



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ALEXANDRE LIMA DOS SANTOS BARBOSA
YCARO RAFAEL DA SILVA SANTOS

**ANÁLISE ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO NA
REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ**

Maceió - AL

2022

INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ALEXANDRE LIMA DOS SANTOS BARBOSA
YCARO RAFAEL DA SILVA SANTOS

**ANÁLISE ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO NA
REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Instituto Federal de Alagoas Maceió como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. MSc Marcelo de Assis Corrêa

Maceió - AL

2022

B238a Barbosa, Alexandre Lima dos Santos.
Análise energética de edificações : estudo de caso na região metropolitana de Maceió / Alexandre Lima dos Santos Barbosa, Ycaro Rafael da Silva Santos. – Maceió : IFAL, 2022.
62 f. : il.

Orientador: Prof. MSc. Marcelo de Assis Corrêa.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Alagoas / Campus Maceió, 2022.

Arquivo digital no formato PDF do trabalho acadêmico.

1. Edificações. 2. Energia eólica – Pousadas – Hostels. 3. Energia fotovoltaica. 4. Análise energética. 5. Sistemas híbridos. I. Santos, Ycaro Rafael da Silva. II. Título.

CDD: 621.47

Nalva Maria Amaral
Bibliotecária – CRB-4/989

ALEXANDRE LIMA DOS SANTOS BARBOSA
YCARO RAFAEL DA SILVA SANTOS

ANÁLISE ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO NA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ

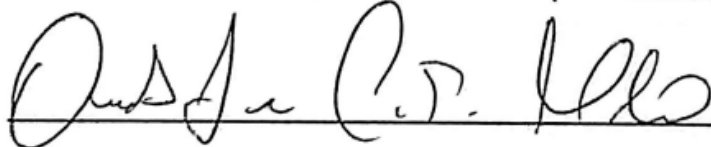
Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado à Banca do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Alagoas Campus /Maceió-IFAL

Maceió, Alagoas, 26 de abril de 2022.

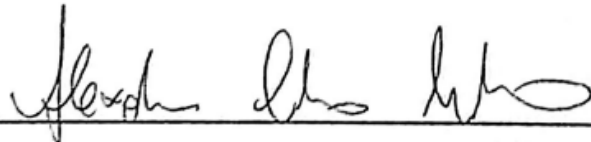
BANCA EXAMINADORA:



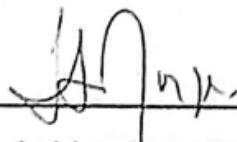
Prof. MSc. Marcelo de Assis Corrêa (Orientador-IFAL)



Prof. MSc. André Luis Canuto Duarte Melo (IFAL)



Prof. MSc. Alexandre Cunha Machado (IFAL)



Prof. Dr. Leônidas Leão Borges (IFAL)

“A todos os brasileiros, anônimos ou não, que se foram em decorrência da COVID - 19 e não irão presenciar a transformação do nosso país em uma República da sustentabilidade.”

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Todo Poderoso, por nos conceder a saúde, o poder cognitivo e, principalmente, a perseverança necessária para a conclusão do Curso de Engenharia Civil.

Aos nossos pais, pelo empenho em nossa educação e pelo exemplo de amor e cuidado para com os filhos.

Aos nossos mestres, pelos exemplos, pela dedicação e empenho para com a profissão e filosofia docente.

Aos queridos colegas de curso, que construíram seu presente em alicerces fortes e, com certeza, edificarão seu futuro de forma segura.

Ao nosso orientador, Professor Mestre Marcelo Assis Correia, pelo conhecimento compartilhado, pela atenção e presteza imprescindíveis à concretização deste projeto.

A nossas companheiras, Chyara Paiva e Acsa de Melo, pelo incentivo diário que nos motiva a procurar a evolução pessoal e profissional.

Aos pequenos Miguel e Mel Paiva Lima, por nos iluminarem com seus sorrisos e nos fazerem pensar em atitudes sustentáveis para um mundo melhor.

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo analisar a situação energética em edificações como Pousadas, Hostels, Albergues e Casas de acolhimento, prospectando o potencial de energia eólica e fotovoltaica no entorno destes ambientes. A metodologia incluiu a leitura de normas e diretrizes de projetos sustentáveis e de modelos de Certificação energética consolidados, investigação sobre o gerenciamento energético e a realização de estudos para alcançar a eficiência energética na edificação. O tipo de pesquisa foi estudo de caso de uma edificação real. A coleta de dados foi realizada com sistemas de medição automatizados e desenvolvidos anteriormente em projetos de pesquisa pelo grupo de pesquisa em Inovação e Tecnologia em Metrologia e Instrumentação (ITM) do IFAL - campus Maceió no âmbito do Núcleo de Instrumentação Inteligente (NII), tais como o medidor de potencial eólico e o medidor inteligente de energia. Com os dados reais coletados, foi realizada análise para cumprir a meta da suficiência energética da instalação. Os resultados dos dados analisados indicaram que o uso da energia fotovoltaica se mostrou uma opção mais viável em detrimento da energia captada através de aerogeradores. A pesquisa também identificou lacunas quanto a uma metodologia para análise de performance da microgeração em sistemas fotovoltaicos e eólicos, o que justifica o presente trabalho e se apresenta como proposta inovadora.

Palavras-chave: Microgeração; Sistemas Híbridos; Análise Energética.

ABSTRACT

This research aimed to analyze the energy situation in buildings such as hostels, inns, hostels and guest houses, prospecting the potential of wind and photovoltaic energy in the surroundings of these environments. The methodology included the reading of standards and guidelines for sustainable projects and of consolidated energy certification models, research on energy management and the carrying out of studies to achieve energy efficiency in the building. The type of research was the research in a real building. Data collection was performed with automated measurement systems previously developed in research projects by the Innovation and Technology in Metrology and Instrumentation (ITM) of IFAL - Maceió campus within the Intelligent Instrumentation Core (NII), such as the wind potential meter and the smart energy meter. With the actual data collected, analysis was performed to meet the goal of energy sufficiency of the facility. The results of the analyzed data indicated that the use of photovoltaic energy proved to be a more viable option at the expense of energy captured through wind turbines. The research also identified gaps regarding a methodology for performance analysis of microgeneration in photovoltaic and wind power systems, which justifies the present work, and innovative proposal.

Keywords: Microgeneration; Hybrid Systems; Energy Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Brisas Litorâneas durante o dia e á noite	23
Figura 2 - Fluxograma ilustrativo da metodologia do estudo	24
Figura 3 - Localização da edificação	25
Figura 4 - Disposição das acomodações da pousada	26
Figura 5 - Croqui	27
Figura 6 - Histórico de consumo	28
Figura 7 - Gráfico de consumo	28
Figura 8 - Identificação da tensão de alimentação	29
Figura 9 - Irradiação solar diária média	31
Figura 10 - Conceito horas de sol pleno	33
Figura 11 - Densidade de potência a 10m de altitude	35
Figura 12 - Velocidade do vento a 10m de altitude.	36
Figura 13 - Aerogerador de eixo horizontal	37
Figura 14 - Produção do aerogerador horizontal	37
Figura 15 - Aerogerador de eixo vertical	38
Figura 16 - Produção do aerogerador vertical	39
Figura 17 - Aerogerador de eixo vertical	39
Figura 18 - Produção do aerogerador de eixo vertical	40
Figura 19 - ITM em funcionamento	42
Figura 20 - Placa PC104	43
Figura 21- Porta paralela	43
Figura 22 - Anemômetro utilizado	44
Figura 23 - Medição da velocidade do vento	44
Figura 24 - Disposição dos painéis solares	45
Figura 25- Esquema de configuração da usina Hoymiles	46
Figura 26 - Painéis fotovoltaicos da usina Solarman	47
Figura 27 - Medição da tensão	47
Figura 28 - Limite de tensão na conta de energia	48
Figura 29 - Medição de potência	48
Figura 30 - Medição de Potência ativa no período diurno	49

Figura 31 - Medição de Potência ativa no período noturno	51
Figura 32 - Medição do consumo de energia no mês de fevereiro	52
Figura 33 - Produção de energia no de 20 de janeiro de 2022	52
Figura 34 - Produção de energia elétrica durante o dia na usina Hoymiles	53
Figura 35 - Produção de energia elétrica durante o mês de novembro	53
Figura 36 - Produção de energia elétrica durante o mês de novembro	54
Figura 37 - Produção de energia elétrica durante o dia	55
Figura 38- Histórico de produção para o mês de novembro de 2021	55
Figura 39 - Velocidade do vento de acordo com o medidor de potencial eólico	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Processo de avaliação do sistema LEED	19
Tabela 2 - Nível de certificação LEED	19
Tabela 3 - Irradiação solar	30
Tabela 4 - Irradiação máxima, mínima e média	31
Tabela 5 - Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]	32
Tabela 6 - Dados da velocidade do vento de acordo com a CRESESB	35
Tabela 7 - Levantamento de circuitos	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Histórico das certificações	17
--	----

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Dimensionamento da potência do sistema fotovoltaico	29
Equação 2 - Avaliação do Potencial Solar	32
Equação 3 - Determinação de Horas de Sol a Pleno	32
Equação 4 - Quantidade de energia consumida durante o dia	33
Equação 5 - Potência de pico da usina eólica	33
Equação 6 - Cálculo da quantidade de painéis fotovoltaicos	34
Equação 7 - Número de aerogeradores	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
3 MODELOS DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE INSTALAÇÕES E EDIFICAÇÕES	17
3.1 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)	18
3.2. AQUA (Alta Qualidade Ambiental)	19
3.3 ETIQUETAGEM EEE (Etiquetagem de Eficiência Energética)	20
4 DIRETRIZES DE PROJETOS SUSTENTÁVEIS	20
5 METODOLOGIA	23
5.1 ESTUDO DE CASO	25
5.2 LEVANTAMENTO PRELIMINAR DO CONSUMO ENERGÉTICO	27
5.3 LEVANTAMENTO PRELIMINAR DO POTENCIAL ENERGÉTICO	30
5.3.1 Avaliação do Potencial Solar	30
5.3.1.1 Pré dimensionamento do sistema fotovoltaico	33
5.3.2 Avaliação do Potencial Eólico	34
5.3.2.1 Pré-dimensionamento da usina eólica	36
6 COLETA DE DADOS	41
6.1 SISTEMA INTELIGENTE ITM	41
6.2 SISTEMA DE MEDIÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO	42
6.3 SISTEMA DE MEDIÇÃO DO POTENCIAL FOTOVOLTAICO	45
6.3.1 Usina da Hoymiles	45
6.3.2 Usina da Solarman	46
7 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS	47
7.1 CONSUMO	47
7.2 PRODUÇÃO	52
7.2.1 Usina da Hoymiles	52
7.2.2 Solarman	54
7.2.1 Usina eólica	56
8 CONCLUSÃO	57
9 REFERÊNCIAS	60

1. INTRODUÇÃO

A geração e distribuição de energia elétrica é um dos fatores de maior relevância no atual contexto mundial, sendo que todos os fatores que conduzem a uma boa condição de vida implicam oferta energética adequada. Entretanto, o aumento populacional e as inovações tecnológicas ampliaram a necessidade *per capita* de Kilowatt, de forma desproporcional em relação à capacidade de geração de energia (AVACI, 2013).

Atualmente, a geração e gestão da energia continua sendo um desafio para a humanidade. Como o aumento de consumo dos aparelhos eletrônicos, resulta em elevação no custo nas tarifas energéticas, as fontes de energia renovável surgem como um marco para reduzir custos e os impactos ambientais causados pelas indústrias termoelétricas (NAKABAYASHI, 2014).

Historicamente, a sobrevivência da humanidade está condicionada a sua capacidade de manejar as fontes de energia com o objetivo de suprir as suas necessidades. Isso ocorre desde a pré-história, a partir da capacidade de manusear o fogo para se beneficiar da energia térmica para aquecimento e proteção dos predadores de caça noturna (LIMA, 2013).

No cenário mundial, a energia eólica cresceu a partir da crise do petróleo, na década de 70. No Brasil, a geração elétrica a partir de recursos eólicos é uma conquista recente, visto que houve uma “explosão” na produção energética por essa fonte, sendo hoje, uma das grandes potências nessa modalidade (LIMA, 2013).

Já no aspecto da energia solar, sabe-se do seu aproveitamento desde o período paleolítico, para fins de iluminação, visto que os hábitos humanos eram, e continuam sendo, em sua maioria, diurnos. Nessa perspectiva, a energia solar sempre foi utilizada como forma de auxílio na rotina e evolução humana, sendo utilizada para secar tecidos, queimar madeira com auxílio de lentes. Entretanto, com o aumento da oferta de energia não renovável, a utilização da energia solar foi diminuindo significativamente. A energia fotovoltaica surgiu em 1839, em pesquisa realizada pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, que projetou a célula fotovoltaica (AVACI, 2013).

No Brasil e na América Latina, a utilização pioneira da energia solar começou a partir de uma usina fotovoltaica, localizada no município de Tauá - CE. O

Brasil, país de dimensões continentais, com grande potencial fotovoltaico pela quantidade de radiação recebida, ainda requer mais investimentos para um melhor aproveitamento da energia solar (AVACI, 2013).

Corroborando com o tema, a adoção das formas de produção limpa tem sido instigada mundialmente, através de políticas públicas que tem como objetivo oferecer estabilidade e sustentabilidade evitando que o consumo ultrapasse a produção.

