

IMPLEMENTAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM INSTITUIÇÕES FILANTRÓPICAS

Danilo Avi Gomes ¹
Paulo Henrique Ricioli ²

RESUMO

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica permitiu, através da Resolução Normativa 482, a possibilidade dos consumidores de baixa tensão produzirem sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis. Desde então, o mercado de energia solar vem crescendo consideravelmente no Brasil, e os principais motivos que têm levado consumidores a buscarem por esse tipo de investimento são os benefícios ambientais e econômicos. O objetivo principal do trabalho foi explorar os benefícios econômicos da energia fotovoltaica, e verificar se seria uma opção viável de investimento por parte de instituições filantrópicas. Para tanto, utilizou-se uma pesquisa exploratória, qualitativa e quantitativa, cuja coleta de dados ocorreu por meio de visitas técnicas e estudos teóricos. Dentre os principais resultados, destacam-se o dimensionamento do gerador e a análise de *payback* realizada sobre o valor do projeto praticado comercialmente. Concluiu-se que a energia fotovoltaica é uma opção de investimento com ótimo retorno financeiro, que se aliado a instituições filantrópicas, pode ser convertido em melhorias aos serviços prestados.

Palavras-chave: energia fotovoltaica; benefício econômico; instituição filantrópica.

¹Graduando em Engenharia Elétrica no Centro Universitário UNIFAFIBE. E-mail: daniloavig@gmail.com

²Graduando em Engenharia Elétrica no Centro Universitário UNIFAFIBE. E-mail: pauloriciolli@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica está presente em diversas atividades exercidas no dia a dia das pessoas e no meio industrial. Devido a sua importância, observa-se que a demanda está em constante crescimento, e por isso o mercado energético tem buscado novas alternativas que impactem cada vez menos o meio ambiente, como: energia eólica, biomassa e solar (OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Maia (2018), uma das fontes renováveis que mais cresce no cenário mundial é a energia solar fotovoltaica, que entre os anos de 2010 e 2016 teve investimentos de mais de 2 trilhões de dólares em todo o mundo.

O Brasil é um dos países com melhores índices de irradiação solar, isso porque a maior parte de seu território encontra-se geograficamente próximo a Linha do Equador, o que torna viável a produção de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos (SALAMONI E RÜTHER, 2007).

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou a Resolução Normativa nº 482/2012, que permitiu que os consumidores gerassem sua própria energia utilizando geradores de fontes renováveis. Desde então, o crescimento do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) no Brasil, tem sido significativo. Ainda que os custos iniciais dos SFCR sejam relativamente altos, o investimento apresenta excelentes taxas de retorno, porém para fazer tal investimento é necessário sempre analisar o retorno a longo prazo (NETO et. al. 2020).

No início do ano de 2022, foi aprovado o projeto de Lei 14.300/2022 que cria o Marco Legal na Geração Distribuída, com o objetivo de atualizar as regras atuais regidas pela Resolução Normativa 482/2012 (BADRA, 2022). Ressalta-se que o projeto de Lei sofreu vetos ao ser aprovado e por isso ainda tramita no Senado, e caso seja sancionado, entrará em vigor 12 meses após a data de sua aprovação.

Diante do crescimento e dos benefícios desta energia renovável, este trabalho tem por objetivo analisar as vantagens da implantação de energia solar fotovoltaica em instituições filantrópicas. As instituições filantrópicas são aquelas que prestam serviços a sociedade, sem fins lucrativos, apenas com o objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos em seus diversos serviços: educacional, saúde, assistência social, entre outros.

Com a intenção de explorar os benefícios econômicos advindos de um gerador solar, a pesquisa será realizada no Hospital e Maternidade São Vicente de Paula, que já possui um sistema fotovoltaico instalado, e na Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE), que utiliza energia elétrica fornecida pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), ambas instituições situadas no município de Viradouro-SP.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Entender a matriz energética requer primeiro entender o balanço energético. Este termo refere-se à relação entre produção e consumo de energia em uma determinada nação ou do mundo. Após a determinação do balanço energético, são coletadas informações sobre a produção e consumo de energia em regiões específicas para uso em estudos matriciais. Esses estudos são usados para determinar como a demanda de energia muda ao longo do tempo em diferentes regiões. Ao contrário da matriz energética que trata de todos os aspectos de energia, a matriz elétrica se concentra apenas na produção, consumo e demanda de energia elétrica (MOREIRA, 2021).

Segundo Moreira (2021), o Brasil possui uma matriz elétrica majoritariamente renovável, que representa 83,3% de toda a matriz energética. Para que haja segurança no fornecimento de energia elétrica, é importante que exista diversificação das fontes de geração de energia. O Brasil apesar de ter um enorme potencial para geração de energia por diferentes fontes, atualmente tem 63,38% de toda energia gerada, provenientes de hidrelétricas.

