



ANÁLISE TÉCNICA E FINANCEIRA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO NO HOSPITAL SÃO SEBASTIÃO NO MUNICÍPIO DE TURVO/SC

Jacks Leal Borges¹
Túlio Burigo Niero²
Guilherme Valvassori Martins³
Joelma Teza⁴

RESUMO

No atual cenário mundial, há uma grande demanda por energia elétrica e vêm se discutindo os seus métodos de geração e devido uso. As grandes potências mundiais estão buscando novas formas de geração de energia para diminuir a dependência dos combustíveis fósseis. A Organização das Nações Unidas (ONU) tem uma lista de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), as metas fazem parte da Agenda 2030. Um deles é o objetivo 7, que defende energia limpa e acessível. A busca por uma energia mais limpa e eficiente é uma tendência em ascensão à medida que a economia migra para fontes de energia mais sustentáveis. Em países como o Brasil, onde há uma grande incidência de radiação solar anual, a implantação de sistemas fotovoltaicos torna-se extremamente viável. A geração de energia elétrica por meio de um sistema fotovoltaico, busca desenvolver uma energia limpa e eficiente a partir de recursos naturais e torna-se uma alternativa ecológica para suprir este consumo. A aplicabilidade deste sistema não é algo novo, porém, renova-se constantemente devido a novas tecnologias implantadas no mercado e seu custo vem reduzindo consideravelmente. No entanto, para o melhor desempenho de geração de energia elétrica de um sistema fotovoltaico, existem variáveis de instalação que necessitam ser observadas, como, por exemplo, a orientação solar e a inclinação na qual os módulos são instalados, a correta distribuição e ligação dos conjuntos de módulos, entre outras. Neste trabalho será apresentado a partir de um levantamento

bibliográfico e metodológico a viabilidade técnica e custo-benefício da implantação de um sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica no Hospital São Sebastião, localizado no centro de Turvo – SC. Para desenvolvimento deste estudo, foi realizada a coleta de dados do consumo elétrico por um período de um ano, fornecidos pela concessionária local CERSUL. Logo depois foram colhidos dados climáticos da região, bem como o levantamento do consumo de energia elétrica do Hospital e os custos para instalação. Para a avaliação econômica utilizou-se os indicadores VPL, TIR, PAYBACK e IBC. Os resultados mostram que o projeto é tecnicamente viável e atrativo economicamente, resultando em uma economia de 77,5% na fatura elétrica anualmente.

Palavras-chave: Energia solar, Sistema fotovoltaico, Sustentabilidade.

¹Jacks Leal Borges – Graduando em Engenharia Civil (ESUCRI), Técnico em Edificações (FVA). E-mail: eng.jacksleal@gmail.com

²Túlio Burigo Niero – Engenheiro Eletricista (SATC). Pós-graduação em Engenharia de Produção (SATC), Docente nos cursos de Eng. Civil e Eng. de Produção na faculdade ESUCRI. E-mail: tulio.niero@esucri.com.br

³Guilherme Valvassori Martins – Engenheiro Eletricista (Satc). Especialista em eficiência energética e energias renováveis. Especialista em liderança executiva e gestão empresarial. E-mail: gvmengenharia@gmail.com

⁴Joelma Teza – Engenheira Ambiental (Unesc), MBA em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental pelo IPOG. Docente nos cursos: Eng. Civil, Eng. de Produção, Administração, Arquitetura e Urbanismo na faculdade ESUCRI. E-mail: joelma@esucri.com.br

TECHNICAL AND FINANCIAL ANALYSIS FOR THE IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM AT HOSPITAL SÃO SEBASTIÃO IN THE MUNICIPALITY OF TURVO/SC

ABSTRACT

In the current world scenario, there is a great demand for electricity and its generation methods and proper use have been discussed. The great world powers are looking for new forms of energy generation to reduce dependence on fossil fuels. The United Nations (UN) has a list of 17 Sustainable Development Goals (SDGs), the goals are part of the 2030 Agenda. One of them is goal 7, which advocates clean and affordable energy. The quest for cleaner, more efficient energy is a rising trend as the economy shifts to more sustainable energy sources. In countries like Brazil, where there is a high incidence of annual solar radiation, the implementation of photovoltaic systems

becomes extremely feasible. The generation of electricity through a photovoltaic system seeks to develop clean and efficient energy from natural resources and becomes an ecological alternative to meet this consumption. The applicability of this system is not something new, however, it is constantly renewed due to new technologies implemented in the market and its cost has been reducing considerably. However, for the best performance of electric energy generation of a photovoltaic system, there are installation variables that need to be observed, such as, for example, the solar orientation and the inclination in which the modules are installed, the correct distribution and connection of the module sets, among others. In this work, from a bibliographic and methodological survey, the technical feasibility and cost-effectiveness of the implementation of a photovoltaic system connected to the electrical grid at Hospital São Sebastião, located in the center of Turvo - SC, will be presented. For the development of this study, data was collected on electricity consumption for a period of one year, provided by the local concessionaire CERSUL. Soon after, climate data were collected in the region, as well as a survey of the Hospital's electricity consumption and installation costs. For the economic evaluation, the NPV, IRR, PAYBACK and IBC indicators were used. The results show that the project is technically feasible and economically attractive, resulting in savings of 77.5% in the electricity bill annually.

Keywords: Solar energy, Photovoltaic system, Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de energia devido aos avanços tecnológicos e do desenvolvimento humano é inevitável, essencial e presente no cotidiano. A globalização, o crescimento comercial e o industrial são oriundas da revolução Industrial no século XVIII, que foram primordiais para esse consumo desenfreado e que pode sofrer com escassez num futuro próximo (ROSA; GASPARIN, 2016).

A necessidade por energia elétrica vem sendo considerada um dos grandes problemas a serem enfrentados pela humanidade. Nas próximas décadas, estima-se que o consumo de energia passe dos 23TWh para 40TWh em 2040 (EPE, 2021). Desse montante, cerca de 65% são obtidos a partir de combustíveis fósseis, e os outros 35% de fontes renováveis (EPE, 2021).

O principal meio de geração de energia elétrica no Brasil é a hidroeletricidade, e apesar de ser considerada uma fonte de energia limpa, tem um impacto adicional no meio ambiente, principalmente na sua construção, devido a suas grandes áreas alagadas. A segurança do abastecimento energético está atrelada à perspectiva de esgotamento dos recursos existentes nas próximas décadas, uma vez que as principais bacias hidrográficas do país com capacidade de produção de energia estão esgotadas (GAVIOLI, 2021).

A energia, por sua vez, é considerada um dos insumos mais relevantes para o desenvolvimento e crescimento econômico de uma nação. Hoje, o progresso de um país está diretamente relacionado à flexibilidade de produção de energia e capacidade instalada (SERRANO, 2021).

Busca-se fontes alternativas renováveis, menos poluentes e mais rentáveis para suprir toda essa demanda. Uma dessas fontes renováveis que mais se destaca e ganha espaço no Brasil é a fotovoltaica. Sua fonte, o sol, é inesgotável e mundialmente disponível, capaz de reverter os efeitos nocivos causados pelo uso dos combustíveis fósseis (GAVIOLI, 2021).