A partir disso, a microgeração surge como alternativa para sanar a instabilidade energética e promover a sustentabilidade na produção de energia elétrica. Em seu conceito, a microgeração se relaciona com a produção energética em pequenos níveis em termos de potência, e de maneira descentralizada, somando, dessa maneira, diferentes formas de captação, seja de forma solar, eólica e/ou térmica. Considera-se, deste modo, que uma Rede Inteligente é aquela formada por uma ou várias unidades de microgeração, por dispositivos de armazenamento de energia e por cargas gerenciáveis e não gerenciáveis. Tais dispositivos devem estar inseridos em camadas de controle hierarquizadas de forma a otimizar a operação integrada da geração e do consumo de energia elétrica (TOLEDO,2012).

No país, a principal fonte de energia elétrica vem das usinas hidrelétricas, chegando a cerca de 70% da matriz, conforme dados de 2013. No entanto, o custo elevado dos investimentos nessa forma de produção aliado às restrições ambientais, dificultam a adição de novas hidroelétricas para acompanhar o crescimento do consumo (NAKABAYASHI, 2014).

Atualmente, países em desenvolvimento têm aplicado políticas de incentivo com o intuito de aliviar as barreiras associadas à liberação técnica de produção independente. Para isso, as políticas regulatórias desempenham um papel importante estabelecendo as condições mínimas para o uso da microgeração (LIMA, 2013).

Com esse modelo de microgeração de energia, os consumidores de energia elétrica também podem se tornar produtores, com direito de escolha da fonte de geração de energia e do momento da injeção de energia. Dessa forma, todo cidadão elegível para ingressar no sistema poderá acessar o mercado de energia do

país, o que também significa um aumento nas iniciativas individuais de sustentabilidade.

O Brasil utiliza o modelo de *Net metering*¹ que permite ao produtor independente a compensação de energia elétrica entre o consumidor e a concessionária. Neste caso, o faturamento é organizado pela quantidade de energia consumida e gerada. Com isso, quando a quantidade de energia gerada for superior à consumida, o superávit é injetado na rede de transmissão e beneficia o usuário com créditos para as próximas faturas (TOLEDO, 2012).

Para que isso ocorresse, a ANEEL regulamentou o *Net metering* aprovando a normativa nº482/2012, uma política pública que infere condições para o uso de microgeração integrada ao sistema de Compensação de energia elétrica. Essa publicação causou impacto no cenário brasileiro de energia com a abertura da geração de energia de pequeno porte e considera o desafio do modelo distribuído de geração (NAKABAYASHI, 2020).

Como resultado, o Brasil entrou na chamada “terceira revolução industrial” de forma restrita. A proposta é que o modelo de geração deixe de ser concentrado, em grande escala, utilizando fontes de energia não renováveis para assumir a geração distribuída em pequena escala, e fontes alternativas e renováveis de energia interligadas por meio de redes inteligentes (RIFKIN,2011).

Dada a sua localização geográfica, o Brasil tende naturalmente a utilizar fontes de energia renováveis, o que garante luz solar intensa, perfis hidrológicos e extensão do litoral. Nesse sentido, algumas capitais brasileiras contam com acesso às duas formas de energia limpa.

Nesta perspectiva, ao projetar a estrutura de um determinado ambiente, recomenda-se pensar sobre os sistemas construtivos que ofereçam desenvolvimento sustentável às edificações. A partir dessa perspectiva, verifica-se o conceito *Green Buildings*² ou edifícios verdes que visam qualidade de vida e redução nos custos de consumo de água e energia.

Considerando o impacto ambiental e o crescente preço e consumo da energia elétrica, a adoção de medidas alternativas para reduzir a degradação do

¹ *Net metering* consiste em um sistema de compensação de tarifa, onde a energia produzida pelo consumidor é abatida na conta de energia.

² *Green Buildings* é um conjunto de técnicas com o objetivo de diminuir os impactos ambientais causados pelas edificações, desde sua concepção até o seu uso (OLIVEIRA, 2013).

meio ambiente e os custos financeiros é um desafio para governos e sociedade civil. Na área das construções de edificações é possível assumir alternativas que permitam integrar o ambiente construído com o meio ambiente, o que proporcionará as economias desejáveis e o bem estar necessário.

Para diminuir o impacto ambiental ocasionado pelas edificações e fomentar o conceito *Green Buildings*, no Brasil, foram criados os modelos de certificação. Esta metodologia utiliza indicadores de sustentabilidade para identificar possíveis melhorias para o desenvolvimento sustentável das edificações.

Neste sentido, a utilização das fontes de energia renováveis não é apenas justificada, mas também passa a ser a mais indicada na composição de sistemas híbridos de microgeração de energia elétrica. A microgeração é caracterizada por uma usina de geração que forneça uma potência menor ou igual a 75 KW, potência adquirida a partir de fontes renováveis. Um sistema híbrido é aquele que possui mais de uma forma de captação de energia e, no presente trabalho, verifica-se a possibilidade de composição entre energia eólica e solar.

Com isso, a auditoria da eficiência energética de microgeração apresenta-se como alternativa para implantar sistemas alternativos para captação e produção de energia, o que possibilita transmitir ao consumidor a confiabilidade nos parâmetros que o produto oferece e, ainda, comprovar suas vantagens financeiras.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem por objetivo investigar o potencial energético de edificações residenciais, através de coleta de dados por dispositivos autônomos e automatizados.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar um sistema de microgeração por meio de métodos convencionais com dados coletados em plataformas digitais gratuitas.
- Elaborar estudos sobre o padrão de consumo da edificação;

- Realizar o levantamento da velocidade do vento e calcular o potencial cinético para a produção de energia eólica;
- Estudar a viabilidade de implantação de uma usina eólica;
- Analisar a produção da usina fotovoltaica existente;
- Comparar os dados coletados em plataformas digitais com os obtidos por meios de dispositivos automatizados.
- fortalecer uma metodologia de fiscalização e auditoria em Sistemas de Microgeração de energia.

3. MODELOS DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE INSTALAÇÕES E EDIFICAÇÕES

O conceito de certificação energética se difundiu nacionalmente, mas ainda de modo restrito a alguns grupos. Para sua efetivação, é necessário que o processo de avaliação, análise ou perícia utilize bases teóricas como referências. Deste modo, existem diversos órgãos certificadores (Quadro 1) que estabelecem padrões científicos a serem seguidos:

Quadro 1 - Histórico das certificações

Ano	Local	Certificação
1190	Inglaterra	BREEAM
1991	EUA	LEED
2002	Austrália	Green Star
2002	Japão	Casbee
2002	França	HQE
2003	EUA	Cal-Arch
2004	Austrália	Nabers
2004	Japão	Energy Star

Fonte: FIGUEIREDO , 2019

Na perspectiva energética, a certificação consiste em um conjunto de mecanismos responsáveis pela avaliação e perícia para classificar o nível de eficiência energética das edificações, conforme a Lei nº. 10.295, que regula a política do uso consciente da energia. O processo de certificação resultou da necessidade de medir os níveis de eficiência energética no Brasil. Deste modo, o

decreto nº 4059 de 19 de dezembro de 2001 estabelece limites no uso da energia (BRASIL, 2001).

Atualmente, a certificação em edificações pode ser feita de três maneiras distintas. A partir do LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), AQUA (Alta Qualidade Ambiental) e da etiquetagem EEE (Etiquetagem de Eficiência da Energética).

É importante ressaltar que certificações possuem relevância incalculável nas construções. A gestão energética comprova, conforme registra, que a empresa responsável pela construção terá imagem positiva no mercado de edificações, com a melhoria da marca e do potencial de atração de investidores. Outro aspecto que se observa nos estudos realizados por, é que essa mudança de paradigma também interfere diretamente no comprometimento dos colaboradores, o que amplia a credibilidade diante da sociedade. (VALENTE, 2009).

3.1 LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*)

O LEED consiste em um modelo de avaliação para edificações sustentáveis. Criado nos Estados Unidos em 1991, é direcionado, principalmente, para empreendimentos imobiliários e edificações residenciais. Utilizado para qualquer tipo de edificação, possui autonomia para avaliar o empreendimento em qualquer momento de sua vida útil. A partir do LEED, é possível qualificar e quantificar o nível de proteção ambiental do ambiente construído (VALENTE, 2009).

Para isso, esse sistema atua a partir da avaliação de seis critérios, sendo atribuída uma pontuação específica a cada um deles. Os critérios e suas respectivas pontuações (VALENTE, 2009) são indicados por categorias específicas (Tabela 1):

Tabela 1 - Processo de avaliação do sistema LEED

Item	Categoria de desempenho	Pontos
1	Ambientes sustentáveis	14
2	Eficiência da água	5
3	Energia e atmosfera	17
4	Materiais e recursos	13
5	Qualidade interna do ar	15
6	Inovação e processo de projeto	5

Fonte :VALENTE, 2009

A partir da soma dos “scores”, as edificações são classificadas em diferentes níveis de certificação, em ordem crescente de desempenho (Tabela 2):

Tabela 2 - Nível de certificação LEED

Categoria	Pontuação necessária
Nível Platina	52 - 69
Nível Ouro	39 - 51
Nível Prata	33 - 38
Nível de Certificação	26 - 32

Fonte: Fonte :VALENTE, 2009

A Tabela 2, indica que uma edificação com fontes de energia renováveis, principalmente a energia fotovoltaica e a eólica, amplia as pontuações dos itens 1 (ambientes sustentáveis), 3 (energia e atmosfera) e 6 (inovação e processo de projeto).

3.2. AQUA (Alta Qualidade Ambiental)

O modelo de certificação de qualidade AQUA, atua de forma independente, através de auditorias para verificação do seguimento das normas brasileiras vigentes. Esse modo de averiguação surgiu a partir da Fundação Vanzolini, instituição privada que atua sem fins lucrativos, formada por professores da Faculdade Politécnica de SP (CASAGRANDE, 2013).

O modelo de avaliação em questão é uma adaptação do modelo HQE (Haute Qualité Environnementale), processo baseado em referenciais de desempenho estabelecidos pelo Centre Scientifique Technique du Bâtiment (CSTB) criado em 1947, na França. (BUONO, 2014)

A partir do modelo AQUA, é possível aferir a qualidade ambiental a partir do referencial teórico voltado para os dados climáticos do Brasil que são necessários para a análise de desempenho. Para a auditoria das edificações, deve-se levar em consideração a qualidade de vida do usuário final, tendo como destaque a economia de água e energia, reutilização de resíduos sólidos e suas influências ao desenvolvimento econômico-ambiental.

Dentre os principais critérios de abordagem desse modelo de certificação se destacam o conforto térmico e acústico, além da qualidade do ar e da gestão do consumo de energia elétrica.

3.3 ETIQUETAGEM EEE (Etiquetagem de Eficiência Energética)

A etiquetagem é a maneira mais popular de certificar, pois avalia para classificar o nível de comprometimento, consumo ou eficiência energética de produtos e edifícios, tendo origem a partir da promulgação da Lei n°. 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (BRASIL, 2001). Como forma complementar foi instituído o Decreto n° 4059 de 19 de dezembro de 2001 (BRASIL, 2001), o qual indica limites ou níveis máximos de consumo ou mínimo de eficiência energética para diversas estruturas consumidoras, sejam importados ou não.

A avaliação da edificação é realizada com base em requisitos contidos no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) para o edifício. O processo em edifícios é realizado de forma voluntária e destinada a estruturas com área útil superior a 500 m² ou solicitantes de fornecimento energético de alta tensão (grupo tarifário A). A etiquetagem pode ser realizada de forma geral ou parcial (CARLO,2010)

4. DIRETRIZES DE PROJETOS SUSTENTÁVEIS

Sob a ótica da redução dos custos da construção e do consumo energético, algumas propostas construtivas, no contexto de projetos arquitetônicos ou baseada em tecnologias, novas ou não, podem ser adotadas durante o planejamento e execução da obra. A proposta inicial de projeto pode ampliar o desempenho térmico dos edifícios, o que é favorecido quando há uso de aparelhos eletrônicos com certificação de eficiência energética, iluminação natural, técnicas de ventilação natural e o uso de energias renováveis (ESMERALDO, 2013).

Sendo assim, os materiais construtivos ecológicos ou recicláveis podem reduzir o custo da obra, além de diminuir a quantidade de resíduos sólidos oriundo

das obras de engenharia, uma vez que há o redirecionamento desse material. Karspinski (2009) indica a possibilidade de reciclar até 98% dos resíduos da construção civil, mas apenas cerca de 21% deste material passa por aproveitamento.

Vale ressaltar que as obras regularizadas obrigatoriamente destinam adequadamente os rejeitos, uma vez que é de responsabilidade do gerador do lixo providenciar o descarte do material, segundo a lei nº Lei nº 12.305. O documento institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), assim, a maioria dos aterros sanitários possui uma usina de reciclagem desse material, denominado “metralha” e que pode ser comercializada com empresas de reciclagem (BRASIL, 2010)

Sobre o consumo de água, projetar uma cisterna para captar a água pluvial consiste numa alternativa econômico-sustentável. Além de garantir água para consumo em atividades como limpeza da casa, descargas e irrigação de jardins, é possível garantir uma economia direta na fatura de consumo de água. O consumidor não paga apenas a água potável consumida, mas existe em alguns estados a taxa de tratamento do esgoto gerado, que é diretamente proporcional ao consumo de água. Sendo assim, a economia é diretamente proporcional ao dobro de água utilizada que foi captada e armazenada oriundo das chuvas (ZAVADIL, 2013).

Sob esta ótica, um projeto arquitetônico que facilite a entrada da iluminação natural no ambiente reduz o consumo energético, o que seria uma consequência lógica. Existe ainda uma série de benefícios em decorrência de um ambiente iluminado e arejado artificialmente, que evita o aparecimento de mofo responsáveis por mau cheiro e danos em móveis, estofados e roupas, além de aumentar a sensação de bem estar, economizar recursos, preservar bens não duráveis e facilitar algumas tarefas domésticas, como a secagem de ambientes e roupas (ESMERALDO, 2013).

