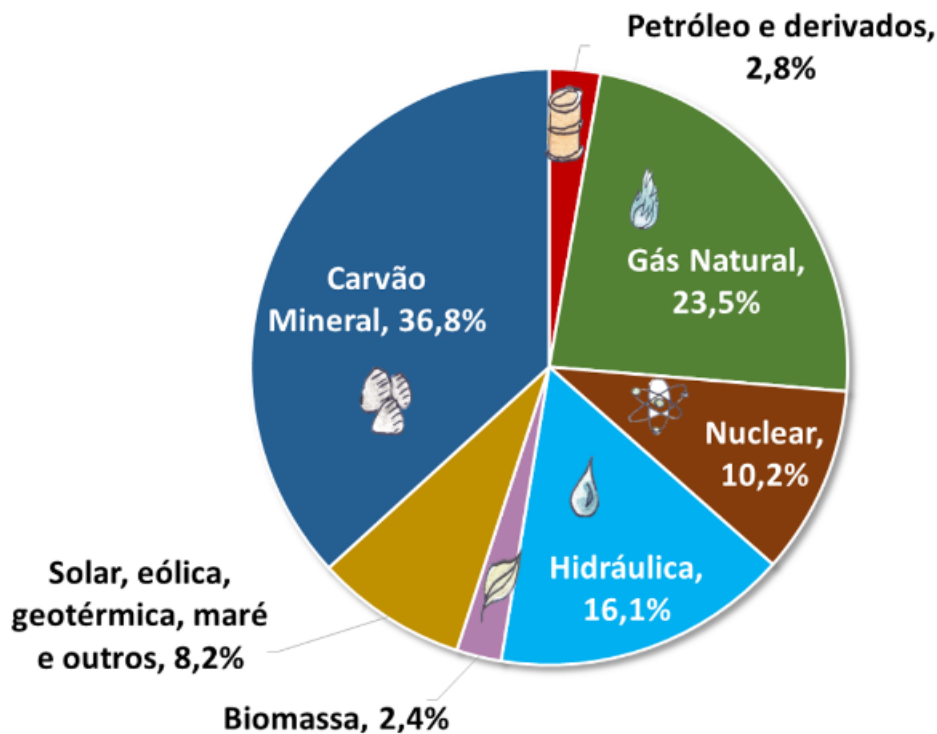
A.3 Matriz Elétrica

Primeiramente é necessário elucidar a diferença entre matriz elétrica e matriz energética. A matriz elétrica é composta pelas fontes utilizadas apenas na geração de energia elétrica. Enquanto que a matriz energética é composta por todas as fontes de energia responsáveis para geração de energia de modo geral, seja combustíveis, energia elétrica, entre outras finalidades. Portanto, pode-se dizer que a matriz elétrica compõe a matriz energética além de outros propósitos de geração de energia.

Desde o advento das primeiras usinas termelétricas na segunda metade do século XIX, os combustíveis fósseis são os protagonistas quando o assunto é geração de energia elétrica. Carvão Natural, Petróleo e Gás Natural sempre foram as principais matérias-primas das usinas termelétricas. Na época, não existia a discussão sobre emissão de gases poluentes na atmosfera e suas consequências. E a demanda mundial de energia elétrica ainda não tinha tomado a proporção que tem hoje, não havendo também a preocupação com déficit de matéria-prima.

A composição da matriz elétrica mundial está representada na figura abaixo:

Figura 20 – Matriz Elétrica Mundial de 2019



Fonte: *International Energy Agency*, 2021.

Como mostra a Figura 20, as principais fontes de geração de energia elétrica na matriz elétrica mundial são carvão mineral e gás natural, ambos combustíveis fósseis. Só essas

duas fontes somadas já são mais que 50% da matriz elétrica mundial, que tem sua geração de energia elétrica muito dependente das usinas termelétricas.

As usinas termelétricas têm suas vantagens como por exemplo ser de fácil construção e possibilidade de ser construída perto dos grandes centros de consumo, o que barateia o custo na transmissão de energia. As termelétricas também são de fácil e rápida operação, o que permite ações mais eficientes para as flutuações na demanda energética da região. Além disso, a maioria dos países mais desenvolvidos que são pioneiros na geração de energia elétrica não ostentam recursos naturais para diversificar substancialmente suas fontes de geração de energia elétrica.