Segundo Hinrich (2014) as placas fotovoltaicas vieram com a principal função de transformar esse calor solar em energia elétrica, através de suas micropartículas de silício. Por estar localizado próximo a linha do Equador, o Brasil é privilegiado comparado à Europa em incidência solar anual. No território brasileiro a maior radiação solar é encontrada no Norte do estado da Bahia e a menor na região litoral norte em Santa Catarina (ROSA; GASPARIN, 2016).

A região sul de Santa Catarina, por exemplo, recebe a média de 5,0 kWh/m² por ano de incidência solar. Este valor está acima do registrado em países como a Alemanha, país referência no mundo inteiro em energias renováveis. Mais especificamente, no estado de Santa Catarina a radiação solar está aproximadamente 40% mais alta que no melhor ponto de captação da Alemanha (SC Energia – SCe, 2017).

A energia fotovoltaica além de todas as suas vantagens na questão

ambiental e energética, também indica uma economia para quem a utiliza. Nos últimos anos o acesso a essa tecnologia vem se tornando cada vez mais viável, pelo fato de o custo para instalação estar diminuindo ano após ano e o valor da energia elétrica aumentando, devido à crise energética enfrentada pelo país (GAVIOLI, 2021).

O presente estudo irá verificar a viabilidade técnica e financeira para implantação de um sistema fotovoltaico na instituição hospitalar São Sebastião, na cidade de Turvo – SC. Como se sabe, hospitais são edificações de uso intenso e variado de energia, devido aos processos inerentes ao setor. Possuem um elevado consumo de energia elétrica, que acontece em decorrência de seu funcionamento ser ininterrupto, ou seja, funcionando 24 horas por dia, durante os sete dias da semana. Assim, os gastos com o consumo de eletricidade no hospital tendem a ser elevados, abrindo espaço para fontes de geração própria, como a energia solar.

A estrutura de consumo de energia dos edifícios hospitalares também é mais complexa do que a dos edifícios públicos comuns. Seu consumo diário de energia é principalmente elétrico, utilizado para iluminação, ar-condicionado e ventilação, além de diferentes tipos de equipamentos médicos, afetando diretamente em uma tarifa cara (SHEN *et al.*, 2019).

Este artigo teve como objetivo geral verificar a viabilidade técnica e financeira da implantação de um sistema gerador de energia fotovoltaica ligada à rede elétrica em uma instituição hospitalar na cidade de Turvo, Santa Catarina. Como objetivos específicos e para atingir o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos:

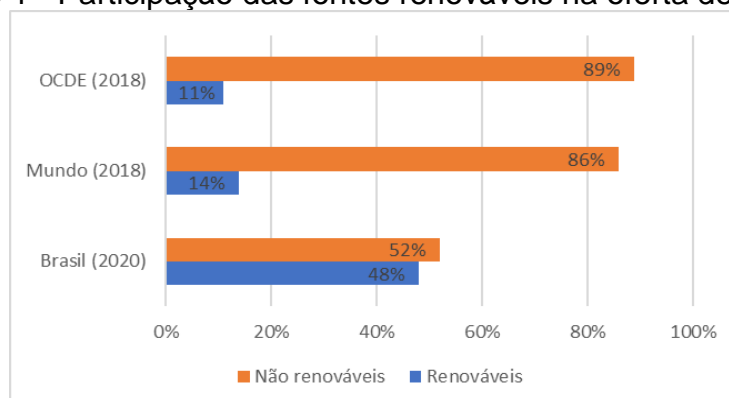
- Reunir dados de consumo e das instalações prediais;
- Avaliar o consumo de energia elétrica;
- Analisar a incidência solar no local;
- Dimensionar o sistema FV;
- Quantificar a área necessária para destinar as placas solares;
- Verificar o custo de instalação e o tempo de retorno do investimento.

2 ENERGIA NO BRASIL

As usinas hidrelétricas representam 68% da matriz elétrica brasileira. Embora considerada uma fonte renovável, apresenta grandes controvérsias quanto à degradação ambiental, pois compromete corpos hídricos e desestrutura a área social afetada. Dessa forma, ocasionando deslocamento da população e exclusão de atividades econômicas locais (BERMANN, 2007).

No que se refere aos outros países, o Brasil é destaque pelo seu alto percentual de energias renováveis em sua oferta interna como visto no Gráfico 1 (EPE, 2021). Porém, devido à crise hidráulica ocasionada pela falta de chuvas, este posto vem se tornando um desafio ano após ano. Conquanto, nos últimos 20 anos o país se manteve estável neste ranking, o que já era um constante desafio, em 2011 e 2014 houve uma drástica redução da participação de energia limpa.

Gráfico 1 - Participação das fontes renováveis na oferta de Energia



Fonte: Adaptado pelos autores, de EPE (2021).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2017 o consumo nacional de energia elétrica foi de 465.130 GWh. Comparado diretamente com 2007 houve um aumento de mais de 23% de consumo de energia elétrica, o que contribui diretamente para maiores emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).

Mesmo o Brasil sendo um dos maiores produtores de energia elétrica mundial, principalmente a hidrelétrica (Tabela 1), que é cerca de 9,7% do total mundial (EPE,

2021). Em 2014 houve a necessidade de buscar novas fontes alternativas, sustentáveis e renováveis para suprir parte da demanda e diminuir a emissão de gases poluentes que são nocivos aos seres vivos e a natureza. Em suma, os recursos naturais presentes hoje são finitos e podem sofrer com escassez no futuro próximo, isto já está se tornando uma realidade.

Tabela 1 - Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil (MW)

	2016	2017	2018	2019	2020	% (2020/2019)	Part. % (2020)
Total	150.338	157.112	164.503	170.118	174.737	2,7	100,00
Usinas							
Hidrelétricas	91.499	94.662	98.287	102.999	103.027	0,00	59,00
PCH	4.941	5.020	5.157	5.291	5.429	2,60	3,10
CGH	484	594	695	768	816	6,20	0,50
Gás Natural	12.965	12.980	13.359	13.385	14.927	11,50	8,50
Derivados de							
Petróleo	8.845	8.792	7.549	7.670	7.696	0,30	4,40
Carvão	3.389	3.324	2.858	3.228	3.203	-0,80	1,80
Usinas							
Nucleares	1.990	1.990	1.990	1.990	1.990	0,00	1,10
Biomassa	13.913	14.289	14.569	14.703	15.011	2,10	8,60
Usinas Eólicas	10.124	12.283	15.378	15.378	17.131	11,40	9,80
Solar	24	935	2.473	2.473	3.287	32,90	1,90
Outras	2.163	2.243	2.188	2.234	2.221	-0,60	1,30

Fonte: Adaptado pelos autores, de EPE (2021).

Atualmente, o sistema elétrico brasileiro é quase totalmente conectado através do (SIN) Sistema Interligado Nacional, cuja dimensão e características o tornam único no mundo. E apenas 1,7% da demanda total de eletricidade do Brasil é atendida por sistemas isolados (não conectados ao SIN), localizados principalmente na região amazônica (PEREIRA *et al.*, 2017). A Figura 1 mostra o mapa do Sistema Interligado Nacional, ilustrando a abrangência nacional do SIN.

Figura 1 - Representação do Sistema Interligado Nacional (SIN)



Fonte: PEREIRA *et al.*, 2017.