O telhado verde em edificações ainda é considerado uma novidade no âmbito dos conceitos de preservação do meio ambiente. Tal iniciativa atua na redução do uso de telhas e leva ao cenário urbano o verde, cada vez mais escasso, além de colaborar com o isolamento acústico e uma melhor qualidade do ar. No sentido da economia, além dos outros itens citados, esse tipo de construção auxilia

na redução da temperatura interna do ambiente, gerando um consumo menor com ventiladores e condicionadores de ar (TASSI, 2014).

Já o sistema de exaustores para ambientes possui a missão de renovar o ar do ambiente, auxiliando na regulação da temperatura interna. Qualquer fator físico-estrutural que facilite a regulação da temperatura reduz o consumo de energia para esse fim, sendo essa mais uma solução.

Ainda no aspecto do isolamento térmico, os principais materiais atualmente no mercado são a cerâmica, a lã de vidro e o poliestireno expandido (EPS Isopor). No caso do EPS, seu uso é regular em lajes pré-moldadas em edificação de pequeno porte, pois reduz o peso na estrutura e melhora a sensação termoacústica da construção.

As medidas já relatadas envolvem projetos e planejamento de obras sustentáveis previamente estudadas e executados já em observância aos conceitos de sustentabilidade e proteção ao meio ambiente. Entretanto, na composição da residência ou ambiente de trabalho, outra forma de limitar gastos é usar eletrodomésticos e luzes econômicas. Nessa ideia, concentra-se a atenção em eletrodomésticos com certificação de eficiência energética e lâmpadas de LED. O baixo rendimento energético dos aparelhos eletroeletrônicos amplia os custos residenciais. Desse modo, materiais que não desperdicem energia, ainda que mais onerosos no momento da aquisição, garantem melhor relação custo-benefício e, por isso, justificam o investimento.

Já no âmbito da implantação de sistemas energéticos auxiliares, em foco no presente trabalho, encontra-se o sistema de aquecimento de água para banho. Os eletrodomésticos que utilizam o efeito joule no funcionamento, ou que atuem no controle da temperatura, consistem na maior fonte de consumo de energia. O chuveiro elétrico é um exemplo disso.

Outro aspecto favorável ao Brasil, principalmente no Nordeste, é o ambiente propício para a microgeração de energia solar (fotovoltaica) e eólica. A energia solar é o maior exemplo de energia renovável , cuja maior fonte é o sol. A geração de energia a partir dessa tecnologia acontece pelo dia solar e tem seu pico de geração no momento em que o sol está a 90° com a terra, próximo ao meio dia (PINHO, 2014)

Sabe-se que, em virtude do aquecimento do solo e do mar, há a movimentação de massas de ar no planeta. Sendo assim, é através da transmissão de calor, denominada convecção, que o ar próximo ao solo esquenta mais do que o ar próximo ao mar. Como consequência, o ar aquecido acima do solo fica menos denso do que o ar acima do mar, momento em que o primeiro sobe, gerando uma área de baixa pressão, que é preenchida pelo ar frio, possibilitando a movimentação da massa de ar. O movimento se inverte no período noturno (BARRETO, 2002).

Figura 1 - Brisas Litorâneas durante o dia e á noite



Fonte: <<https://www.infoescola.com/termodinamica/corrente-de-conveccao/>>

Sendo assim, existe a possibilidade de garantir uma produção ininterrupta de energia, ainda que seja menor no horário noturno, caso exista na edificação um sistema híbrido de geração de energia, baseado na mescla de energia eólica e fotovoltaica. Durante o fornecimento de luz solar, ocorre a produção de energia pelas duas formas, e no período noturno, a energia eólica predomina a partir da força dos ventos (LIMA, 2012).

5. METODOLOGIA

Para elaborar esse estudo, foi realizada pesquisa do tipo bibliográfica, com o método qualitativo e quantitativo de estudo de caso, pois analisa uma edificação real como objeto de investigação.

Para análise do desempenho de um sistema de microgeração híbrida baseado em energia solar e eólica foi estabelecida uma relação entre o modelo teórico e os dados reais de microgeração.

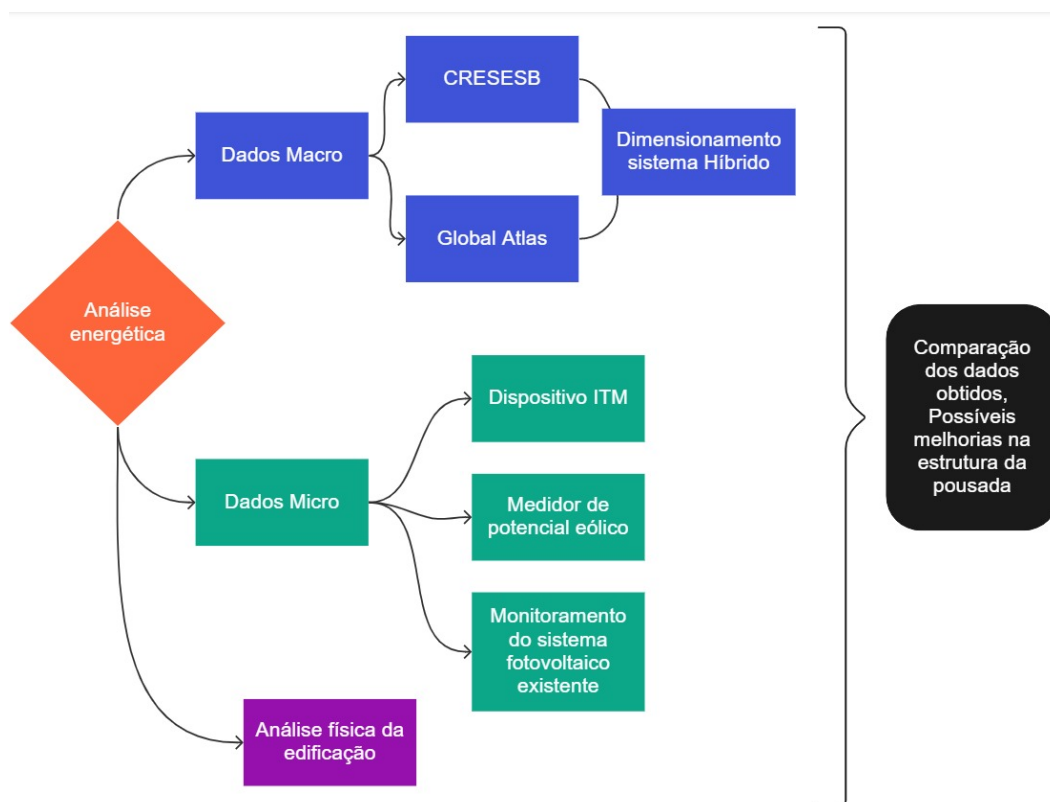
Tal hipótese se deu em virtude de os modelos teóricos servirem de parâmetros para o dimensionamento da produção de energia solar e eólica,

entretanto, sua forma generalista de obtenção de dados não garante exatidão para projeção desses sistemas, visto que questões práticas de instalação alteram o desempenho deles.

Assim, para melhorar a análise de desempenho energético foram adotados sistemas de medição automáticos para captura de dados reais de produção solar e eólica e também de consumo real, o que se deu a partir da experiência e metodologia do ITM (Grupo de Pesquisa e Inovação, Instrumentação e Medição Inteligente) que é um dos grupos de pesquisa do IFAL, sendo assim, sistemas de medição inteligente foram aplicados na instalação real da Pousada Trilha do Mar.

Para o levantamento eólico, utilizou-se o medidor de potencial eólico desenvolvido anteriormente por um projeto de pesquisa onde o autor atuou como bolsista. No que se refere ao dimensionamento convencional, foi realizada coleta de dados em plataformas digitais gratuitas, que oferecem a irradiação solar e a velocidade do vento por meio da localização geográfica.

Figura 2 - Fluxograma ilustrativo da metodologia do estudo



Fonte: Autores, 2022

5.1 ESTUDO DE CASO

A escolha da edificação como objeto de estudo atendeu os seguintes critérios: estar localizada na Região Metropolitana de Maceió e/ou adjacências; ser uma construção que já possua um sistema de microgeração de energia; acesso ao histórico de consumo e de produção de energia elétrica da residência.

Com isso, selecionou-se a pousada Trilha do Mar, localizada no município de Marechal Deodoro, distante 28 km da capital alagoana, situado na Rua Mexilhão, 76 - Praia do Francês, no estado de Alagoas (Figura 3). Trata-se de uma pousada com dois pavimentos, sendo um térreo e primeiro andar.

O estudo de caso ocorreu por meio de levantamento de dados a partir de visitas técnicas e entrevistas focalizadas com os proprietários e os responsáveis pela instalação dos painéis solares existentes no prédio. Além disso, foi necessário realizar um levantamento fotográfico e obter as informações das contas de energia.

Figura 3 - Localização da edificação



Fonte: Trilhas do Mar

A pousada está localizada na Praia do Francês, no CEP 57160-000, com coordenadas geográficas registradas em [-9.77536407983437 - 35.85078903255249].

A edificação possui 8(oito) quartos suítes, com um banheiro para cada quarto. As unidades possuem 01 (um) aparelho de ar condicionado, (01) um chuveiro elétrico e (01) frigobar, 04(quatro) lâmpadas.

Figura 4 - Disposição das acomodações da pousada



Fonte: Autores, 2022

Além disso, a pousada conta com uma piscina, área de lazer, lavanderia industrial, cozinha e espaço para refeições.

No estudo, foi elaborado o desenho técnico do layout da pousada (Figura 5) para detalhar o posicionamento dos ambientes e equipamentos no terreno, bem como a arborização.

do consumo energético se torna indispensável, uma vez que, a partir desses dados será avaliada a viabilidade da instalação das placas solares. Para isso, foi solicitada a aquisição da conta de energia para obter o consumo médio do último ano.

Na figura 6, a seguir, é possível identificar o consumo entre dezembro de 2020 e novembro de 2021, o que possibilita identificar as demandas existentes para avaliar em relação às placas solares.

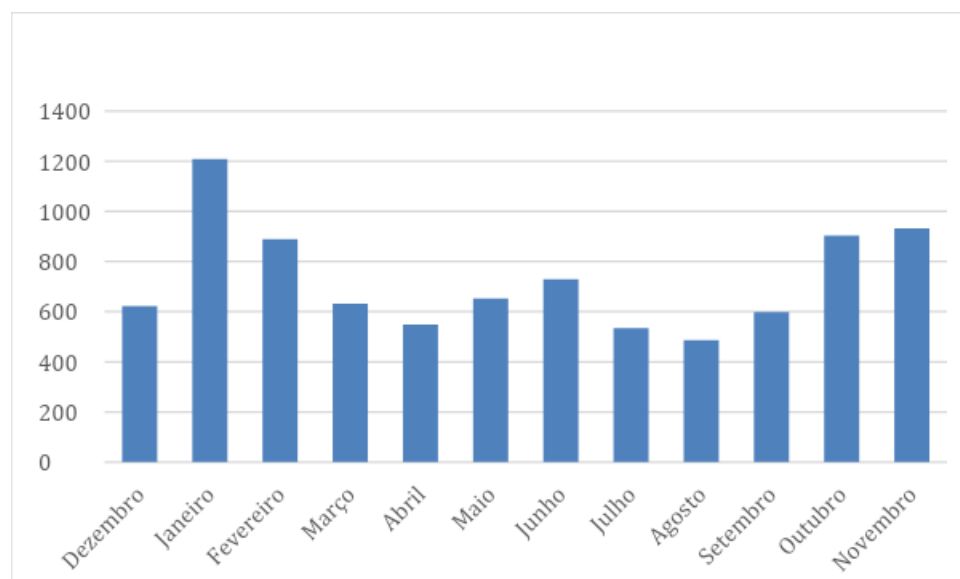
Figura 6 - Histórico de consumo

Histórico	kWh
11/2021	932
10/2021	904
09/2021	599
08/2021	487
07/2021	534
06/2021	730
05/2021	653
04/2021	548
03/2021	632
02/2021	889
01/2021	1208
12/2020	622
Média 12 meses	

Fonte: Equatorial, 2021

Para melhor exposição dos dados, no gráfico a seguir (Figura 7) é possível identificar os valores correspondentes ao consumo energético em kWh.

Figura 7 - Gráfico de consumo



Fonte: Autores, 2022

A partir dos dados, é possível verificar que os meses de maior consumo se encontram nos meses de outubro, novembro, janeiro e fevereiro, o que se confirma por se tratar de uma pousada para fins turísticos (exceto pelo mês de dezembro). Por outro lado, o período de menor consumo se encontra entre os meses de março a setembro, (e também dezembro, que houve baixa demanda energética), época que possui menor demanda, além do clima mais ameno contribuir para o menor uso de ar condicionado.

Os meses de menor consumo combinam com os meses em que há a redução na produção de energia solar, visto que a temperatura ambiente diminui, pois no período do equinócio de outono e de solstício de inverno o planeta se inclina em um angulação que prejudica a passagem mais “limpa” da irradiação solar e, dessa maneira, reduz a irradiação dos painéis fotovoltaicos.

Para calcular o consumo médio mensal foi realizada a soma de todos os meses e dividido pelo número total de meses, obtendo 728,2 KWh/mês. Com isso, para produzir energia elétrica necessária para suprir todo consumo da edificação, é necessário que o sistema híbrido fotovoltaico/concessionária produza 728,2 KWh por mês. O fornecimento pela concessionária imprime um custo mínimo que deve ser levado em consideração.