Entretanto, a segunda maior fonte de energia elétrica da matriz mundial, o gás natural, emite cerca de 532 Kg de CO₂ para cada MWh produzido (IPCC, 2006). O carvão mineral por sua vez emite por volta de 1099 Kg de CO₂ por MWh de energia elétrica produzida (IPCC, 2006). Com o constante aumento da demanda por energia elétrica mundial, o mundo começou a procurar por alternativas mais sustentáveis.

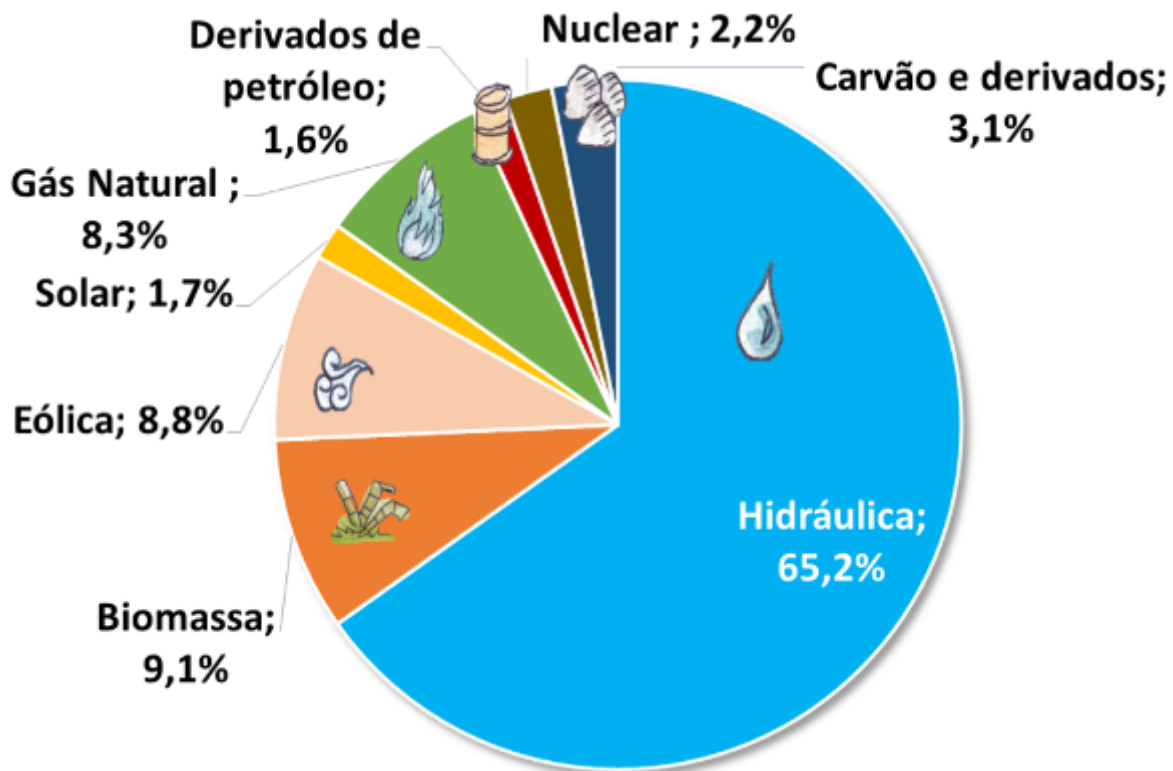
Tabela 12 – Emissão de CO₂ Para Cada KWh Produzido

Fonte de geração de energia	Kg.CO ₂ .MWh ⁻¹
Gás Natural	532
Carvão Mineral	1099

Fonte: Elaboração própria com base em IPCC, 2006.

Por sua vez, o Brasil é mais abundante que a maioria dos países no restante do mundo em matéria-prima para geração de energia com fontes renováveis. Logo, é de se esperar que o Brasil tenha uma matriz elétrica mais diversificada e menos dependente dos combustíveis fósseis. Mesmo com a tecnologia no processo de geração de energia ainda sendo aprimorada em busca de mais eficiência, as fontes renováveis já são predominantes na matriz energética brasileira, como mostra a Figura 21:

Figura 21 – Matriz Elétrica Brasileira de 2020



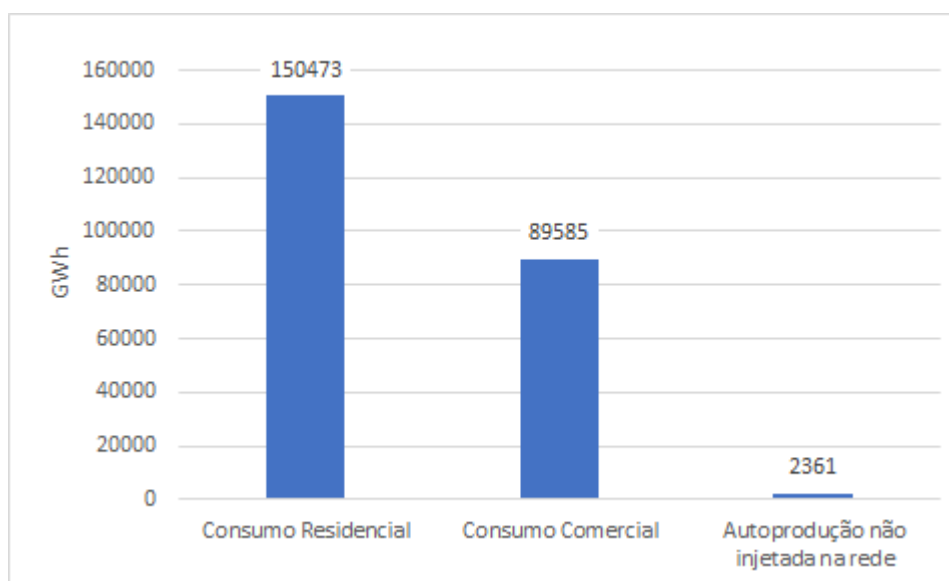
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2021.

A diferença em comparação com a matriz elétrica mundial é alarmante, o carvão mineral que é a principal fonte de geração de energia na matriz elétrica mundial tem sua utilização reduzida para pouco mais de 3%, enquanto que as hidrelétricas representam de mais de 65% da geração de energia elétrica do país. No Brasil, as usinas termelétricas funcionam como suporte para as usinas hidrelétricas, sendo acionadas quando necessário. A predominância das hidrelétricas se deve ao enorme potencial hídrico que o Brasil possui. Em termos de geração de energia limpa, o Brasil está muito na frente quando comparado ao panorama mundial.

No Brasil, são gerados mais de 650 mil GWh por ano, dos quais apenas pouco mais 110 mil GWh são de autoprodutores (BEN, 2021). Este dado mostra o quanto ainda pode crescer o consumo e comércio de energia elétrica autoproduzida, se incentivado e planejado da forma correta.

Na figura 22 é possível observar o consumo de energia elétrica nos setores comercial e residencial, e a autoprodução de energia elétrica não injetada na rede de distribuição no ano de 2021.

Figura 22 – Relação de Consumo de Energia Elétrica e Autoprodução Não Injetada na Rede no Ano de 2021



Fonte: Elaboração Própria a Partir de Dados do BEN(2021)

No ano de 2021 o consumo de energia elétrica residencial girou em torno de 150TWh, o que representa 22% da OIE, composta pela energia elétrica gerada pelas fontes renováveis, a energia elétrica gerada pelas fontes não-renováveis e pela energia elétrica importada (BEN,2021). O consumo de energia elétrica do setor comercial ficou em torno de 89TWh, equivalente a 13% da OIE. A autoprodução não injetada na rede pode ser interpretada como a energia gerada para uso próprio, seja pelo setor industrial, comercial ou residencial. De acordo com a Figura 22, no ano de 2021 houveram 2361 GWh produzidos para consumo próprio, um valor muito menor do consumido pelo setor residencial e comercial, sem mencionar o setor industrial que é o setor que mais consome energia elétrica no país(BEN,2021). Sendo assim, pode-se observar o quanto ainda é possível o crescimento da autoprodução para fins de consumo, utilizando principalmente as duas fontes de energia discutidas neste trabalho: energia solar e energia eólica. Por outro lado, é notório o crescimento da autoprodução para venda de energia elétrica, visto que são autoproduzidos mais de 110TWh por ano e apenas pouco mais de 2300 GWh não são injetados na rede. De acordo com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica(CCEE) esses produtores de energia que recebem permissão de produzir energia destinada a sua comercialização são chamados de produtores independentes.