Segundo a ANEEL (2009), o SIN desempenha um papel fundamental na garantia do fornecimento de energia elétrica em larga escala no Brasil, impulsionando o desenvolvimento econmico e social do país. A integrao e o constante aprimoramento do SIN são essenciais para assegurar um sistema elétrico eficiente, confiável e sustentável.

2.1 ESGOTAMENTO DOS RECURSOS NATURAIS PARA GERAO DE ENERGIA

A segurança do abastecimento energético está atrelada à perspectiva de insuficiência dos recursos naturais existentes para as próximas décadas. As principais bacias hidrográficas do país com capacidade de produo de energia estão praticamente esgotadas. De acordo com a EPE (2021) as preocupaoes ambientais acabam por afetar diretamente a segurança energética, o maior exemplo dos últimos anos foi a seca ocorrida no final de 2015 e início de 2016. Devido à estiagem prolongada e à falta de planejamento e infraestrutura, há a necessidade de ampliar o

uso da energia das usinas termelétricas devido à escassez de água. Nesse período, a geração hidrelétrica foi bastante afetada, elevando o preço da energia elétrica, com fortes efeitos em todo o país (BENEDET; CORRÊA, 2021).

Diante dessa situação, novas fontes de energia primárias e menos poluentes devem ser consideradas, como a geração fotovoltaica. Cujas têm inúmeras vantagens para o meio ambiente e sistemas elétricos, têm sido amplamente demonstradas em todo o mundo como uma solução complementar para a matriz energética (SERRANO, 2021).

2.2 SUSTENTABILIDADE

Existem dois usos interdependentes na sustentabilidade: Com impactos negativos mínimos na natureza; e a apropriação dos recursos de maneira efetiva em custos, com a possibilidade de extração ao longo prazo (BARBOSA, 2016).

Sem energia, escolas deixam de funcionar ou o fazem precariamente; hospitais não conseguem fazer exames e prestar atendimento a seus pacientes; a geração de renda cai porque a falta de energia afeta negativamente o mercado e os pequenos negócios que dela dependem. Diante disso, fica claro que o cumprimento do ODS 7 impacta tanto social quanto economicamente no desenvolvimento que um país pode alcançar (DE SOUZA, 2020).

2.3 ENERGIAS RENOVÁVEIS

As energias renováveis são todas aquelas provenientes de fonte natural e inesgotável de abastecimento a longo prazo, obtida a partir de processos naturais que são ou podem ser continuamente reabastecidos. Gerada a partir de recursos em níveis sustentáveis que podem vir de fontes de energia não fósseis. Os elementos aplicados como matérias-primas, podem ser recompostos pelo meio ambiente mantendo um ciclo equilibrado de produção e consumo, pois é gasta em quantidade

e velocidade que a natureza pode substituí-la (BENEDET; CORRÊA. 2021; BARBOSA, 2016).

As instabilidades presentes na geração de energia junto com seu alto orçamento de funcionamento para as concessionárias, reflete no preço pago para o consumidor final. Elas podem ser resolvidas com a implantação de novas tecnologias na matriz energética, especificamente com as fontes renováveis (SOLAR BRASIL, 2015).

A preocupação com a sustentabilidade e meio ambiente mostrou-se como outro motivo limitante para o uso de combustíveis fósseis, visto isso, foi instaurado um modo de economia e produção no qual não há sincronia na matriz energética global. A conferência de Estocolmo organizada pela ONU em 1972, abriu pauta para os perigos do uso intensivo de combustíveis fósseis. Nestas circunstâncias os governos mundiais vão em direção de mudar gradualmente sua matriz energética, para fontes renováveis (CUNHA *et al.*, 2019).

2.4 RADIAÇÃO SOLAR E INCIDÊNCIA NO BRASIL

A quantidade de radiação solar que atinge a terra a cada ano é 7.500 vezes o consumo de energia primária de sua população. Se apenas 0,1 % da energia solar pudesse ser convertida com 10 % de eficiência, a energia gerada seria quatro vezes maior do que a capacidade total de geração de energia no mundo, que é de 3.000 GW (BARBOSA, 2016). O Brasil, como está localizado próximo a linha do equador e em região intertropical, recebe grande incidência solar ao longo de todo o ano, demonstrando grande potencial para a geração de energia fotovoltaica (CARVALHO DIAS *et al.*, 2017).

Devido ao grande e complexo território do Brasil, dados consistentes sobre parâmetros meteorológicos foram encontrados em apenas algumas localidades. Essa falta de informações, incluindo dados sobre radiação solar superficial, dificulta o uso de sistemas fotovoltaicos para melhorar a produção de eletricidade (MARQUES *et al.*,

2012). Segundo Almorox *et al.*, (2008), informações locais da radiação solar global, além de serem utilizadas em simulações de crescimento e produtividade das culturas agrícolas podem ser, também, aplicadas para dimensionamento de sistemas alternativos de produção de energia (BELÚCIO *et al.*, 2014).

2.5 POTENCIAL DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

A energia solar fotovoltaica já demonstra ser uma fonte tecnologicamente avançada no quesito produção de energia elétrica. Alguns empecilhos devem ser superados para que haja consolidação no mercado, por isso a importância de ser realizado um panorama desta modalidade de geração de energia elétrica. Entre as fontes de energias renováveis, a energia solar fotovoltaica é destaque por ser inesgotável, apresentar alto grau de confiabilidade e por reduzir custos de consumo no longo prazo (DUTRA *et al.*, 2013; ROSA; GASPARIN, 2016).

Após a Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL, o consumidor vem se interessando cada vez mais pela energia solar fotovoltaica, outro fator que influenciou nesse interesse é pelos altos índices de radiação solar no país. Devido aos altos custos dos equipamentos essa adoção ainda é singela (ANEEL, 2015).

Rosa e Gasparin (2016) mencionam o destaque que a energia solar ganha para a diversificação da matriz energética no país, notadamente pelo seu baixo índice de aproveitamento do real potencial existente. De fato, é mal proveitoso seu vasto potencial que está incubado no momento, reforçando a ideia de que existem grandes oportunidades para a geração de energia fotovoltaica. Novas políticas públicas podem ser instauradas para disseminar seu uso. Por último, mas não menos importante, realizar campanhas de conscientização social no Brasil para demonstrar de forma clara e concisa dos benefícios da geração distribuída solar fotovoltaica, com foco nas questões ambientais, econômicas e de planejamento (ROSA; GASPARIN, 2016).

2.6 COMO FUNCIONA

Em conformidade com Benedet e Corrêa (2021), a energia solar nada mais é do que aproveitar a luz e a energia que o sol emite todos os dias para as mais diversas ações cotidianas. No processo, ela é capturada e usada para aquecer água ou gerar eletricidade - recursos utilizados todos os dias. A energia solar é um recurso, captado por células fotovoltaicas, processo que utiliza a energia solar para convertê-la diretamente em eletricidade.