Quando o sistema é conectado a uma rede distribuidora de energia, a mesma passa a cobrar um valor mensal referente a disponibilidade dos serviços de acordo com o tipo de tensão fornecida à edificação.

O tipo de ligação que alimenta a edificação é de alta relevância para definir opções sustentáveis. No estudo de caso, identificou-se o formato (Figura 8) para análise posterior. Para sistemas trifásicos, a empresa responsável em Alagoas pela distribuição energética cobra um custo mínimo de 100 kWh.

Figura 8 - Identificação da tensão de alimentação

Fone 167 - Ligação Gratuita de telefones fixos e tarifada na origem para telefones ce		
Classe / Subclasse	Ligação	Tensão / Modalid. Tarifária
Residencial Normal	Trifásica	B1 Resid Kwh

Fonte: Equatorial, 2022

Retirando o custo fixo da disponibilidade do sistema, temos:

$$782,2 \text{ kWh/mês} - 100 \text{ kWh/mês} = 682,2 \text{ kWh/mês} \quad (1)$$

Com isso, o sistema deverá produzir energia suficiente para atender a 682,2 kWh por mês.

5.3 LEVANTAMENTO PRELIMINAR DO POTENCIAL ENERGÉTICO

O levantamento preliminar ocorreu com auxílio de informações contidas em *sites* gratuitos que permitem acesso à velocidade do vento e à irradiação solar a partir do fornecimento das coordenadas geográficas. Essa forma de obtenção, pode ser considerada para caráter de estudo, uma vez que as mudanças constantes nas vias urbanas podem invalidar esses dados. Para melhor veracidade, foi feita análise em duas plataformas distintas com o objetivo de averiguar a autenticidade dos dados coletados.

5.3.1 Avaliação do Potencial Solar

Para verificar a quantidade de painéis solares com o objetivo de atender a totalidade da edificação e verificar a eficiência das placas existentes, é necessário quantificar a radiação solar que incide nos painéis fotovoltaicos. Com essa finalidade, foi realizado o zoneamento bioclimático da região. Para fins de cálculo, não foi levado em consideração a variação da irradiação durante o dia.

A aferição da irradiação solar foi realizada a partir de um levantamento no site da CRESESB (Centro de Referência Para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito), onde, baseado nas coordenadas geográficas, é possível obter a irradiação diária média em kWh/m².dia. O resultado obtido foi o seguinte (Tabela 3):

Tabela 3 - Irradiação solar

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Plano Horizontal	0° N	6,15	6,10	6,03	5,18	4,40	4,07	4,22	4,89	5,60	6,00	6,36	6,42	5,45
Ângulo igual à latitude	10° N	5,79	5,90	6,04	5,39	4,72	4,43	4,56	5,16	5,69	5,87	6,02	5,99	5,46
Maior média anual	6° N	5,95	6,00	6,05	5,32	4,60	4,29	4,43	5,07	5,67	5,94	6,17	6,17	5,47
Maior mínimo mensal	28° N	4,88	5,24	5,71	5,46	5,02	4,82	4,92	5,34	5,53	5,32	5,13	4,95	5,19

Fonte: <<http://www.cresesb.cepel.br>>

Verifica-se que a melhor configuração para a instalação dos painéis solares se apresenta a 6° com relação ao sentido Norte. Para o presente estudo, foi levado em consideração a menor média de irradiação solar que está a 28° no sentido norte. Percebe-se que os dados apresentam o menor valor de irradiação no mês de junho, enquanto é indicado o maior valor em março. A irradiação mínima, máxima e média está indicada a seguir (Tabela 4):

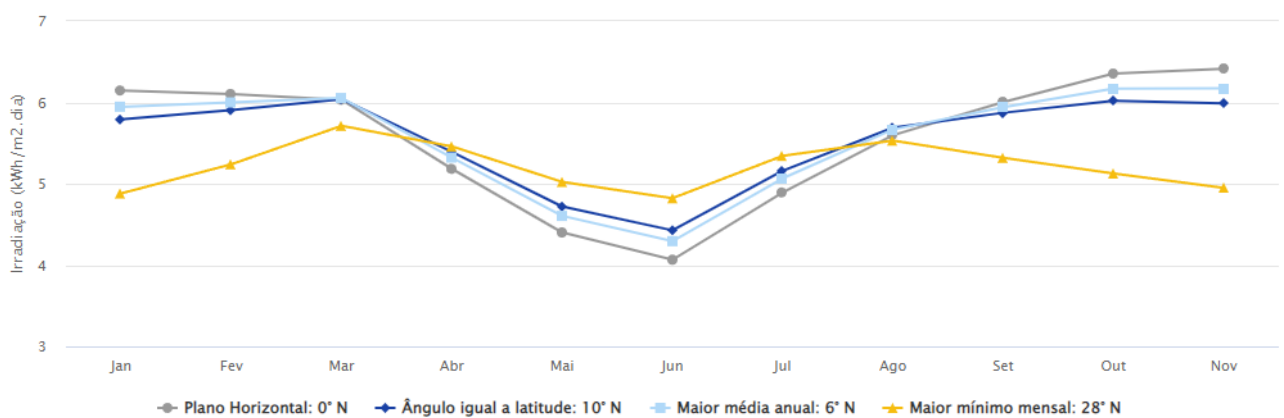
Tabela 4 - Irradiação máxima, mínima e média

Irradiação Solar	Valor em kWh/m ² . dia
Mínima	4,92
Máxima	5,71
Média	5,19

Fonte: Autores, 2022

Para compreender o comportamento da irradiação, é necessário avaliar períodos de meses, conforme indicado a seguir (Figura 9).

Figura 9 - Irradiação solar diária média [kWh/m².dia]



Fonte: <<http://www.cresesb.cepel.br>>

Na figura acima, é possível identificar que os meses de outubro a fevereiro estão com os maiores valores de irradiação, o que se justifica pelo fato

dessa época do ano estar marcada pelo verão. Enquanto isso, o gráfico apresenta em sua curva o maior vale no mês de junho, devido à época de chuva na região, indicando a menor captação de irradiação e, com isso, a menor produção energética.

Para analisar a autenticidade dos dados coletados, foi realizada uma investigação no *site* Global Solar Atlas, no qual, também a partir dos dados da localização geográfica, foi possível obter informações a respeito da irradiação solar. Os dados obtidos seguem descritos na tabela a seguir.

Tabela 5 - Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]

Tipo de irradiação	Irradiação (Kwh/m ²)/dia
Irradiação normal direta	5,13
Irradiação horizontal global	5,89
Irradiação horizontal difusa	2,134

Fonte: < <https://globalsolaratlas.info/> >

Para fins de cálculo, foi considerada a irradiação normal direta, o que se aproximou dos dados obtidos no site da CRESESB. Para o dimensionamento do painel fotovoltaico, foi realizada a média entre as duas plataformas.

$$Irrad, med = \frac{5,130kWh/m^2 \cdot dia + 5,19 kWh/m^2 \cdot dia}{2} = 5,16 kWh/m^2 \cdot dia \quad (2)$$

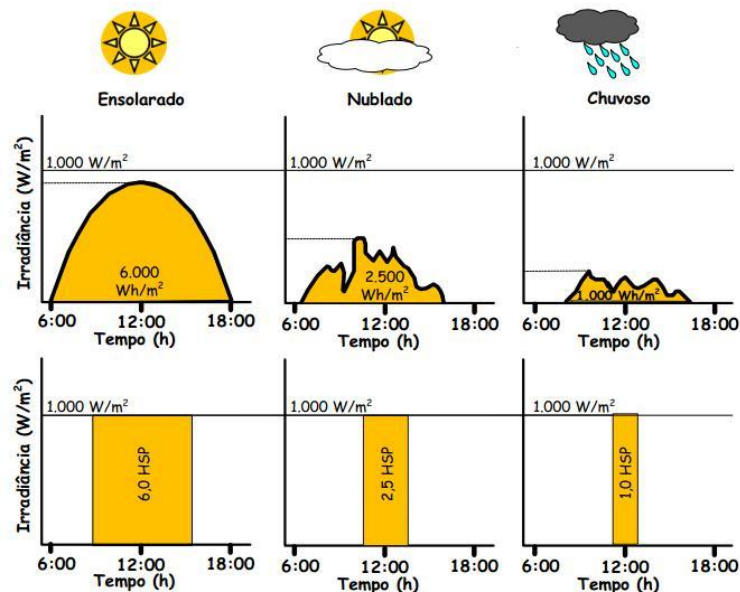
A unidade de medida da irradiação expressa a quantidade de irradiação que incide em uma área em um determinado período de tempo. Para a realização dos cálculos será levado em consideração um parâmetro denominado como Horas de Sol pleno. A partir dessa grandeza é possível definir quantas horas a irradiação consegue manter a energia disponibilizada pelo sol em 1kW/m². É importante ressaltar que esse potencial fotovoltaico depende diretamente da posição geográfica do local de estudo.

A partir da irradiação local é possível determinar as Horas de Sol Pleno a partir da formulação a seguir.

$$HSP = \frac{5,16(kWh/m^2)/dia}{1(kW/m^2)} = 5,16h/dia \quad (3)$$

Com isso, é possível afirmar que o objeto de estudo possui 5,16h/dia disponível para a produção de energia a partir dos painéis fotovoltaicos.

Figura 10 - Conceito Hora de Sol Pleno



Fonte: Pinho e Galdino 2014

5.3.1.1 Pré dimensionamento do sistema fotovoltaico

Para realizar o levantamento preliminar da capacidade de produção dos painéis solares, é necessário calcular a potência de pico das placas, que corresponde à potência total necessária para que o sistema produza toda energia consumida pela edificação.

Assim, é necessário calcular a quantidade de energia consumida durante o dia, estabelecendo, para fins de cálculo, o período de 30 (trinta) dias como 1 (um) mês, temos:

$$Energia_{geração} = \frac{682,2kWh}{30 \text{ dias}} = 22,74 \text{ kwh/dia} \quad (4)$$

Para o cálculo da potência de pico, será utilizada a formulação de Pinho e Galdino (2014), descrita a seguir:

$$P_{fv}(WP) = \frac{E}{HSP*TD} \quad (5)$$

$P_{fv}(kWP)$ = Potências de pico do conjunto fotovoltaico

$Ev\left(\frac{kWh}{dia}\right)$ = Consumo médio diário

$HSP (h)$ = Horas de sol por dia

TD (adimensional) = Taxa de desempenho

A taxa de desempenho representa as perdas que o sistema está sujeito devido a diversos fatores, entre eles se destacam a queda de tensão, poeiras que ficam incrustadas nas placas durante o tempo, sombreamento de árvores e outras edificações, entre outras.

Em sistemas para fins residenciais, recomenda-se utilizar a taxa de desempenho entre 70% e 80%. (PINHO E GALDINO, 2014)

Para o presente estudo será adotado rendimento de 75%. Substituindo os valores na equação 1, temos:

$$P_{fv}(WP) = \frac{22,74}{5,16*0,75}$$

$$P_{fv}(WP) = 5,88 \text{ Kwp}$$

Para a alimentação total da edificação seria necessário 5,84 kWp de potência na totalidade dos painéis fotovoltaicos. Para o cálculo do número de painéis, serão consideradas placas com 300wp. Com isso, temos:

$$N \text{ painés} = \frac{\text{Potência necessária}}{\text{Potência individual dos painéis}} \quad (6)$$

$$N \text{ painés} = \frac{5880}{300} = 20 \text{ placas}$$

Dessa forma, para produzir energia necessária para suprir toda demanda da edificação, é preciso a utilização de 20 placas solares com capacidade individual de 300 kWp.

5.3.2 Avaliação do Potencial Eólico

Para determinação da velocidade do vento por via remota foi realizada investigação na plataforma CRESESB (Centro de Referência Para Energia Solar e

Eólica Sérgio Brito), dessa forma, a partir dos dados de localização geográfica, é possível obter a velocidade do vento via satélite. Os dados obtidos seguem ilustrados na Tabela 6.

Tabela 6 - Dados da velocidade do vento de acordo com a CRESESB

Grandeza	Unidade	Dez-Fev	Mar - Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
Velocidade média do vento	m/s	6,95	5,29	4,39	6,36	5,75
Densidade de potência	W/m ²	315	168	92	246	205

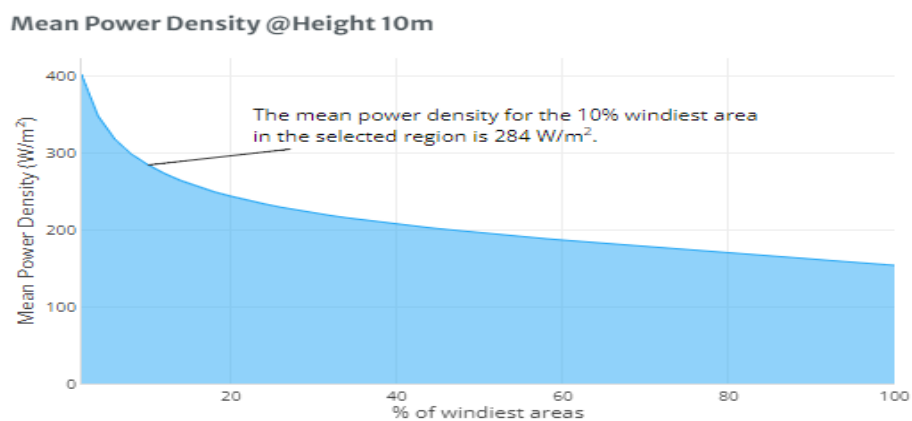
Fonte: <<http://www.cresesb.cepel.br>>

De acordo com o resultado, é possível visualizar que nos meses de dezembro a fevereiro ocorreu o maior potencial eólico, enquanto que nos meses de junho a agosto encontra-se o menor valor.