A.4 ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Em 2015, os líderes dos governos juntamente com os representantes da Organização das Nações Unidas(ONU) se reuniram na Cúpula de Desenvolvimento Sustentável e

formularam a agenda de 2030, que se baseia nos 17 ODS. Os ODS são 17 objetivos a serem atingidos pelos países de forma colaborativa. Cada um desses objetivos têm suas metas internas a serem alcançadas, somando um total de 169 metas que representam os interesses comuns dos países em prol de um desenvolvimento global mais justo, sustentável com mais equilíbrio social e ambiental.

A criação dos ODS se baseia no conceito deixado pelos antigos Objetivos do Milênio(ODM), acordo feito nos anos 2000 com objetivo principal de erradicar a pobreza. Os ODM tinham menos objetivos e metas para serem cumpridos, mas serviu para mostrar que os países em conjunto são capazes de chegar a bons resultados quando há comprometimento e planejamento.

Nesta seção serão listados os objetivos e suas metas específicas, que impactam diretamente na proposta de implementação de geração de energia elétrica na creche Maria de Nazaré, além de explicado a forma como é mensurado o progresso nesses objetivos.

A.4.1 ODS 7 – ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL

O objetivo 7 se compromete em assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno, com preço acessível à energia para todos, de acordo com o site da Organização das Nações Unidas no Brasil (2015).

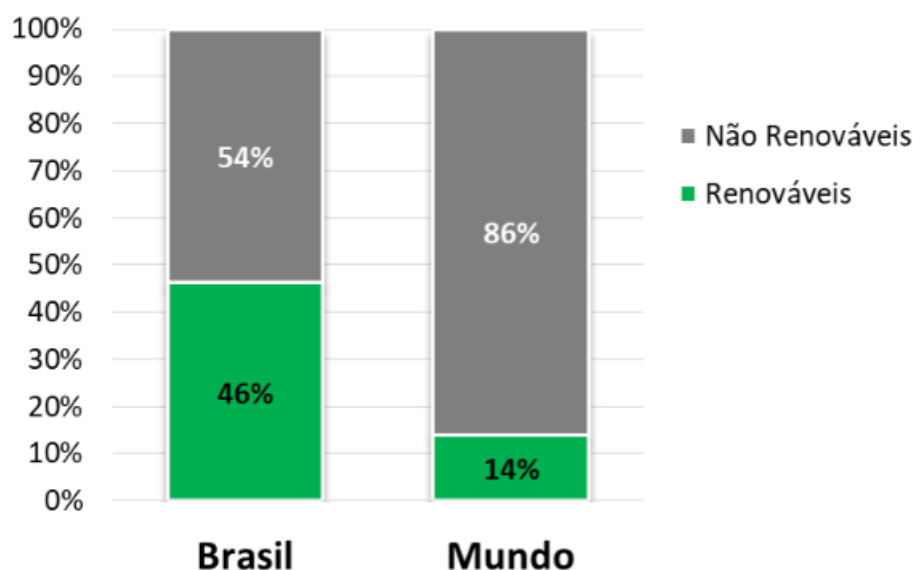
Como o próprio nome já diz, o objetivo busca entregar energia limpa para todos. Nesse objetivo veremos quais são as políticas públicas de incentivo ao uso e a autoprodução de energia limpa, e quais indicadores estão sendo usados para mensurar o progresso ou retrocesso neste objetivo. Dentre as metas específicas desse objetivo estão as metas 7.2 e 7.b.

7.2 - Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global.

Uma matriz energética com mais fontes de energia renováveis significa maior diversificação na geração de energia, significa também menor dependência dos combustíveis fósseis, o que é uma estratégia importante na economia de qualquer país. Além do objetivo principal desta meta que é a diminuição da emissão de gases poluentes na atmosfera.

A matriz energética global acompanha a tendência já mostrada da matriz elétrica global, tendo 86% de sua composição de fontes de energia não renováveis, assim como mostra a figura 5. A matriz energética do Brasil, por sua vez, apresenta uma composição com maior participação de fontes de energia renováveis, tendo 46% de sua totalidade composta por fontes de energia renováveis como mostrado na Figura 23.

Figura 23 – Composição da Matriz Energética do Brasil e do Mundo em 2019.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética(EPE), 2020.

De acordo com o boletim mensal de monitoramento do sistema elétrico brasileiro de junho de 2022 feito pelo Ministério de Minas e Energia(MME), está previsto um aumento de mais de 26 GW de capacidade instalada até dezembro de 2024. Desse aumento, 54% virá de fontes de energia solar e 28% de fontes de energia eólica.