Com o objetivo de diversificar as fontes de geração de energia elétrica, órgãos governamentais e não governamentais, realizam diversos estudos a fim de aprimorar as tecnologias existentes, tornando-as cada vez mais eficientes e buscando novas tecnologias para a geração de energia elétrica (MOREIRA, 2021).

2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A palavra fotovoltaica, foi originada no grego *photos*, cujo significado é luz, e *Volta* que é o nome do físico italiano que no ano de 1800, inventou a pilha elétrica. No século XIX, estudiosos descobriram fenômenos físicos que permitiam a conversão de luz em energia elétrica. Em 1839, Alexandre Edmond Becquerel ao realizar um experimento onde eram submersos eletrodos de metal em uma solução de um eletrólito, notou que ao aplicar radiação luminosa, o material apresentava um aumento da condutividade. Posteriormente, em 1873, Willoughby Smith descobriu a fotocondutividade no selênio sólido, e em 1876, Adams e Day notam que quando uma junção de selênio e platina é exposta à luz solar, cria-se o efeito fotovoltaico (ZILLES et al., 2012).

A geração de energia elétrica pela conversão de radiação solar é chamada de energia solar fotovoltaica. Essa geração se dá por meio de um dispositivo denominado célula fotovoltaica, que funciona utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF, 2007).

Almeida, et. al. (2015), afirmam que o efeito fotovoltaico é estabelecido com a absorção da luz solar, que acarreta uma diferença de potencial na estrutura de um material semicondutor. Reitera-se que, uma célula fotovoltaica não é capaz de armazenar energia e sim, apenas manter um fluxo de elétrons em um circuito elétrico enquanto existir a radiação de luz sobre ela.

Em 1954, cientistas da Bell Labs construíram a primeira célula solar a base de silício cuja eficiência era de 6%, e que apesar de não apresentar uma eficiência ideal, foi de grande importância, pois desde então, as pesquisas do setor nunca pararam, tendo em vista que o sol é uma fonte de energia inesgotável e a tecnologia fotovoltaica se mostrava promissora (MACHADO, MIRANDA, 2014).

2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

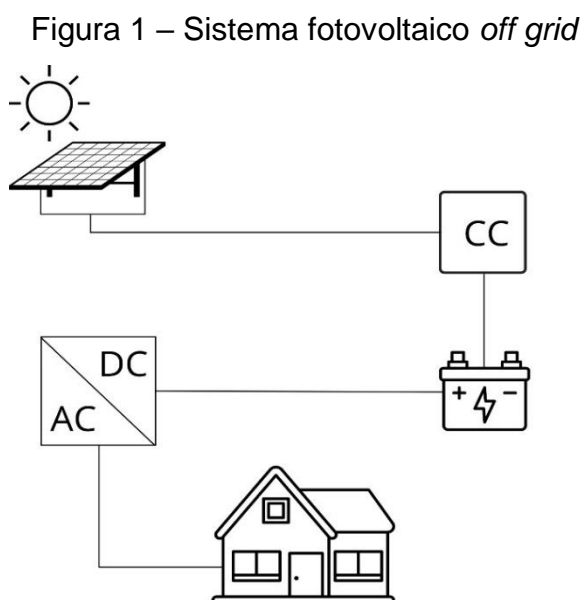
Os índices de irradiação solar no Brasil, variam entre 4500 e 6000 *watts* hora por metro quadrado (Wh/m^2), o que torna o país, um dos mais privilegiados para a exploração da energia solar. Exemplo disso, é o comparativo feito com os índices de irradiação solar da Alemanha, que embora detenha um dos maiores potenciais

fotovoltaicos, a irradiação é baixa em relação ao Brasil, de apenas 3500 Wh/m² (VILLALVA; GAZOLI; 2012).

De acordo com Zilles et al. (2012), existem diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos. Os mais conhecidos são os sistemas fotovoltaicos isolados ou *off grid*, e os sistemas fotovoltaicos conectados à rede ou *on grid*.

2.3.1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS OFF GRID E ON GRID

Os sistemas *off grid* ou isolados, são utilizados em locais remotos onde não se tem acesso à rede elétrica. Pode ser utilizado para gerar energia para propriedades rurais, praias, ilhas, entre outras. Estes sistemas também são indicados para alimentar rede de iluminação pública, para sinalização de estradas, para sistemas de telecomunicação e para sistemas de segurança isolados (VILLALVA; GAZOLI; 2012). A Figura 1 ilustra o funcionamento do sistema *off grid*.