Do sol é provida essa energia através de ondas eletromagnéticas mais conhecidas como fótons, chegando até a terra de maneira direta ou difusa, sendo considerada como fonte primária de energia elétrica, obtida por meio de conversão da luz em eletricidade. Os sistemas fotovoltaicos nada mais são do que o processo de conversão da radiação solar em energia elétrica por meio de dispositivos que absorvem ondas eletromagnéticas (fótons). Esses fótons podem ser absorvidos ou refletidos, porém, somente os fótons absorvidos produzem eletricidade, independente de dias nublados ou chuvosos, no entanto, quanto mais radiação solar, maior a quantidade de eletricidade produzida (FARIAS *et al.*, 2010; SOLAR BRASIL, 2015).

Os painéis solares que transformam a energia solar em eletricidade, são formados por um conjunto de células fotovoltaicas portadoras de elétrons, que quando atingidos pela radiação solar movimentam-se gerando corrente elétrica. A eficiência de um painel solar é medida pela capacidade que ele tem em converter a luz solar em eletricidade (BENEDET; CORRÊA, 2021).

2.6.1 Célula fotovoltaica

Composto por células fotovoltaicas, o sistema é constituído por um material semicondutor, que geralmente é protegido por determinado material transparente, podendo ser vidro especial, plástico ou resina de silicone. “Em termos de eficiência de conversão fotovoltaica, a tecnologia do silício cristalino é, dentre as tecnologias utilizadas em aplicações terrestres para gerar potência elétrica” (RUTHER, 2004, p.

21). A célula fotovoltaica é considerada elemento primordial no sistema, pois é responsável pela reação que ocasiona a eletricidade (DUTRA *et al.*, 2013).

2.6.2 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O sistema de painéis solares pode ser conectado em série ou em paralelo, contendo até 3 maneiras de execução, e classificados em: Sistema Fotovoltaico ligado à rede (*on grid*), Sistema Fotovoltaico isolado (*off grid*) e Sistema Fotovoltaico híbrido (SILVA, 2018).

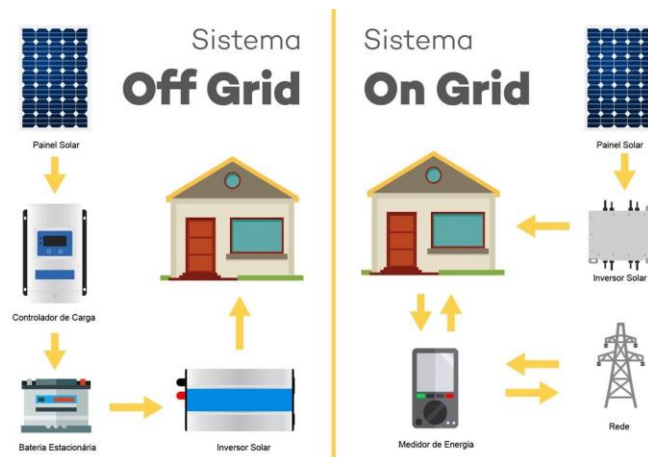
1 – Sistema Fotovoltaico ligado a rede (*on grid*): quando a energia gerada excedente (não consumida) é injetada na rede da concessionária elétrica, fazendo com que o relógio medidor gire ao contrário, é importante destacar que, para a aplicação de um sistema *on grid*, é necessário a presença de um medidor bidirecional que fará a contabilização entre a energia gerada pelo sistema e a energia consumida pelo cliente;

2 – Sistema Fotovoltaico isolado (*off grid*): toda a energia produzida abastece baterias que alimentam o consumo, sem ter contato com a rede da concessionária;

3 – Sistema Fotovoltaico híbrido: quando a energia gerada pelo sistema fotovoltaico abastece as baterias, mas tem ligação com a rede pública, abastecido por uma fonte de energia secundária (concessionária ou eólica);

Na Figura 2 está ilustrada a sequência operacional do sistema *Off Grid* (à esquerda) e do sistema *On Grid* (à direita).

Figura 2 - Sistema *off grid* x sistema *on grid*



Fonte: NEOSOLAR, 2022.

Segundo Silva (2018) cada componente do sistema fotovoltaico é de suma importância para que o todo funcione corretamente:

1 – Os painéis solares fazem o papel de coração, bombeando a energia para o sistema. Podem ser um ou mais painéis e são dimensionados de acordo com a energia necessária. São responsáveis por transformar energia solar em eletricidade.

2 – Controladores de carga funcionam como válvulas para o sistema. Servem para evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho.

3 – Os inversores são responsáveis por transformar os 12V de corrente contínua (CC) das baterias em 110 ou 220V de corrente alternada (AC), ou outra tensão desejada. No caso de sistemas conectados, também são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.

4 – As baterias armazenam a energia elétrica para que o sistema possa ser utilizado quando não há incidência solar, nos sistemas off-grid.

5 – O medidor de energia vai monitorar toda geração e consumo do sistema, toda a energia excedente que é injetada na rede passa por sua medição e é contabilizado posteriormente.

3 METODOLOGIA

Este artigo apresenta os processos que serão utilizados para a obtenção de energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas no hospital São Sebastião localizado na cidade de Turvo SC. Será considerado um sistema *on grid* (ligado à rede) possibilitando fornecer pelo menos, parte ou total da energia demandada. Será realizado estudo da viabilidade técnica (dimensionamento) e financeira (*Payback*, TIR, VLP e IBC) para tal implantação.

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO EM ESTUDO

O local para análise de viabilidade é composto por uma edificação de dois pavimentos, em alvenaria, sendo este localizado na Rua Nereu Ramos, nº 1200, no Centro de Turvo SC, onde foi observado a área disponível e o local através de projetos, aferições *in loco* e imagens por satélite. O hospital classificado como de médio porte, e com área de construção total de aproximadamente de 5.000,00 m².

3.2 LOCAL PARA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FV

O estacionamento proposto para receber o sistema conta com uma área de 1.025,00m² e fica em anexo aos fundos do Hospital. A instituição já está ciente da retirada das árvores ao redor, para não gerar sombras, que afetariam diretamente na geração de energia.

3.3 COLETA DE DADOS

Foi anotado o histórico de consumo de energia do complexo hospitalar do ano de 2022, foi possível realizar a média anual (Tabela 2).

Tabela 2 - Consumo por período

Consumo por período	
Consumo anual (KWh)	167.894,00
Consumo médio mensal (KWh/mês)	13.991,17
Consumo médio diário (KWh/dia)	466,37

Fonte: Autores, 2023.

Na cidade de Turvo SC, a energia elétrica é distribuída pela CERSUL Cooperativa de Distribuição de Energia. Informando o custo do KWh de R\$ 0,49926 (abril de 2023) no setor comercial, por se tratar de uma instituição hospitalar, os tributos federais não são cobrados de acordo com a legislação a seguir.

Conforme art. 7º da Medida Provisória 250/2022, enquanto vigorar o Convênio ICMS nº 179, de 6 de outubro de 2021, do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), fica concedida a isenção do ICMS incidente nas operações de fornecimento de energia elétrica destinadas a consumo por hospital integrante do Sistema Único de Saúde (SUS), situado neste Estado (BRASIL, 2022).