Além disso, também foi realizado levantamento na plataforma digital global wind atlas, que fornece os dados da velocidade do vento com base em estimativas de satélite.

Verifica-se, que para uma altura de 10m, a densidade de potência varia entre 400W/m² e 154,16W/m², tendo como média 284W/m², de acordo com a figura 11 à seguir.

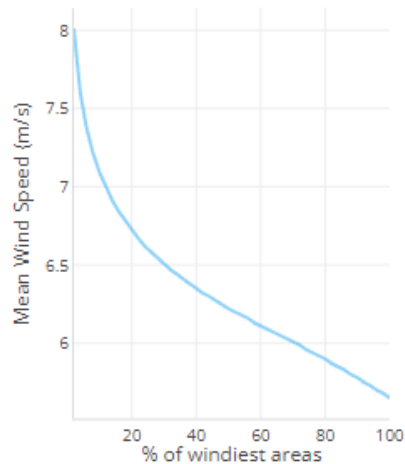
Figura 11 - Densidade de potência a 10m de altitude



Fonte : <https://globalwindatlas.info/>

No que se refere à velocidade do vento, obteve-se uma variação de 8,0m/s a 5,65m/s, de acordo com a figura 12.

Figura 12 - Velocidade do vento a 10m de altitude.



Fonte : <https://globalwindatlas.info/>

Comparando as duas plataformas, percebe-se que os dados coletados para velocidade do vento seguem com semelhança. No entanto, a densidade de potência média teve uma variação considerável de 38%. Vale ressaltar, que a CRESESB possui apenas a opção de colher as informações a 50m de altura, enquanto o Global Atlas permite ao usuário escolher as alturas entre 10m, 50m e 100m. Para o presente estudo, à proximidade a superfície se aproxima mais à realidade com à edificação.

5.3.2.1 Pré-dimensionamento da usina eólica

O pré-dimensionamento da usina eólica foi realizado de acordo com a Tesup, uma fabricante de aerogeradores que atualmente tem se destacado no mercado mundial.

Para melhor percepção de qual modelo de aerogerador é mais indicado para microgeração em edificações urbanas, foi realizado o estudo em três modelos distintos de aerogeradores, sendo estes de eixo horizontal e vertical.

A velocidade do vento utilizada para o dimensionamento foi a velocidade média de 5,6m/s obtida na plataforma Global Wind Atlas, pelo fato de fornecer

informações de vento próximo à superfície, o que se adequa mais a edificação utilizada como objeto de estudo.

Inicialmente, foi realizado o pré-dimensionamento para o aerogerador horizontal (Figura 13) conforme indicado a seguir.

Figura 13 - Aerogerador de eixo horizontal

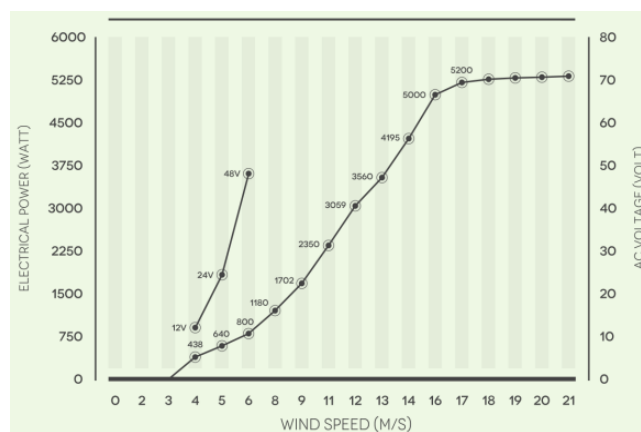


Fonte:TESUP

Disponível em: <<https://www.tesup.com.br/>>

Para averiguar a potência produzida, foi realizado estudo de acordo com as informações colhidas no manual do fabricante, no qual consta a potência produzida para a velocidade de vento presente no ambiente. Conforme se verifica na Figura 14 é possível identificar o detalhe desta informação.

Figura 14 - Produção do aerogerador horizontal



Fonte:TESUP

Disponível em: <<https://www.tesup.com.br/>>

Para o presente modelo de aerogerador, será gerado, aproximadamente, 760Wp de potência. Sabendo que a edificação possui uma demanda de 22,74 KWh/dia, o número de aerogeradores será calculado de acordo com a adaptação da expressão de Pinho e Galdino (2014).

$$N_{aerogeradores} = \frac{Ev}{P_{Ae} * HV * TD} \quad (7)$$

P_{Ae} (WP) = Potências de pico do aerogerador

$Ev\left(\frac{Wh}{dia}\right)$ = Consumo médio diário

HV (h) = Horas de vento por dia

TD (adimensional) = Taxa de desempenho

Considerando que a disposição dos ventos estão 24 horas por dia e adotando um rendimento de 75%, temos:

$$N_{aerogeradores} = \frac{22740Wh/dia}{760W * (24h/dia) * 0,75} = 2 \text{ aerogeradores}$$

Para isso, seriam necessários dois aerogeradores de eixo horizontal para suprir a demanda total da edificação.

Com o aerogerador de eixo vertical (Figura 15), foi utilizada a mesma metodologia para o seu dimensionamento.

Figura 15 - Aerogerador de eixo vertical

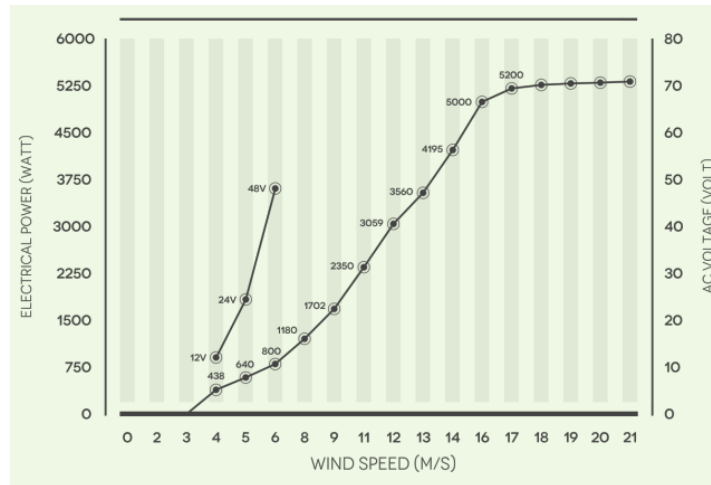


Fonte: TESUP

Disponível em: <<https://www.tesup.com.br/>>

Na figura 16, é possível visualizar a produção de energia de acordo com a velocidade do vento.

Figura 16 - Produção do aerogerador vertical



Fonte:TESUP <<https://www.tesup.com.br/>>

Para o aerogerador de eixo vertical, foi possível identificar que possui a mesma eficiência do aerogerador de eixo horizontal, necessitando do mesmo número de unidades para suprir a demanda total da produção de energia.

O terceiro modelo analisado, também é de eixo vertical, no entanto ganha destaque pelo seu formato compacto e por ser mais indicado para ventos de baixa velocidade. Na figura 17 é possível visualizá-lo.

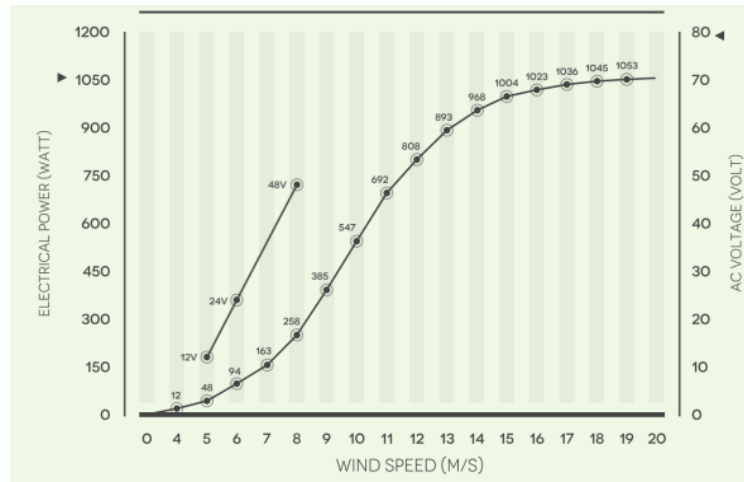
Figura 17 - Aerogerador de eixo vertical



Fonte:TESUP <<https://www.tesup.com.br/>>

Na figura 18, é possível visualizar a produção de energia de acordo com a velocidade do vento.

Figura 18 - Produção do aerogerador de eixo vertical



Fonte: TESUP, <<https://www.tesup.com.br/>>

Para o aerogerador compacto de eixo vertical, será gerado aproximadamente, 86 Wp de potência. Com isso, temos:

$$N_{aerogadores} = \frac{E_v}{P_{Ae} * HV * TD}$$

$$P_{Ae} (WP) = \text{Potências de pico do aerogerador}$$

$$E_v \left(\frac{Wh}{dia} \right) = \text{Consumo médio diário}$$

$$HV (h) = \text{Horas de vento por dia}$$

$$TD (\text{adimensional}) = \text{Taxa de desempenho}$$

$$N_{aerogadores} = \frac{22740 Wh/dia}{86W * (24h/dia) * 0,75} = 15 \text{ aerogadores}$$

Dessa forma, seriam necessários quinze aerogeradores para suprir a demanda total de energia.

6. COLETA DE DADOS

Para a análise energética da edificação de forma micro, respeitando todos os aspectos físicos da edificação, foram realizadas medições a partir de dispositivos autônomos e automatizados para captura de dados reais de produção solar e eólica e também de consumo real.

Para o levantamento eólico, utilizou-se o medidor de potencial eólico desenvolvido anteriormente por um projeto de pesquisa desenvolvido pelo ITM. O aparelho em comento consiste em um sistema que mede a velocidade do vento de acordo com o número de voltas dadas em um período de um minuto. As voltas dadas em um período de um minuto tem como unidade de medida rpm (rotações por minuto) e a velocidade do vento é medida por m/s (metros por segundo).

Já para a verificação do consumo energético da edificação, foi utilizado o dispositivo ITM, que recolhe os dados de corrente, tensão e potência em tempo real e fornece ao usuário todos os recursos necessários para analisar as informações.

6.1 SISTEMA INTELIGENTE ITM

Para avaliar o consumo real de energia utilizou-se o sistema de medição inteligente que está em desenvolvimento no ITM. Este sistema de medição automático coleta a corrente elétrica e a tensão em cada fase, considerando intervalos de 10 segundos. Assim, a cada 10 segundos os valores instantâneos dos sinais elétricos de corrente e tensão em cada fase, são convertidos em valores eficazes armazenando também valores de máximos e mínimos.

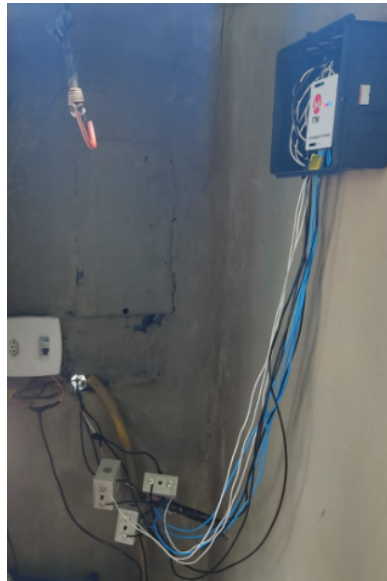
Desse modo, todos os parâmetros elétricos como potência ativa, aparente e reativa, tensão, corrente, fator de potência, ângulo entre as fases, frequência, consumo de energia ativa e reativa, ângulo entre as fases e temperatura são calculados e monitorados a cada 10 segundos. Este sistema de medição automático foi desenvolvido a partir de uma variação do medidor SM-3W, desenvolvido pela IE Tecnologia.

Utilizando-se de tecnologia de dados IOT (*Internet of Things*) os dados coletados são enviados via protocolo de comunicação Mqtt para um servidor na

nuvem. O servidor está sob gerenciamento do ITM e mantém a plataforma aberta de conteúdos do Portal Ecolabore . Com os dados na nuvem utiliza-se um software de classificação de dados baseado em *Dashboard*³, acessível por login com senha, para prover uma interface gráfica de análise dos dados.

Esse sistema de medição já está operando e encontra-se em fase de aprimoramento no grupo de pesquisa ITM (Figura 19).

Figura 19 - ITM em funcionamento



Fonte: Autores, 2022

6.2 SISTEMA DE MEDIÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO

O medidor de potencial eólico é uma solução para o estudo da viabilidade de implantação de energia eólica, por meio dele é possível coletar dados da velocidade de vento de forma autônoma e automatizada por meio da integração de *software* e *hardware*.

Esse sistema de medição, foi desenvolvido no ano de 2014 por um dos autores e vem recebendo *upgrades* para melhor adequar a finalidade e se tornar comercial

³ *Dashboard* consiste em um painel digital que permite a visualização do processamento de grande volume de dados

Inicialmente, foi utilizado um sistema computacional de médio porte, com dificuldade para o deslocamento da estação. Com isso, foi utilizada CPU padrão PC/104 sendo capaz de programar a coleta e armazenamento dos dados.

A programação foi realizada a partir do TURBO C ++, *software* que se adequa às finalidades do aparelho (Figura 20).