O indicador usado para mensurar o progresso neste objetivo específico é justamente a porcentagem de energia proveniente de fontes renováveis na Oferta Interna de Energia(OIE), sendo este um indicador quantitativo direto do objetivo supracitado. A Tabela 13 demonstra o progresso deste indicador desde 2015, quando a ONU elaborou os ODS:

Tabela 13 – Porcentagem de Participação das Fontes Renováveis na OIE

Ano	Porcentagem
2015	41,30
2016	43,51
2017	43,15
2018	45,53
2019	46,14
2020	48,51
2021	44,73

Fonte: Elaboração própria com base no Balanço Energético Nacional.

Como mostrado na Tabela 13, a OIE teve um aumento gradativo da participação das

fontes renováveis, exceto em 2021 que esta participação caiu de 48,51% para 44,73%. De acordo com este indicador o Brasil vem melhorando neste objetivo específico.

7.b - Até 2030, expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento, particularmente nos países menos desenvolvidos, nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento e nos países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus respectivos programas de apoio.

Não é possível aumentar a participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira, como estipulado no objetivo 7.2, sem que haja um investimento em infraestrutura e tecnologia como suporte para este aumento. O Brasil por ter um imenso potencial energético de fontes naturais, será um dos principais beneficiados do avanço da tecnologia e do conhecimento sobre a exploração e aproveitamento dessas fontes.

Infraestrutura pode ser entendido como tudo aquilo que é necessário para que haja qualidade de vida de acordo com Pedro (2018). Deve-se esclarecer a diferença entre os objetivos 7.2 e 7.b. Aumentar a participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira correlaciona a quantidade de geração de energia limpa com o total de energia gerado pelo país. Enquanto que expandir a infraestrutura da geração de energia limpa visa aumentar a produção por fontes renováveis em relação a demanda energética. Expandir infraestrutura se trata de aumentar a capacidade de fornecer suporte a qualidade de vida mais do que a demanda por este suporte aumenta. Em outras palavras, se trata de aumentar a capacidade de produzir energia limpa com maior velocidade do que aumenta-se a demanda energética. Baseando-se nesta ideia, o indicador escolhido para validar o progresso deste objetivo específico foi a capacidade instalada de geração de energia por fontes renováveis per capita. É medido per capita para incluir a demanda energética no indicador. A Tabela 14 demonstra a evolução da capacidade instalada de geração de energia por fontes renováveis per capita:

Tabela 14 – Capacidade Instalada de Geração de Energia Por Fontes Renováveis per Capita

Ano	Watts per capita
2015	0,55
2016	0,59
2017	0,62
2018	0,65
2019	0,68
2020	0,71

Fonte: Elaboração própria com base no IBGE.

Como mostrado na Tabela 14, houve uma constante melhora ano após ano do indicador escolhido. Isso demonstra que para produção de energia limpa houve uma melhora na infraestrutura.

Em ajuda a meta 7.b, também foram feitas políticas públicas e incentivos governamentais. Em 2016, o Brasil em cooperação com a Alemanha criou o Projeto Sistemas de Energia do Futuro que visa estreitar o relacionamento com os Alemães em vários níveis. Além do compartilhamento de experiências e conhecimentos sobre o tema, o projeto também facilita a cooperação entre bancos, ministérios e instituições públicas dos países, bem como iniciativa privada, com objetivo de fomentar o desenvolvimento do setor de geração de energia por fontes renováveis, de acordo com o Ministério de Minas e Energia. O projeto também conta com contribuição da ANEEL, EPE e da ONS. Dentre os feitos já realizados pelo projeto estão a construção do banco de dados da matriz energética e elétrica brasileira, e em menor escala assessorias para montagem de modelos de negócio de geração distribuída.


Um importante incentivo fiscal criado foi o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI) que busca reduzir ou suspender a tributação como PIS/PASEP e COFINS de projetos de infraestrutura em determinados setores importantes como transporte, saneamento, energia. Dentre os projetos contemplados estão as usinas fotovoltaicas e eólicas.


O Instituto Nacional de Energia Limpa (INEL) criou em outubro de 2021 a Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento que terá entre outros focos as tecnologias na geração distribuída. O INEL é um dos responsáveis pelo desenvolvimento técnico no setor de energia elétrica do país.