Outro ponto importante, identificado na visita in loco e em conversa com o Engenheiro Eletricista da CERSUL foi a classificação da rede elétrica, o hospital é uma unidade consumidora atendida em média tensão, com um transformador exclusivo de 112,5kVA e uma medição indireta em baixa tensão, o qual fez a opção pelo faturamento com a tarifa do grupo B (unidade consumidora com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV) e com rede trifásica. O sistema dimensionado não passará de 75KW/pico que é o limite da microgeração, acima disto implicaria em uma nova taxa cobrada pela concessionária local, pois provável manutenção ou mudança de transformador na rede de chegada seriam necessários.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo descritas as condições legais e estruturais para a estruturação de usinas solares e geração de energia solar fotovoltaica. Serão demonstrados os resultados dos cálculos da geração necessária de energia, quantidade de painéis do

sistema, área necessária de instalação para alocar os painéis no Sistema Carport, comparação entre a geração e consumo mensal, e a viabilidade financeira através dos cálculos de *Payback*, VPL, TIR e IBC.

4.1 LEGISLAÇÃO 2023

A lei que aborda o tema energia solar no Brasil é a Lei nº 14.300/2022. Institui o Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). Além disso, ela alterou as Leis nº 10.848/2004 e nº 9.427/1996.

A partir de 6 de janeiro de 2023, a nova legislação da energia solar, começa a cobrar uma taxa referente ao "fio B", ou seja, a energia excedente produzida pelo sistema fotovoltaico que é injetado na rede da concessionária sofrerá tarifa (HCC ENERGIA SOLAR, 2023). Um valor pago referente às linhas de transmissão da energia até o imóvel que vai consumi-la.

4.2 IRRADIAÇÃO SOLAR NA CIDADE DE TURVO-SC

Para obter as informações da irradiação solar do local, foi utilizado dados obtidos na plataforma CRESESB no seu sistema de informação o SunData v 3.0 (Tabela 3), no qual dados geográficos (as coordenadas do hospital) foram inseridos. Através desse método pode-se alcançar resultados em qualquer lugar em território nacional e além disso a plataforma indica a melhor inclinação possível para a instalação do conjunto solar.

Tabela 3 - Irradiação solar média (kWh/m². dia) x inclinação

Estação: Turvo				
Município: Turvo, SC - Brasil				
Latitude: 28,901° S				
Longitude: 49,649 ° O				
Distancia do ponto de ref. *28,9307°S, 49,68352°O): 4,7km				
	Plano Horizontal	Ângulo igual a latitude	Maior média anual	Maior mínimo mensal
Inclinação	0°N	29°N	24°N	44°N
Jan	5,58	4,98	5,14	4,37
Fev	5,24	5,00	5,11	4,55
Mar	4,48	4,70	4,72	4,48
Abr	3,83	4,56	4,49	4,60
Mai	2,96	3,94	3,82	4,15
Jun	2,45	3,41	3,29	3,66
Jul	2,69	3,69	3,56	3,93
Ago	3,40	4,23	4,14	4,35
Set	3,50	3,78	3,77	3,66
Out	4,23	4,14	4,21	3,83
Nov	5,57	5,06	5,21	4,47
Dez	5,85	5,12	5,31	4,45
Média	4,15	4,38	4,40	4,21
Delta	3,40	1,71	2,02	0,94

Fonte: Adaptado pelos autores (CRESESB, 2017).

Outro *software* muito importante para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos é o PVsyst. Este sistema foi projetado para ser utilizado por profissionais da área e pesquisadores, sendo capaz de importar dados meteorológicos, conseguindo ter um dimensionamento por completo.

Inserindo as coordenadas geográficas do hospital São Sebastião, conseguiu-se obter dados mensais da incidência solar em Kwh/m² conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Média da irradiação solar no Hospital São Sebastião

	Irradiação horizontal total	Irradiação difusa horizontal	Temperatura	Velocidade do vento	Humidade relativa
	Kwh/m ² /mês	Kwh/m ² /mês	°C	m/s	%
Jan	186,7	97,7	25,9	3,0	74,9
Fev	155,9	77,6	25,6	2,7	76,6
Mar	152,5	71,0	24,1	2,6	78,1
Abr	136,0	47,9	21,2	2,3	81,4
Mai	115,2	36,9	18,1	2,2	82,9
Jun	91,3	35,5	15,5	2,2	85,6
Jul	102,5	37,2	14,6	2,4	84,4
Ago	122,4	52,7	16,7	2,9	80,3
Set	125,9	67,0	18,2	3,2	79,9
Out	165,1	84,7	21,0	3,2	75,9
Nov	181,3	93,0	22,6	3,4	74,1
Dez	210,4	95,3	24,8	3,2	72,7
Média	1745,2	796,5	20,7	2,8	78,9

Fonte de dados: Meteonorm 8.1 (2006-2015), Sat= 100%

Fonte: Adaptado pelos autores, de PVsyst (2023).

Os resultados apresentados nas tabelas 03 e 04 serão utilizados para o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

4.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FV

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, foi selecionada a placa fotovoltaica da fabricante Vertex, modelo TSM-DE19R. Essa placa possui uma potência máxima de 580W, sendo composta por 132 células monocristalinas e apresentando uma eficiência total de 21,5% por módulo. Seu formato é retangular, com dimensões de 2384mm de altura, 1134mm de largura e espessura de 35mm, conforme detalhado no anexo E.

A escolha desse modelo de placa fotovoltaica se baseou em sua alta potência

e eficiência, garantindo uma maior geração de energia para o sistema. Além disso, as dimensões da placa foram consideradas para garantir uma integração adequada ao projeto, levando em conta os espaços disponíveis e as características do local de instalação.

4.4 GERAÇÃO NECESSÁRIA

Com base nas informações coletadas sobre o consumo médio diário e a insolação solar, foi possível aplicar a Equação 1 para calcular a geração necessária do sistema fotovoltaico.

$$Gn = \frac{Cmd}{msa}$$

Equação 1

Sendo:

Gn = Geração necessária (W/pico);

Cmd = Consumo médio diário (kWh/dia);

Msa = Média de irradiação solar anual (kWh/m².dia);

4.5 QUANTIDADE DE PAINÉIS

Após determinar a geração necessária do sistema fotovoltaico, foi possível calcular a quantidade total de painéis necessários utilizando a Equação 2. Nessa equação.

$$Qp = \frac{Gn \times 1000}{potencia\ da\ placa}$$

Equação 2

Sendo:

Qp = Quantidade de painéis (und);

Gn = Geração necessária (kW/pico);

Esse cálculo permitiu obter o número exato de painéis fotovoltaicos requeridos para atender à demanda energética estabelecida. Através dessa relação entre a geração necessária e a potência de cada placa, pode se dimensionar o sistema.

4.6 ÁREA DE INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS

Para determinar a área total necessária para a implantação do sistema fotovoltaico, multiplicou-se a quantidade total de painéis pela área unitária de cada placa, como descrito na Equação 3.

$$a_t = Qp \times a_u$$

Equação 3

Sendo:

a_t = Área total (m²);

Qp = Quantidade de painéis (und);

a_u = Área unitária (m²);

4.7 CUSTOS E RETORNO DO INVESTIMENTO

Não há uma regra geral para determinar a viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico ligado à rede, pois cada cliente possui demandas e necessidades específicas, como é o caso sob estudo. A taxa mínima de atratividade (TMA) para o segmento solar, é definida em 10% ao ano, é tida como o referencial mínimo de retorno desejado sobre o capital investido em um sistema fotovoltaico (EVO BRASIL, 2021). A análise econômica se pauta nos indicadores *Payback*, TIR (Taxa Interna de Retorno), VPL (Valor Presente Líquido) e IBC (índice benefício / custo) para mostrar

a viabilidade do sistema fotovoltaico instalado.