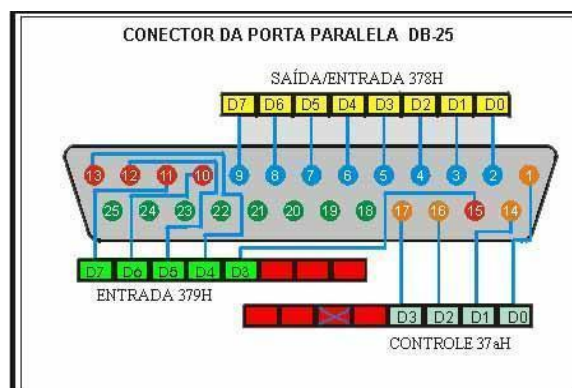
Figura 20 - Placa PC104



Fonte: Autores, 2022

Com o objetivo de estabelecer conexão entre o sistema computacional e o sistema externo de medição, foi utilizada a porta paralela como meio de conexão (figura 21).

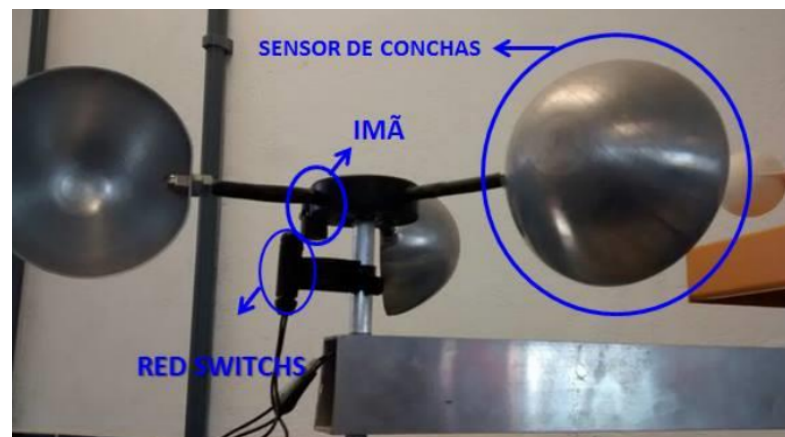
Figura 21 - Porta paralela



Fonte: <<http://www.rogercom.com>>

O medidor de potencial eólico funciona a partir de um anemômetro, onde é conectado a um reed switch (interruptor de lâmina) ilustrado na figura 22. O sistema é conectado a uma bateria que fornece 5V de tensão, dessa forma, a cada volta que o anemômetro dá o interruptor de lâminas fecha o circuito devido a um ímã inserido na base, mandando corrente elétrica para o PC104 a cada rotação realizada.

Figura 22 - Anemômetro utilizado



Fonte: Autores, 2022

A estação computacional, por sua vez, mede o intervalo de tempo entre cada volta e calcula a velocidade do vento, armazenando todos os dados coletados.

Atualmente o medidor de potencial eólico conta com o arduino nano, que permite que a estação computacional tenha pequeno porte facilitando o seu deslocamento.

Na figura 23, é possível visualizar o protótipo utilizado na edificação para realizar a coleta de dados.

Figura 23 - Medição da velocidade do vento



Fonte: Autores, 2022

6.3 SISTEMA DE MEDIÇÃO DO POTENCIAL FOTOVOLTAICO

O monitoramento foi realizado por meio de *softwares* fornecidos pelas fabricantes dos painéis fotovoltaicos.

Inicialmente, a pousada contava com 8 placas da fabricante *Hoymiles*. Posteriormente, foi feito um investimento para a aquisição de novas placas e pelo fato da empresa contratada mudar de fabricante, foi instalada uma segunda usina da fabricante Solarman. Devido a isso, será analisada a capacidade de produção por meio de dois softwares distintos.

Sendo assim, a pousada conta com duas estações independentes de produção.

6.3.1 Usina da Hoymiles

O monitoramento foi realizado a partir do *S Miles Cloud*, um software fornecido pela Hoymiles que permite ao usuário averiguar em tempo real a produção de energia das placas.

A usina apresenta dois micro inversores, onde para cada micro inversor foram conectadas 4 placas, totalizando 8 placas (Figura 24).

Figura 24 - Disposição dos painéis solares



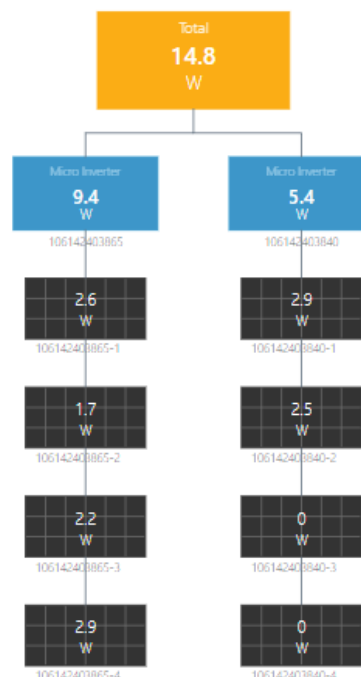
Fonte: <<https://trilhadoamar.com.br/>>

A soma dos dois inversores integram a totalidade da usina, ambos estão conectados a um *datalogger*⁴ que fornece por meio remoto, as informações para o *software*. Para isso, foi necessário conectar um roteador de internet diretamente no datalogger, para obter as informações por meio do wifi.

Cada placa produz energia elétrica com 12 Volts de energia. O micro inversor é responsável por transformar essa tensão para 220 Volts a fim de que seja utilizada na edificação.

A partir da figura 25 é possível verificar a configuração da usina. Na imagem, é possível visualizar o mapeamento da instalação do sistema, em azul os inversores de frequência e em amarelo o *datalogger* que envia as informações por meio remoto.

Figura 25 - Esquema de configuração da usina Hoymiles



Fonte: S Miles Cloud <<https://global.hoymiles.com/platform/login>>

6.3.2 Usina da Solarman

A Usina da Solarman possui 4 placas, com capacidade total de 4,8 KWP de produção, na figura 26 é possível visualizar os painéis.

⁴ *Datalogger* consiste em um dispositivo eletrônico responsável por registrar e transmitir informações em tempo real

Figura 26 - Painéis fotovoltaicos da usina Solarman



Fonte: <<https://home.solarmanpv.com>>

Para o monitoramento da produção, foi realizada investigação no *site* da fabricante, que fornece em tempo real todos os dados de geração.

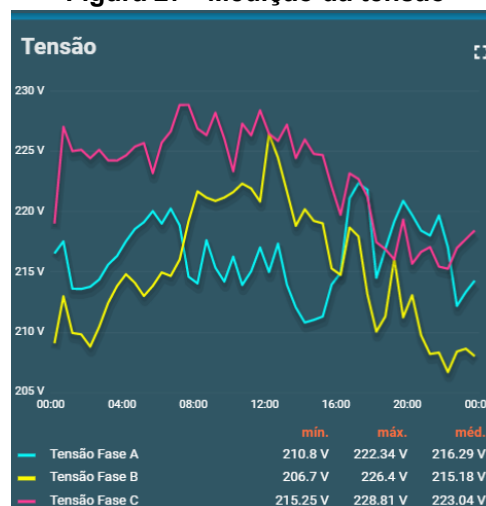
7. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

7.1 CONSUMO

Para melhor compreensão do uso da energia na pousada, será avaliado o padrão de consumo para o dia 05 de fevereiro de 2022, dia em que a pousada apresentou grande volume de hóspedes.

A edificação conta com alimentação trifásica em 380V e seus circuitos terminais em 220V, de acordo com a figura 27 a seguir.

Figura 27 - Medição da tensão



Fonte: Autores, 2022

É possível verificar que as tensões nas fases variam de 210 V a 228,28V, isso ocorre devido a queda de tensão, que é resultado da resistência dos cabos os quais alimentam o quadro de distribuição. Com isso, a proximidade da edificação ao transformador pode alterar as configurações de tensão. De acordo com a equatorial, a tensão segura de fornecimento pode variar entre 200 V a 231V, informação essa contida na fatura da energia e que enquadra a instalação como regular, de acordo com os limites impostos.

Foi possível identificar o limite estabelecido na conta de energia (Figura 28).

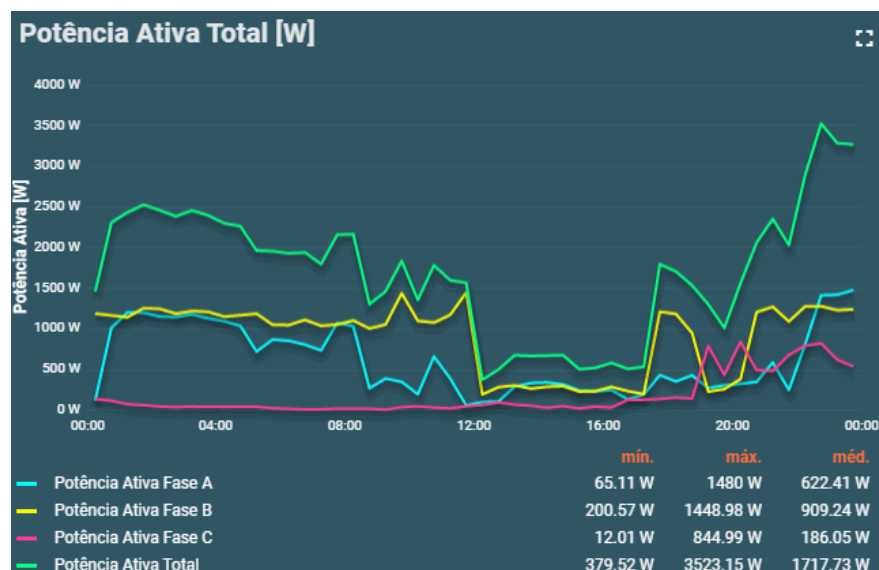
Figura 28 - Limite de tensão na conta de energia

=> Tensao Contratada - 220V Faixa Adequada - 200 a 231V
=> Ligue para 0800 082 0196 e faça opção de vencimento de sua conta 1 3 6 8 11 14 16 18 21 24 26 28

Fonte: Equatorial

Para visualizar o comportamento do consumo de energia e traçar as estratégias para minimizar os custos é necessário monitorar a potência nas três fases do sistema trifásico, com base no comportamento regular do sistema (Figura 29).

Figura 29 - Medição de potência

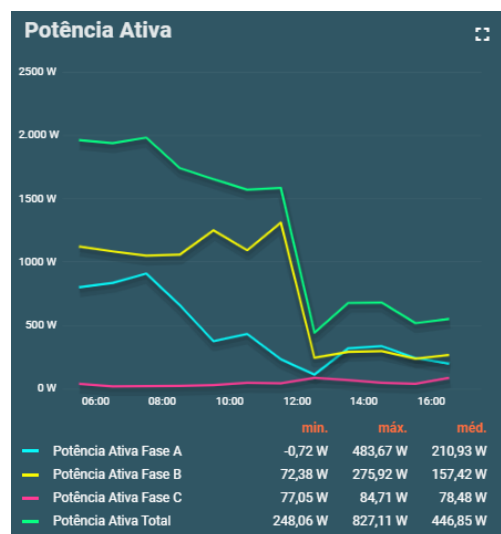


Fonte: Autores, 2022

No estudo se constatou que o quadro de distribuição encontra-se desbalanceado, sendo a corrente na fase C consideravelmente menor que as fases A e B. Além disso, verifica-se que os picos de consumo encontram-se no período da noite, quando os aparelhos condicionadores de ar são acionados. Com isso, justifica-se o estudo da viabilidade da implantação de uma estação de energia eólica, uma vez que os painéis fotovoltaicos produzem energia apenas no período diurno onde está o valor da medição da corrente.

Com a finalidade de averiguar se as usinas fotovoltaicas estão suprindo a demanda da energia consumida, é necessário investigar a potência utilizada no período diurno, que corresponde ao tempo em que as placas solares estão operando. Na figura ilustrada a seguir, é possível visualizar o comportamento da potência ativa entre as 05:00 e 17:30 horas.

Figura 30- Medição de Potência ativa no período diurno



Fonte: Autores

De acordo com a figura, percebe-se que o consumo de energia possui seu menor consumo ao 12:00, período em que a produção de energia solar possui seu pico. Além disso, é possível analisar que o consumo de energia possui aumento entre as 14:00 e às 16:00, horário de operação das motobombas para o abastecimento da caixa d'água.

Sabendo que as usinas fotovoltaicas operam em alimentação monofásica, vê-se necessário um estudo dirigido com a finalidade de investigar qual das três fases é a mais apropriada para a alimentação dos painéis fotovoltaicos.

Por inexistência do projeto elétrico na pousada, foi realizado um levantamento a partir do sistema inteligente ITM, para averiguar a distribuição das fases nos circuitos na pousada, para isso, foi analisado os equipamentos com maior potencial de consumo de energia, sendo estes: Frigobar, chuveiro elétrico, motobombas, máquinas de lavar e ferro elétrico. Os dados obtidos encontram-se ilustrados na tabela a seguir.