ANEXO A – Primeiro Anexo

A.1 Datasheet do painel solar escolhido






BYD
POLICRISTALINO HALF-CELL
 PHK-36-SÉRIE-5BB **325-350W**




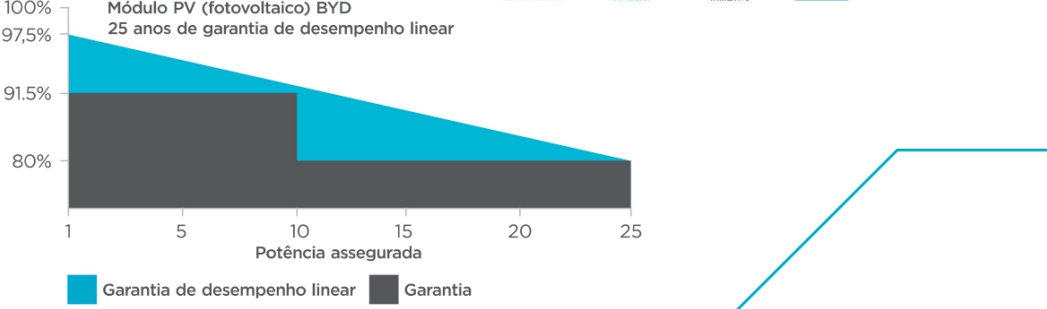


*imagem ilustrativa

- ▶ BYD325-PHK-36-5B
- ▶ BYD330-PHK-36-5B
- ▶ BYD335-PHK-36-5B
- ▶ BYD340-PHK-36-5B
- ▶ BYD345-PHK-36-5B
- ▶ BYD350-PHK-36-5B

-  **Potência nominal**
325-350W
-  **Eficiência do módulo**
até 17,71%
-  **Tolerância positiva**
de 0 a 5W
-  **Garantia**
10 anos para o produto
25 anos de desempenho linear
-  **Aplicações**
 - ▶ Sistemas residenciais, comerciais, industriais e geração remota
 - ▶ Aplicações on grid e off grid





Módulo PV (fotovoltaico) BYD
25 anos de garantia de desempenho linear

100%
97,5%
91,5%
80%

1 5 10 15 20 25

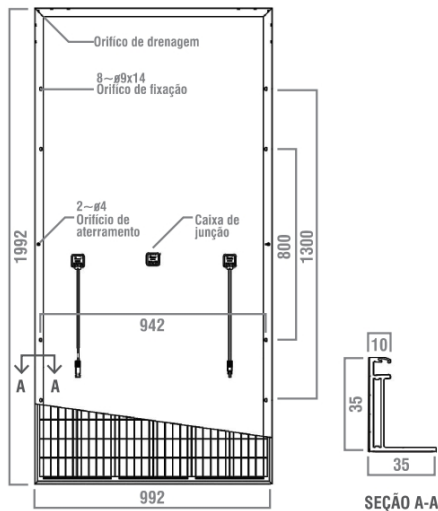
Potência assegurada

■ Garantia de desempenho linear ■ Garantia

BYD: Um sonho real O sonho da BYD vai ao encontro do que a humanidade precisa: mudar a dependência humana de energias não renováveis para energia limpa. Nossa missão é ajudar países e pessoas a superarem a crise energética e reduzirem a poluição ambiental por meio da utilização de fontes renováveis de energia. Nossos sonhos verdes: usinas e fazendas solares, estações de armazenamento de energia, veículos elétricos e soluções de mobilidade urbana estão em pleno funcionamento, e atendem públicos de diversos segmentos, abrangendo aplicações residenciais, comerciais e industriais, de pequeno, médio e grande porte. Isso é um sonho? Esses são os "sonhos verdes" da BYD diariamente sendo transformados em realidade.