4.7.1 Payback

O *payback* na tradução literal significa retorno, que é o tempo necessário para que se obtenha retorno do investimento feito em qualquer aplicação. Este indicador é muito utilizado para aplicações elétricas e de eficiência energética, com intuito de avaliar o tempo de pagamento do investimento, neste caso do sistema fotovoltaico. No Brasil, o *payback* pode variar de acordo com o valor da tarifa cobrada em cada estado, pois num dado consumo, quanto mais cara a tarifa, mais rápido o investimento se paga.

$$\text{payback} = \frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Despesa anual evitada}}$$

Equação 4

A parcela anual (despesa líquida evitada) é encontrada por:

$$Cm_m \times \text{Tempo}_{\text{meses}} \times \text{Tarifa elétrica}$$

Equação 5

Sendo:

Cm_m = Consumo médio mensal;

4.7.2 Valor Presente Líquido – VPL

Segundo Gitman (2010), o método VPL (Valor Presente Líquido) busca trazer o valor de fluxo do investimento para o tempo presente, por meio da utilização de uma taxa de juros como referência, subtraindo ainda o investimento inicial.

O Valor Presente Líquido (VPL) é uma técnica utilizada para avaliar a viabilidade de um investimento a longo prazo. O VPL pode ser encontrado através da equação seguinte:

$$VPL = \sum \frac{FC_n}{(1+i)^n}$$

Equação 6

Sendo:

VPL = Valor presente líquido;

FC_n = Fluxo de caixa do ano referência;

i = Taxa de juros;

O fluxo de caixa pode ser encontrado pelo cálculo a seguir:

$$FC_n = (g_a \times P) - m_a$$

Equação 7

Sendo:

g_a = Geração anual (Kwh/mês);

P = Preço do KWh (R\$);

m_a = manutenção anual (R\$);

Para este estudo de caso, o cálculo de VPL é analisado como atrativo ou não, conforme seu saldo final. Sendo assim, considerado um importante indicador de viabilidade financeira.

4.7.3 Índice Benefício/Custo – IBC

O índice benefício / custo (IBC) é às vezes denominado índice de lucratividade. O IBC é uma medida de quanto se ganha por unidade de capital investido. É na verdade um aprimoramento da taxa média de remuneração do capital investido no projeto e uma variante do método do valor presente líquido (VPL). A única diferença entre o IBC e o VPL, é o fato de o IBC medir o retorno relativo ao valor atual por unidade de capital investido, ao passo que o VPL dá a diferença monetária entre

o valor atual dos retornos e o investimento líquido.

$$IBC = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j}}{FC_0}$$

Equação 8

Sendo:

FC_j = Fluxo de caixa no tempo;

i = Taxa de juros;

FC_0 = Fluxo de caixa inicial;

4.7.4 Taxa Interna de Retorno – TIR

Para Landeira (2013), o método TIR (Taxa Interna de Retorno) está diretamente relacionado ao Valor Presente Líquido, sendo dimensionada de forma com que o VPL seja igual a zero. Isto é a TIR independe das variações de mercado e representa a taxa em que os valores de entrada e saída do investimento se igualam, ou seja, se anulam.

A viabilidade do investimento pode ser confirmada em função da TIR calculada que deve ser superior à rentabilidade da caderneta de poupança, e também superior à taxa Selic, qualquer cenário diferente deste, é considerado como um investimento inviável ou não recomendável.

$$\sum_{i=1}^n \frac{FCn}{(1+Tir)^n} - I = 0$$

Equação 9

Sendo:

FCn = Fluxo de caixa do ano referência;

Tir = Taxa interna de retorno;

n = Período;

I = Investimento inicial;

Todos os cálculos para a análise financeira deste trabalho foram elaborados com o auxílio da calculadora financeira HP 12C, sendo uma das calculadoras mais utilizadas por profissionais da área. A HP 12C é conhecida por sua precisão e versatilidade no cálculo de valores presentes líquidos (VPL), taxas internas de retorno (TIR), fluxos de caixa descontados e outras métricas financeiras essenciais.

4.8 GERAÇÃO NECESSÁRIA

Para a determinação da geração necessária foi utilizado a equação 1.

$$G_n = \frac{466,37\text{kWh/dia}}{4,28\text{kWh/m}^2.\text{dia}} = 108,964 \text{ W/pico}$$

Equação 1

4.9 QUANTIDADE DE PAINÉIS

Para indicar a quantidade de painéis foi utilizado a equação 2, obteve-se o resultado de 188 placas fotovoltaicas.

$$Q_p = \frac{108,964 \text{ W/pico} \times 1000}{580\text{W}} = 187,86 \cong 188,00 \text{ placas}$$

Equação 2

4.10 ÁREA DE INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS

O estacionamento possui uma área total de 1.025,00m², como será utilizado um sistema de estrutura Carport, considerou-se que 50% dessa área estará disponível para a livre circulação e manobra dos veículos. A Figura 3 ilustra o estacionamento

com os painéis fotovoltaicos instalados.

Figura 3 - Estacionamento do Hospital com os painéis fotovoltaicos alocados



Fonte: Autores, 2023.

Para determinar a área de instalação dos painéis foi utilizado a equação 3, onde será necessária uma área de 508,25m².

$$a_t = 188 \times 2,703m^2 = 508,25m^2$$

Equação 3

A disposição dos painéis foi planejada de forma a maximizar o número de unidades. Essa estratégia de posicionamento dos painéis permitirá a utilização eficiente da área disponível, otimizando a capacidade de geração de energia solar.

4.11 GERAÇÃO X CONSUMO

A seguir na Tabela 5 é demonstrado os valores das médias mensais de consumo e geração de energia com as 188 placas solares instaladas. É possível visualizar que os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março são os que apresentam maior consumo devido a estação verão, ao qual as temperaturas são

mais elevadas, onde aparelhos de ar-condicionados são ligados com maior frequência e tempo. Respectivamente também são os meses onde existe uma maior geração de energia fotovoltaica devido à maior eficiência da irradiância solar em comparação com os demais meses do ano.

Essa correlação entre o consumo e a geração de energia nos diferentes meses do ano ressalta a importância de considerar as variações sazonais ao planejar e dimensionar sistemas fotovoltaicos. A compreensão desses padrões auxilia na otimização do aproveitamento da energia solar ao longo do ano e na adequação das necessidades de consumo.