Tabela 7 - Levantamento de circuitos

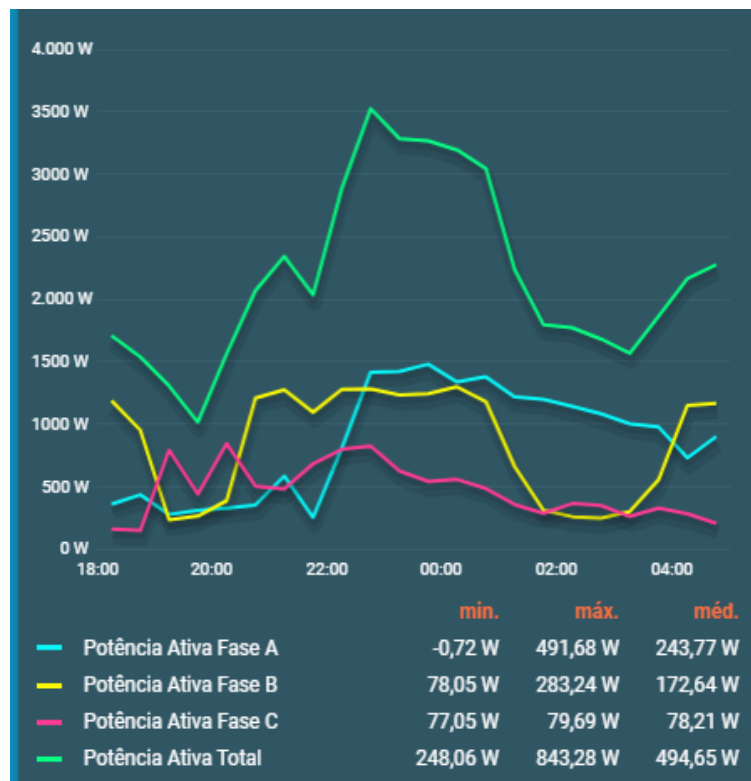
Dependência	Aparelho	Corrente (A)	fase
Quarto 1	Frigobar	0,59	C
	Ar-condicionado	5	B
	Chuveiro	15	C
Quarto 2	Frigobar	0,6	C
	Ar-condicionado	4,6	A
	Chuveiro	22	A
Quarto 3	Frigobar	0,59	C
	Ar-condicionado	4,23	C
	Chuveiro	15	C
Quarto 4	Frigobar	0,59	C
	Ar-condicionado	5	C
	Chuveiro	15	C
Quarto 5	Frigobar	0,59	B
	Ar-condicionado	5,17	B
	Chuveiro	15	B
Quarto 6	Frigobar	0,59	B
	Ar-condicionado	5	A
	Chuveiro	10	A
Quarto 7	Frigobar	0,59	B
	Ar-condicionado	6	A
	Chuveiro	-	-
Quarto 8	Frigobar	0,59	B
	Ar-condicionado	-	-
	Chuveiro	-	-
Área de serviço	Maq. De lavar	4	A
	Ferro de passar	8	A
Bombas	Piscina	3,53	B
	Piscina	3,53	B
	Caixa d'agua	2,5	A

Fonte: Autores, 2022

A instalação da pousada foi realizada sem nenhum planejamento ou profissional qualificado, isso resulta na heterogeneidade da distribuição dos circuitos elétricos que foi realizado de forma arbitrária. Não há nenhum padrão para a distribuição das fases o que dificulta o estudo da eficiência dos painéis fotovoltaicos

Para investigar a viabilidade da implantação do sistema híbrido de microgeração, é necessário analisar o consumo realizado no período noturno para averiguar a possibilidade de instalação dos aerogeradores.

Figura 31 - Medição de Potência ativa no período noturno

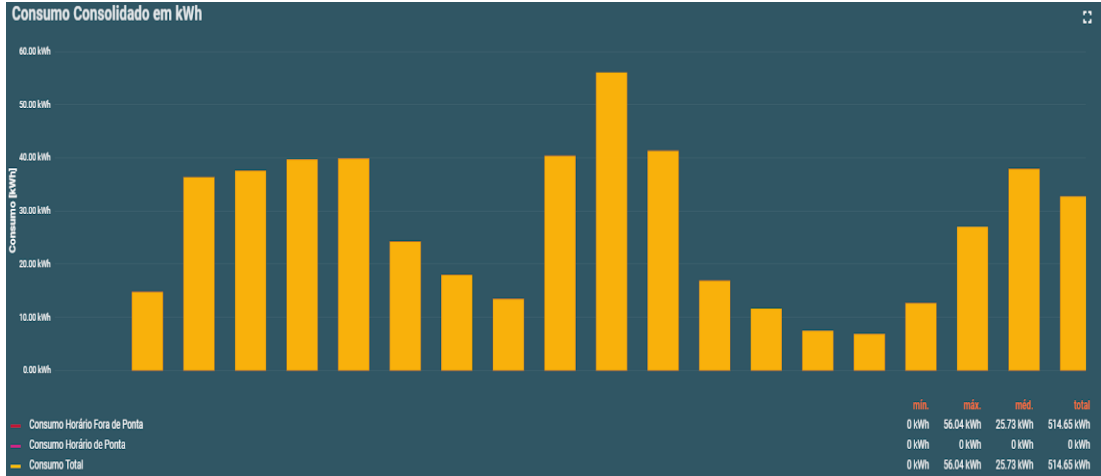


Fonte: Autores, 2022

De acordo com o gráfico, é possível visualizar que o pico de energia elétrica é de 3,5KW entre as 22:00 e 22:30, período em que os hóspedes vão dormir e são acionados os ar-condicionados.

Quanto ao consumo, foi verificado que a média diária chega a 25,73 KWh, com pico de 56,04 KWh nos finais de semana. Esse resultado, se aproxima com a média calculada anteriormente a partir do histórico da conta de energia, a diferença a mais percebida, decorre pelo fato de que o mês de fevereiro possui maior demanda na procura de pousadas devido ao período de férias.

Figura 32 - Medição do consumo de energia no mês de fevereiro



Fonte: Autores, 2022

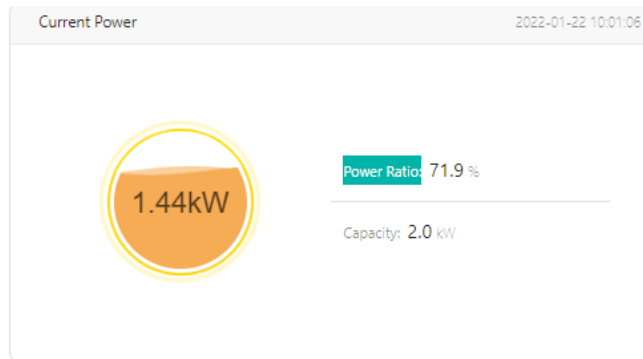
7.2 PRODUÇÃO

7.2.1 Usina da Hoymiles

Na usina da fabricante *Hoymiles*, só foi possível monitorar a produção de seis placas, uma vez que, o sistema de monitoramento apresentou instabilidade na leitura de dois painéis fotovoltaicos.

Para o dia 22 de Janeiro de 2022, por exemplo, considerando a produção de seis placas, foi apresentada produção total de 1,44 kWp de energia com 71,9% de aproveitamento, uma vez que a capacidade de produção é de 2kW por dia. Na figura 33, é possível visualizar graficamente esses dados.

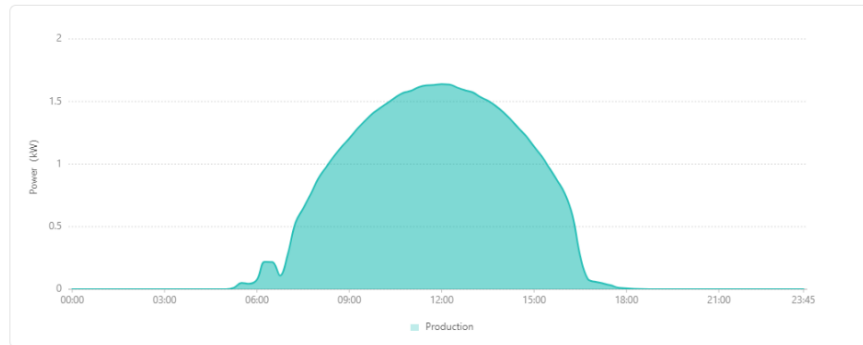
Figura 33 - Produção de energia no de 20 de janeiro de 2022



Fonte: S Miles Cloud

Para visualizar como a usina se comporta durante o dia, é fornecido um gráfico capaz de ilustrar a produção. A partir desse gráfico é possível visualizar possíveis interferências de sombras ou algum obstáculo que possa se dispor acima das placas. A seguir é possível visualizar o comportamento das placas durante o dia 20 de janeiro de 2020 (Figura 34).

Figura 34 - Produção de energia elétrica durante o dia na usina Hoymiles



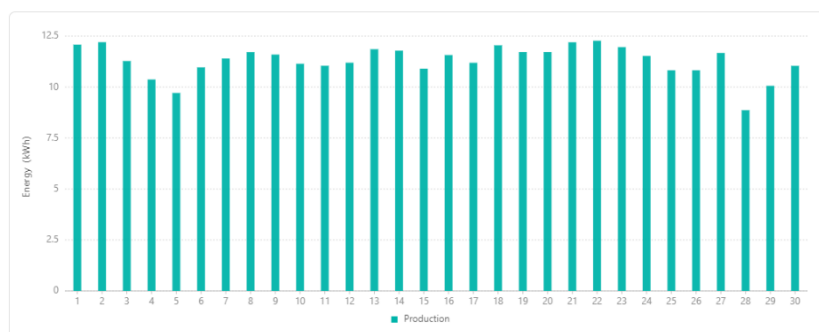
Fonte: S Miles Cloud

É possível visualizar (Figura 34) que a usina começa a gerar energia a partir das 5:00 horas e termina sua produção às 18:00. O pico de energia ocorre às 12:00 Horas, período em que a irradiação solar está em seu maior potencial.

Identifica-se que houve pouca interferência na geração de energia, a pouca variação se justifica pela falta de chuva durante o dia e pela não existência de sombra nos painéis solares.

Para melhor identificação do comportamento da usina, é possível analisar a produção mensalmente. Na figura a seguir, é possível visualizar o desempenho da usina para o mês de novembro.

Figura 35 - Produção de energia elétrica durante o mês de novembro

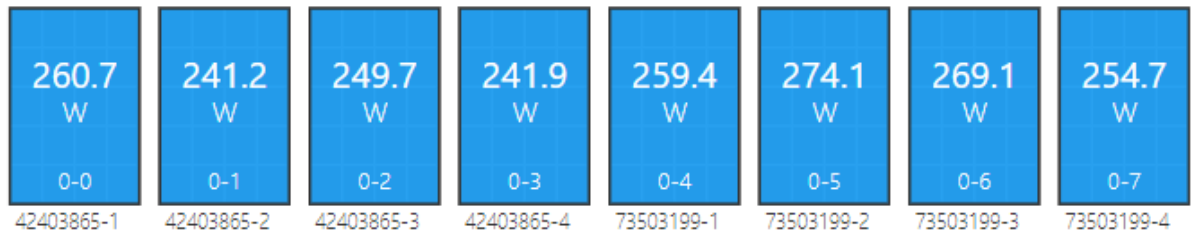


Fonte: S Miles Cloud

Na figura 35, identifica-se que a produção de energia varia entre os dias. Isso ocorre devido à presença de chuvas ou por conta de nuvens que sombreiam a área das placas solares.

Para analisar a potência gerada por cada placa, é possível visualizar o mapa das placas e a produção de cada painel (Figura 36).

Figura 36 - Produção de energia elétrica durante o mês de novembro



Fonte: S Miles Cloud

A capacidade de produção de cada placa é de 300W. No entanto, o pico de energia produzida chega a 269,1Wp demonstrando que as placas atuam com uma eficiência de 90%.

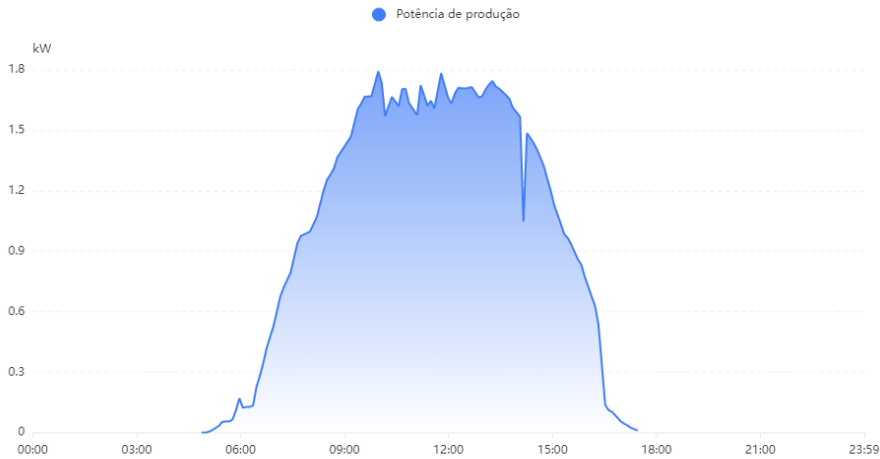
No que se refere a eficiência da usina solar, foi obtida produção 2050,5Wp no período de maior captação de irradiação, considerando que a produção máxima instalada é de 2400 Wp, a usina possui eficiência de 86% .

7.2.2 Solarman

Assim como a estação da Hoymiles, o pico de produção acontece por volta das 12:00 horas chegando a gerar 1,8 Kwp de energia. Levando em consideração que o sistema possui capacidade de produção de 4,8 Kwp, obtém-se eficiência de 38%.

De acordo com a Figura 37, é possível visualizar o comportamento da produção ao longo do dia, verifica-se que a produção se inicia às 5:00 e se encerra às 17:30.

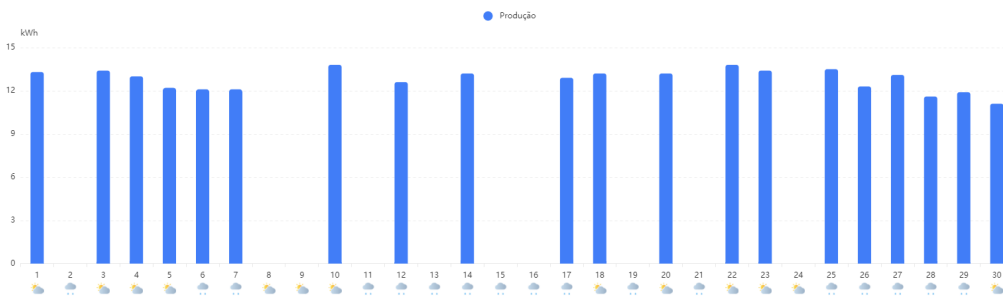
Figura 37 - Produção de energia elétrica durante o dia



Fonte: Solarman

Para melhor visualização do comportamento da usina durante o mês, segue o gráfico de barras que ilustra como foi feita a produção de energia para o mês de novembro.