BYD**POLICRISTALINO HALF-CELL**

PHK-36-SÉRIE-5BB

325-350W**FICHA TÉCNICA**

CÉLULA	156.75×78.40mm
NÚMERO DE CÉLULAS	144 (12×12) unidades
DIMENSÕES DO MÓDULO	1992mm×992mm×35mm
PESO	22.2kg
VIDRO FRONTAL	Vidro temperado de 3.2mm com revestimento AR
ESTRUTURA	Liga de alumínio anodizado
CAIXA DE JUNÇÃO	IP67(3 Diodos)
TIPO DE CONECTOR	Compatível com MC4
ÁREA DE SEÇÃO DO CABO	4,0mm²X450mm

COEFICIENTES DE TEMPERATURA

COEFICIENTE DE TEMPERATURA DA CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO	0.07% / °C
COEFICIENTE DE TEMPERATURA DA TENSÃO DE CIRCUITO ABERTO	-0.31% / °C
COEFICIENTE DE TEMPERATURA DA POTÊNCIA DE PICO	-0.39% / °C

INFORMAÇÕES SOBRE A EMBALAGEM

EMBALAGEM	40' HQ
UNIDADES / PALLET	30
PALLET / CONTAINER	22
UNIDADES / CONTAINER	660

ESPECIFICAÇÃO ELÉTRICA

TIPO DE MÓDULO	325PHK-36	330PHK-36	335PHK-36	340PHK-36	345PHK-36	350PHK-36
POTÊNCIA MÁXIMA (P _{máx})	325Wp	330Wp	335Wp	340Wp	345Wp	350Wp
TENSÃO DE CIRCUITO ABERTO (V _{oc})	44.94V	45.19V	45.44V	45.69V	45.94V	46.19V
CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO (I _{sc})	9.14A	9.20A	9.25A	9.31A	9.36A	9.42A
TENSÃO MÁXIMA DE FUNCIONAMENTO (V _{mp})	37.57V	37.83V	38.10V	38.36V	38.62V	38.87V
CORRENTE DE POTÊNCIA DE PICO (I _{mp})	8.65A	8.72A	8.79A	8.86A	8.93A	9.00A
EFICIÊNCIA DO MÓDULO	16.45%	16.70%	16.95%	17.21%	17.46%	17.71%
TEMPERATURA DE OPERAÇÃO	-40°C~85°C					
TENSÃO MÁXIMA DO SISTEMA	1500VDC					
VALOR NOMINAL DA CORRENTE MÁXIMA DO FUSÍVEL	15A					
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	Classe C					
TOLERÂNCIA DE SAÍDA DE POTÊNCIA	0-5W					
VENTO / CARGA DE NEVE	2400 Pa / 5400 Pa					

STC: IRRADIAÇÃO 1000W/m², Temperatura do Módulo 25°C AM=1.5

*A BYD reserva-se o direito de modificar projetos, características e parâmetros técnicos dos seus produtos a qualquer momento, sem aviso prévio, uma vez que os mesmos estão sujeitos a atualizações contínuas, com a missão de sempre oferecer produtos da mais alta qualidade.

BYD ENERGY DO BRASIL

Avenida Antonio Buscato, 230 - Campinas / São Paulo
Brasil | CEP 13069-119 | Tel.: +55 19 3514-2550



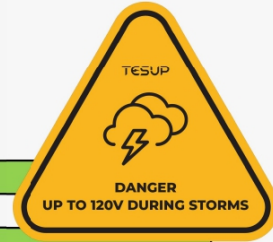
www.byd.com/br +55 19 3514.2550 vendas@byd.com

Versão 1.0.2019



A.2 Datasheet do Aerogerador TESUP - 5kW

4.1 PARAMETER & DIMENSIONAL DETAILS



SPECIFICATIONS	
DESIGNATION	12V to 48V
GENERATOR	
TYPE	4KW vertical axis wind permanent magnet generator
WEIGHT	10kg (22lbs)
MAX. POWER	4 KW
OPERATING CIRCUIT VOLTAGE	0-100V
CURRENT	3-Phase
START OF CHARGING	3m/s
BASE PLATE MATERIAL	Sheetmetal
DIRECTION OF ROTATION	Clockwise
TEST STANDARDS	EN 61000-6-1 (electromagnetic compatibility - immunity) EN 61000-6-3 (electromagnetic compatibility - emissions)
ROTOR BLADES	
MATERIAL	Composites
HUB FLANGE	Aluminum
DIAMETER	525 mm (1.72 Feet)
WEIGHT PER ROTOR BLADES	100 g (0.22 lbs)
DIRECTION OF ROTATION	Counter-Clockwise
STARTING WIND SPEED	3 m/s
NO. OF BLADES	12
MAX RPM	650
MAX SPEED	50m/s
NOISE	30 dB

4. PARAMETER & DIMENSIONS



PARAMETERS

WARNING: If a hurricane scale III (50-58 m/s) or above occurs, please cover wind turbine blades.