Tabela 5 - Consumo x Geração

Mês	Consumo kwh/mês	Geração kwh/mês
Jan	19.065	15.623
Fev	24.231	15.111
Mar	19.957	13.421
Abr	13.320	11.796
Mai	12.480	9.365
Jun	10.050	7.683
Jul	12.630	8.360
Ago	11.190	10.281
Set	11.624	10.387
Out	10.547	12.199
Nov	11.162	15.595
Dez	16.421	16.379
Média	14.390	12.183
Total	172.677	146.200

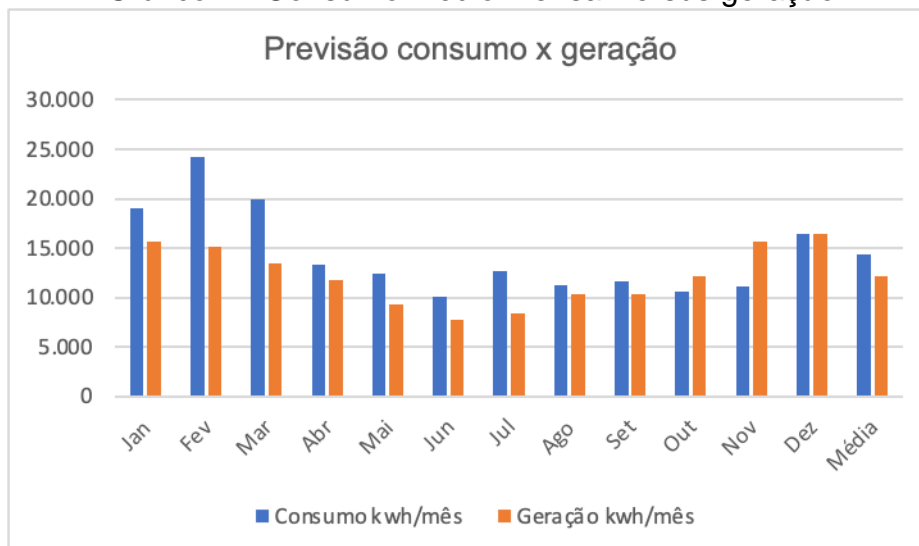
Fonte: Autores, 2023.

O Gráfico 2 apresenta a relação entre o consumo e a geração de energia ao longo dos doze meses do ano, além de uma média anual total. Observa-se que nos meses de março a setembro, o consumo de energia se aproxima da geração, resultando em uma tarifa mais baixa. Já nos meses de outubro e novembro, a geração

de energia é maior do que o consumo, o que leva ao excedente de energia sendo injetado na rede da CERSUL e gerando créditos para serem utilizados nos meses de verão, onde o consumo é mais elevado (de dezembro a março).

Essa dinâmica de equilíbrio entre consumo e geração ao longo do ano demonstra a importância de um sistema fotovoltaico eficiente e dimensionado corretamente. Ao ajustar a geração de energia de acordo com as variações sazonais, é possível obter economias significativas na conta de energia elétrica e aproveitar ao máximo a capacidade de geração do sistema solar. Este fator de compensação de energia ao injetar o excedente na rede e utilizar os créditos nos meses de maior consumo contribui para uma maior economia nos custos energéticos a longo prazo.

Gráfico 2 - Consumo médio mensal versus geração



Fonte: Autores (2023).

A seguir, a Tabela 6 demonstra resumidamente os resultados encontrados para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, frisando que o sistema não irá produzir toda a energia necessária que o hospital consome atualmente devido a questão de se enquadrar como microgerador, ficando no limite de 75 KW o inversor de corrente.

Essa limitação no dimensionamento não invalida a relevância da

implementação, uma vez que o sistema fotovoltaico contribuirá expressivamente para a redução da dependência de fontes tradicionais de energia e para a sustentabilidade do hospital.

Tabela 6 - Resumo dos cálculos de geração

Geração necessária	108,964 Kw/pico
Quantidade de placas	188 und
Área total	508,25m ²
Área do painel fotovoltaico	2,703m ²
Inclinação do carport	24°
Orientação do carport	Noroeste 319°
Consumo médio mensal do Hospital	14.390 kwh/mês
Geração média mensal do Hospital	12.183 kwh/mês
Tempo médio de insolação	6 horas diárias
Irradiação média na região	145,4 Kwh/m ² /mês
Potencia dos módulos	580W
Potencia instalada	107.160W

Fonte: Autores (2023).

Mesmo com a limitação de capacidade, o sistema fotovoltaico contribuirá para a redução dos custos com eletricidade, além de promover uma imagem de responsabilidade ambiental para a instituição hospitalar. A energia solar fotovoltaica continua sendo uma solução sustentável e eficiente, mesmo quando não é capaz de suprir totalmente a demanda energética devido a restrições técnicas específicas aliado de alto consumo e elevados custos para implantação total.

4.12 VIABILIDADE FINANCEIRA

O investimento total no sistema fotovoltaico, fornecido pela empresa Greiner Soluções em Energia, foi de R\$ 650.000,00 (seiscentos e cinquenta mil reais),

incluindo o sistema carport. A seguir demonstram-se os resultados do retorno financeiro usando a metodologia mencionada anteriormente.

Os resultados obtidos serão apresentados com informações valiosas sobre a rentabilidade do projeto e demonstrando os potenciais ganhos financeiros ao longo da vida útil do sistema fotovoltaico.

Cálculo do *Payback*:

$$payback = \frac{650.000,00}{83.822,77} = 7,75 \text{ anos ou } 93 \text{ meses}$$

Equação 4

Cálculo da Despesa anual evitada:

$$13.991,17 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \times 12 \text{ meses} \times 0,49926 \text{R\$/kWh} = 83.822,77 \text{ R\$/ano}$$

Equação 5

Os resultados do investimento no sistema fotovoltaico foram registrados na Tabela 7, utilizando a calculadora financeira HP 12C Gold. A análise desse estudo revelou um Valor Presente Líquido (VPL) positivo, indicando que o investimento é atrativo. O cálculo foi realizado levando em consideração a vida útil de 25 anos do sistema.

Tabela 7 - Resultados da análise financeira

Item	Valor
Investimento inicial total	R\$650.000,00
Valor placas fotovoltaicas	R\$450.000,00
Valor estrutura carport	R\$200.000,00
Despesa líquida evitada anualmente	83.822,77 R\$/ano
Despesa líquida evitada total (25 anos)	R\$2.095.569,25
VPL	R\$ 3.546,88
IBC	1,01%
TIR	10,07%

Fonte: Autores (2023).

Essa abordagem financeira permite uma avaliação mais precisa dos benefícios econômicos do investimento em energia solar fotovoltaica. Ao considerar o VPL positivo, fica evidente que o projeto é viável financeiramente e pode proporcionar retornos atrativos ao longo do tempo. Esses dados fornecem uma base sólida para a tomada de decisões e demonstram a sustentabilidade tanto econômica quanto ambiental da implementação do sistema fotovoltaico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se optar pela utilização da energia solar fotovoltaica, está se fazendo um importante investimento na sustentabilidade do meio ambiente. O Brasil é um país privilegiado pela abundância de radiação solar, o que torna essa fonte energética inesgotável e extremamente rica.

É crucial reconhecer a crise energética que o país enfrenta atualmente, caracterizada pela escassez de recursos hídricos e a falta de chuvas. Diante desse cenário desafiador, a busca por fontes alternativas de energia se torna não apenas desejável, mas também inevitável.

A energia solar fotovoltaica apresenta-se como uma solução promissora, pois não apenas reduz a dependência dos recursos hídricos, mas também contribui para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, o sol é uma fonte de energia renovável e sustentável. O presente estudo mostrou que é possível transformar uma instituição hospitalar em uma microunidade de geração de energia, com um retorno financeiro a longo prazo.