Figura 38 - Histórico de produção para o mês de novembro de 2021



Fonte: Solarman

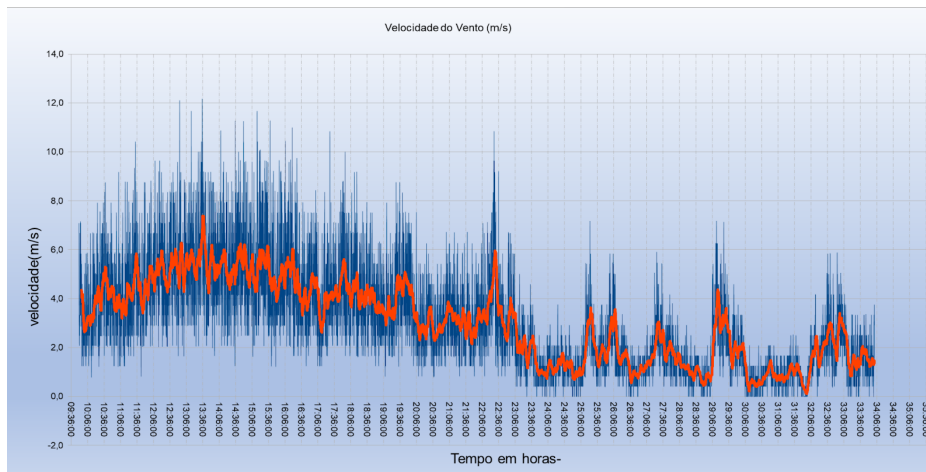
Na figura 38, é possível identificar que houve pouca variação na produção de energia, chegando a produzir entre 13,8 kW/dia e 12,10 Kw/dia.

Além disso, é possível identificar que alguns dias não tiveram monitoramento da quantidade gerada, isso se deve ao fato desse sistema de monitoramento apresentar instabilidade de conexão com a internet, o que dificulta a quantificação da produção total de energia.

7.2.3 Usina eólica

Para a investigação da implantação da usina eólica, será levado em consideração os dados de velocidade do vento obtidos a partir do medidor de potencial eólico. O resultado (Figura 39) segue descrito na imagem a seguir.

Figura 39 - Velocidade do vento de acordo com o medidor de potencial eólico



Fonte: Autores, 2022

Os dados adquiridos refletem o pico da velocidade no período diurno que compreende entre 09:30 e as 16:00, chegando a cerca de 7m/s, acarretando em produção de aproximadamente 900 KWp por aerogerador de eixo horizontal de acordo com figura 11 ilustrada anteriormente. No entanto, o período noturno obteve uma baixa de potencial eólico chegando a apenas 2,1 m/s.

Como foi mencionado anteriormente, o pico de consumo na pousada está disposto no período noturno. Com isso, o baixo potencial eólico nesse intervalo de tempo inviabiliza a produção energética tornando o investimento em usina eólica inviável, tendo como melhor opção os painéis fotovoltaicos, uma vez que é a opção mais barata.

No que se refere aos dados coletados em plataformas digitais, percebe-se uma discrepância que indica a necessidade de analisar o dimensionamento voltado a dados genéricos, pois pode se mostrar ineficiente na prática.

8. CONCLUSÃO

Sistemas híbridos de microgeração baseados em energia solar e eólica ainda possuem utilização reduzida no Brasil, quando comparado com o total de sistemas instalados. Por isto, constitui um campo ainda inovador a ser estudado e explorado, visto a incidência de potencial eólico disponível em toda orla brasileira de Sul a Norte do país. Dessa forma, gerar a própria energia, de forma sustentável e limpa, individualmente, com a possibilidade de não limitar o ambiente da construção a uma única fonte de fornecimento tem se mostrado como oportunidade de economia de recursos financeiros para a população.

Sob essa ótica, vários são os estudos que comprovam a viabilidade do investimento em usinas fotovoltaicas e aerogeradores levando-se em conta apenas o aspecto financeiro. Mas, quando se analisa do ponto de vista da independência da distribuição de energia pela concessionária responsável pela distribuição de energia, e ainda pelo aspecto da preservação ambiental e do crescimento sustentável, a viabilidade do sistema torna-se incalculável.

Apesar de toda essa oferta, a utilização dessas formas de geração de energia encontra-se distante do ideal, embora tenha se apresentado como uma solução energética em crescente utilização. Nesse diapasão, o presente estudo comprovou a necessidade de implantar sistemas de supervisão e controle energético de modo a garantir a qualidade e o desempenho do sistema de microgeração.

No trabalho, com base nos dados obtidos de consumo e velocidade de vento, é possível concluir que a potência de pico das usinas instaladas na edificação, chega a 7,2 Kwp, o que seria possível atender a toda edificação de acordo com o pré-dimensionamento que acusou potência total de 5,84 Kwp. No entanto, a baixa eficiência das instalações prejudica diretamente o usuário. Os rendimentos de 38% da Usina de Microgeração da *Solarman* estão muito aquém do esperado e aceitável no meio comercial, enquanto o rendimento da *Homylls* está de acordo com o encontrado no mercado.

Como consequência, a falta de consistência nos produtos oferecidos pelos fabricantes e a ausência de transparência do monitoramento, prejudicam diretamente o usuário assim que recebe a conta de energia muito acima do

esperado. Assim, foi possível observar que o padrão de consumo da edificação não é o mais indicado para reduzir a conta de energia.

O presente estudo constatou a inviabilidade de adoção de usina eólica, uma vez que os painéis fotovoltaicos se mostraram economicamente mais viáveis.

O imóvel analisado é uma pousada, e possui seu pico de uso de energia no período noturno, momento em que não há geração de energia solar nas usinas. Vale ressaltar que o imóvel é alimentado por um sistema trifásico e a usina implantada ligada a uma fase que é subutilizada pelo dia (à fase B), visto que os serviços que são realizados sempre no período diurno, como na lavagem de itens de cama, mesa e banho, por meio de máquinas de lavar e passar ferro em lençóis, estão ligados às outras duas fases, que tem alimentação exclusiva pela concessionária.

Corroborando com essa tese, a Equatorial compra energia excedente dos usuários com produção independente, no sistema de desconto na fatura, por um preço diferente nos horários de pico. Com isso, a energia vendida durante o dia é “mais barata” que a consumida pela noite. Por isto é recomendável que o sistema projetado ofereça ao usuário a possibilidade de consumir toda energia produzida por ele.

Nesse sentido, apresenta-se ainda como alternativa a construção de uma estrutura de armazenamento da energia, como baterias, de modo a guardar o excedente produzido durante o dia para utilizar no período noturno.

No que se refere ao avanço da tecnologia, a tendência é que, principalmente na região nordeste, tais formas de geração sejam cada vez mais difundidas e popularizadas. Espera-se, ainda, que os sistemas se tornem mais eficientes e mais acessíveis ao público de maneira geral.

Apesar desses aspectos, deve ser ressaltado que o Estado brasileiro deveria ser o maior interessado já que pode haver diversos beneficiados com essa tecnologia, incluindo residências populares e equipamentos públicos como escolas e prédios governamentais. Verifica-se que a crise energética e hídrica se insere na pauta global de reivindicações, pois trata-se de uma questão grave e que gera consequências danosas de forma sistêmica.

Dessa forma, a variação da geração de energia elétrica, se coloca como um possível ponto de equilíbrio energético para que não haja atraso no

desenvolvimento da nação. A importância de implantação desses recursos, permitirá energia limpa e gratuita.

Entretanto, os aparelhos microgeradores e as empresas que os instalam devem ser melhor averiguadas para que não seja desperdiçado os recursos financeiros de quem neles investiu, evitando a subutilização de usinas que foram frutos de alto investimento de capital e, ainda, que seja gerado a certeza de que as usina a partir de painéis fotovoltaicos e de aerogeradores apresentam o retorno financeiro esperado ou “vendido”.

As energias renováveis mostram grande potencial de crescimento, no entanto a falta de dados diagnósticos desestimulam os investimentos em usinas sustentáveis. Neste TCC, as informações utilizadas para a projeção da capacidade e potência da usina foram baseadas em dados genéricos, captados de forma geral e superficial, deixando as especificidades de cada unidade de captação em segundo plano ou inutilizadas.

A localização de placas e aerogeradores deve obedecer aos parâmetros oferecidos pela edificação, entretanto, o posicionamento dos materiais, a melhor angulação, a presença de um caminho livre para a irradiação solar ou ventos devem ser observadas pelo projetista.

Ainda assim, sugere-se a criação e difusão de meios autônomos e automatizados capazes de analisar os dados da medição do vento, consumo de energia, e irradiação solar, de modo a fornecer a viabilidade da implantação de painéis fotovoltaicos e aerogeradores, indicando a melhor forma de realizar a sua instalação e obter o aproveitamento máximo dos recursos ali depositados.

9. REFERÊNCIAS

AVACI, Angelica B. et al. **Avaliação econômico-financeira da microgeração de energia elétrica proveniente de biogás da suinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2013.

BARRETO, Aldinete Bezerra et al. **Estudo do ciclo diário do vento à superfície no Nordeste do Brasil**. 2001.

BUONO, Livia Nunes. **Sustentabilidade ambiental de empreendimento comercial em operação com base no manual de certificação AQUA-HQETM**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BRASIL. **Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10295.htm>. Acesso em 25 de fevereiro de 2022

BRASIL. **Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 25 de fevereiro de 2022

CARLO, Joyce Correna; LAMBERTS, Roberto. **Parâmetros e Métodos Adotados no Regulamento de Etiquetagem da Eficiência Energética de Edifícios: parte 1: método prescritivo**. Ambiente Construído, 2010.

CASAGRANDE, Alexandre Luiz. **Análise do sistema de eficiência energética na Certificação Aqua do Escritório Verde da Universidade Tecnológica do Paraná**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CRESESB (Centro de Referência Para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito) Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>> Acesso em 20 de jan. 2022.

CUNHA, Eduardo Argou Aires et al. **Aspectos históricos da energia eólica no Brasil e no mundo**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, 2019.

DUTRA, R. **Energia eólica: princípios e tecnologia**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2008. 58p.

ESMERALDO, Lara Barrocas Soares et al. **Diretrizes para projetos habitacionais sustentáveis baseadas na categoria 1 do processo AQUA**. 2013.

FIGUEIREDO, Flávio Filipe Henriques. **Certificação energética e certificação ISO 50001**. 2019. Tese de Doutorado.

GLOBAL SOLAR ATLAS. Disponível em: <<https://globalsolaratlas.info/map?c=11.609193,8.4375,3>> Acesso em 20 de jan. 2022

GOOGLE. **Google Earth**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Pousada+Trilha+do+Mar/@-9.7756516,-35.852996>> Acesso em 5 de jan. 2022.

HOYMILES. Disponível em: <<https://global.hoymiles.com/platform/login>> . Acesso em: 27 de jan. 2022

ITM. **Monitoramento de dados**. Disponível em: <<https://itm.ecolabore.net>> Acesso em 20 de jan. 2022.

IE TECNOLOGIA. Disponível em: <<https://monitordeenergia.ml/>> . Acesso em: 27 de jan. 2022

INFOESCOLA. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/termodinamica/corrente-de-conveccao>> Acesso em 20 de jan. 2022

KARPINSK, Luisete Andreis. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Edipucrs, 2009.

LIMA, Gustavo Meirelles. **Microgeração em Sistemas de Abastecimento de Água**. Itajubá, 2013.

LIMA, Ricardo Miguel Rodrigues. **Estudo e implementação de sistema híbrido de microgeração**. 2012. Tese de Doutorado.

NAKABAYASHI, Renny Kunizo. **Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, Cristiano. **Geração de valor em green buildings: um estudo sobre shopping centers no Brasil**. 2013. Tese de Doutorado.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: CEPEL - CRESESB, 2014.

RIFIKIN, J; **THE THIRD INDUSTRIAL REVOLUTION: How lateral power is transforming energy, the economy, and the world**; PALGRAVE MACMILLAN. New York, 2011.

SOLARMAN. Disponível em: <<https://home.solarmanpv.com>>. Acesso em 29 de jan. 2022

TASSI, Rutinéia et al. **Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais**. *Ambiente Construído*, v. 14, n. 1, p. 139-154, 2014.

TOLEDO, F., **Desvendando as Redes Elétricas Inteligentes: Smart Grid Handbook**, Ed. Brasport, Rio de Janeiro, 2012.

TESUP. Disponível em: <<https://www.tesup.com.br/>> Acesso em: 27 de jan. 2022

TRILHA DO MAR. Disponível em:Fonte: <<https://trilhador.com.br/>> Acesso em: 27 de jan. 20223

UCZAI, P, **Inevitável mundo novo:** Energia Eólica e Solar e a Segurança Energética, Ed. Pallotti, Chapecó, SC, 2010.

VALENTE, Josie Pingret. **Certificações na construção civil: comparativo entre LEED e HQE.** Rio de Janeiro, 2009.

ZAVADIL, Priscila; DA SILVA, Régio Pierre. **Identificação e sistematização de diretrizes para o design de embalagens sustentáveis.** Design e Tecnologia, 2013.