Por intermédio do gráfico consumo e geração sabe-se que o sistema não será autossuficiente para cobrir toda a demanda do hospital, apenas contribuirá expressivamente para a redução da tarifa alta já aplicada. Outro fator relevante é que ampliações e novos equipamentos chegarão ao hospital gradualmente, fazendo com que o consumo de energia elétrica seja maior e uma futura ampliação do sistema, seja necessária.

A estrutura carport tem se destacado pela sua notável versatilidade. Além de

oferecer abrigo aos veículos de funcionários, pacientes e visitantes, protegendo-os das intempéries climáticas, uma das grandes vantagens dessa estrutura é a sua capacidade de direcionar facilmente a angulação da cobertura para captar a maior incidência solar presente no local. Isso otimiza a eficiência da captação de energia solar e maximiza a produção de eletricidade.

Ao implementar essas soluções de energia renovável, está se promovendo a sustentabilidade, reduzindo a dependência de fontes tradicionais e contribuindo para a preservação do meio ambiente. Essa abordagem representa um passo significativo rumo a um futuro mais sustentável.

REFERÊNCIAS

ALMOROX, Javier; BENITO, Marta; HONTORIA, Chiquinquirá. Estimation of global solar radiation in Venezuela. **Interciencia**, v. 33, n. 4, p. 280-283, 2008.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Registros de Micro e Minigeradores distribuídos efetivados na ANEEL**. 2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/anel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>>. Acesso em: 21 set. 2022.

ANEEL (2009) “Atlas de Energia Elétrica do Brasil”, **Agência Nacional de Energia Elétrica**, MME, 3ª ed., Brasília.

BARBOSA, Gabriela Gonçalves. Recursos naturais renováveis e produção de energia. **Revista Política Hoje**, v. 23, n. 1, p. 193-215, 2016.

BELÚCIO, Liana Pereira et al. Radiação solar global estimada a partir da insolação para Macapá (AP). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 494-504, 2014.

BENEDET, Daniel Goulart; CORRÊA, Júnior Serafim. Tempo de retorno de investimento da instalação de painéis fotovoltaicos em distintas concessionárias de energia elétrica da região sul de santa catarina. 2021. 22 f. **TCC (Graduação)** - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Unibave, Orleans, 2021.

BERMANN, C. Impasses e controvérsias da hidreletricidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 139-153, jan./abr. 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/PHk7yHnkGkM6DzytNpNT8WB/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 19 set. 2022.

BRASIL (Estado). **Decreto nº 1.880**, de 31 de janeiro de 2022. O Governador do Estado de Santa Catarina, no Uso das Atribuições Privativas Que Lhe Conferem Os Incisos I e III do Art. 71 da Constituição do Estado, Conforme O Disposto no Art. 98 da Lei Nº 10.297, de 26 de dezembro de 1996, e no Art. 7º da Medida Provisória Nº 250, de 31 de janeiro de 2022, e de Acordo Com O Que Consta nos Autos do Processo Nº Sef 3338/2022. Florianópolis, SC, 26 abr. 2022. Disponível em: https://legislacao.sef.sc.gov.br/html/decretos/2022/dec_22_1880.htm. Acesso em: 17 abr. 2023.

CRESESB (Rio de Janeiro). Potencial Solar - SunData v 3.0. 2017. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 20 out. 2022.

CUNHA, Eduardo Argou Aires et al. Aspectos históricos da energia eólica no Brasil e no mundo. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 4, 2019.

DE CARVALHO DIAS, Camila Teixeira et al. Energia solar no Brasil. **Revista InterScientia**, v. 5, n. 1, p. 153-165, 2017.

DE SOUZA, Luciana Cristina. **Energia e sustentabilidade humana: impacto das metas do ODS 7 no Brasil**. 2020.

DUTRA, José Carlos do Nascimento; BOFF, Vilmar Antônio; SILVEIRA, João Serafim Tusi da; ÁVILA, Lucas Veiga. Uma Análise do Panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, v. 34, n. 124, p. 225-243, 2013. Disponível em: <<https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/issue/view/50>>. Acesso em: 22 set 2022.

EMPRESA, DE PESQUISA ENERGÉTICA-EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021 ano base 2020**. Rio de Janeiro: EPE, 2021.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Atlas da Eficiência Energética**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-651/Atlas2021_PT_2022_02_04.pdf>. Acesso em: 18 set. 2022.

EVO BRASIL. Evo Brasil – **Energia Fotovoltaica**. Página Inicial. 2021. Disponível em: <<https://evobrasilenergia.com.br/dourados/>> Acesso em: 20 abr 2023.

FARIAS, Leandro Alves et al. **Investigação experimental da geração de energia elétrica solar fotovoltaica**. 2010.

GAVIOLI, Amanda Maria et al. Viabilidade financeira para implantação de painéis fotovoltaicos em um hospital público do município de Curitiba. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 9644-9660, 2021.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. Tradução por Allan Vidigal Hastings. 12 ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2010.

HCC Energia Solar. **Legislação da energia solar em 2023**: saiba quais as mudanças. Disponível em: <<https://hccenergiasolar.com.br/legislacao-da-energia-solar-em-2023-mudancas/>>. Acesso em: 15 abr. 2023.

HINRICH, Roger A.; KLEINBACH, Merlin. 2014, Roger a. Hinrichs e Merlin Kleinbach, **Energia e meio ambiente**. ISBN-10: 8522116172, Editora: Cengage.

LANDEIRA, Juan Lourenço Fandino. **Análise técnico-econômica sobre a viabilidade de implantação de sistemas de geração fotovoltaica distribuída no Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013

MARQUES, Derivan Dutra et al. Variação da radiação solar no estado do Amapá: estudo de caso em Macapá, Pacuí, Serra do Navio e Oiapoque no período de 2006 a 2008. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 27, p. 127-138, 2012.

NEOSOLAR. **Saiba mais sobre energia solar**. 2022. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/duvidas/saiba-mais>>. Acesso em: 23 out. 2022.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <<http://doi.org/10.34024/978851700089>>. Acesso em: 07 set. 2022.

ROSA, Antônio Robson Oliveira da; GASPARIN, Fabiano Perin. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista brasileira de energia solar**, V. 7. dezembro de 2016.

SC ENERGIA – Sce, **Energia Solar** – Disponível em: <<http://www.scmaisenergia.sc.gov.br/sds/?p=167>>. Acesso em: 17 ago. 2022.

SERRANO, André Luiz Marques et al. Capacidade instalada de energia elétrica no Brasil: um estudo a partir do controle estatístico de processo utilizando Carta X e R. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 101194-101218, 2021.

SHEN, Chenyao; ZHAO, Kang; GE, Jian; ZHOU, Qingli. Analysis of Building Energy Consumption in a Hospital in the Hot Summer and Cold Winter Area. **Energy Procedia**, [s. l.], v. 158, p. 3735-3740, fevereiro 2019. DOI

10.1016/j.egypro.2019.01.883. Disponível em:
sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610219309270. Acesso em: 18 abr. 2023.

SILVA, Klênio Antonovisk Damascena. **Análise de viabilidade de geração fotovoltaica-estudo de caso de uma clínica.** 2018.

SOLAR BRASIL,2015, **Dados do Mercado de Energia Solar do Brasil** - Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>>. Acesso em: 21 set. 2022.