FONTE: <http://energytecsolar.com.br/Sistema-OFF-GRID/>

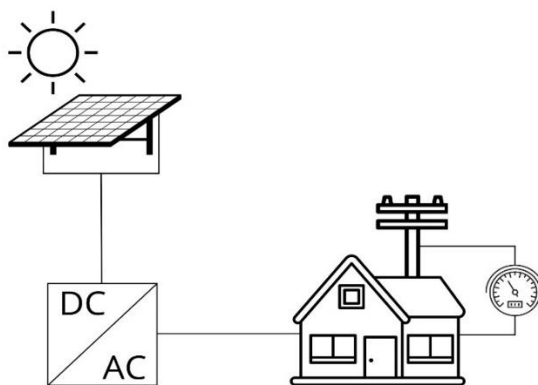
Demonstrado na Figura 1, o gerador *off grid* é composto por módulos fotovoltaicos, responsáveis por absorver a irradiação solar e converter em energia de corrente contínua, controlador de carga, designado a evitar cargas excedentes nas baterias, banco de baterias, incumbido de armazenar a energia, e inversor solar, que converte a corrente contínua em energia de corrente alternada. A energia

excedente é consumida após ser convertida pelo inversor (BORTOLOTO et al., 2017).

De acordo com Villalva, Gazoli (2012), os sistemas fotovoltaicos conectados à rede ou *on grid*, são semelhantes aos sistemas *off grid*, porém com algumas diferenças. Ao invés de utilizarem bancos de baterias, eles são conectados em paralelo com a rede elétrica e por esse motivo, não possuem também o controlador de carga.

Neste tipo de gerador, além de converter a energia, o inversor deve se sincronizar com a rede da companhia energética. A diferença entre a potência gerada por estes sistemas e a potência consumida, é injetada na rede e mensurada por um medidor de energia bidirecional. A energia é gerada apenas durante o dia, sendo assim, o que é consumido da rede elétrica no decorrer da noite, é descontado dos créditos gerados durante o período de sol (BORTOLOTO et al., 2017). A Figura 2 ilustra o funcionamento de sistemas *on grid*.

Figura 2 – Sistema fotovoltaico *on grid*



FONTE: <https://respostas.sebrae.com.br/energia-solar-qual-a-diferenca-entre-sistemas-on-grid-e-off-grid/>

2.4 RESOLUCAO 482

A Resolução Normativa (RN) nº 482 de abril de 2012, determinou os critérios para acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica, além de estabelecer um sistema de compensação

de energia elétrica. Este marco regulatório permitiu aos consumidores, um sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2012).

A RN 482, passou por atualização em novembro de 2015, passando a vigorar a RN 687. As RNs citadas definem:

- Condições gerais para o acesso de microgeração para sistemas de até 75 *quilowatts* (kW) e minigeração para sistemas a partir de 75 kW e até 5 *megawatts* (MW).
- Sistema de compensação, onde a energia ativa injetada na rede é cedida por meio de empréstimo à distribuidora local, e futuramente compensada no consumo de energia ativa.
- Melhoria: Instalação, substituição ou reforma de equipamentos em instalações existentes, com o objetivo de manter a prestação de serviço de energia elétrica.
- Reforço: instalação, substituição ou reforma de equipamentos em instalações de distribuição, com o objetivo do aumento da capacidade de distribuição, e confiabilidade do sistema de distribuição.
- Geração compartilhada, onde um grupo de consumidores de uma mesma área de concessão se unem por meio de consórcio ou cooperativa, podendo ser compostas por pessoas físicas ou jurídicas.
- Autoconsumo remoto, definido por duas ou mais unidades consumidoras sob a mesma titularidade e sob a mesma área de concessão.

3 Metodologia

Este artigo consiste em uma pesquisa exploratória, de natureza qualitativa e quantitativa, caracterizando-se segundo a origem dos dados como uma pesquisa bibliográfica, pois de acordo com Boccato (2006, p. 266) “a pesquisa bibliográfica busca a resolução de um problema (hipótese) por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas”.

O procedimento de coleta utilizado, será uma pesquisa de campo, uma vez que esse trabalho contará com dados captados diretamente do local onde o evento acontece. Conforme cita Gonsalves (2003, p. 23) “a pesquisa de campo é aquela que exige do pesquisador um encontro mais direto. Nesse caso, o pesquisador

precisa ir ao espaço onde o fenômeno ocorre – ou ocorreu – e reunir um conjunto de informações a serem documentadas”.

Nesse contexto, a coleta de dados será realizada em um hospital filantrópico da cidade de Viradouro no interior do estado de São Paulo, sendo esse o único hospital do município, que atende uma população de aproximadamente 19 mil pessoas. Essa instituição já possui um sistema fotovoltaico, instalado há mais de um ano. A coleta de dados ocorrerá através de visita técnica, a fim de realizar um diagnóstico das interligações do gerador e seu funcionamento, para que posteriormente, seja elaborado um projeto de um sistema solar em uma outra instituição filantrópica do mesmo município, que atende cerca de 61 alunos com idades entre 2 e 45 anos que necessitam de um atendimento especializado, para apresentar junto a essa entidade uma sugestão de economia financeira.

4 Desenvolvimento

4.1 VISITA TÉCNICA AO HOSPITAL

Em visita técnica realizada para inspeção do gerador fotovoltaico do Hospital São Vicente de Paula de Viradouro, foi observado que esse é composto por 178 painéis solares da marca Risen Solar, com potência de 440 *watts* (W) cada, fixados em estruturas de solo, em um terreno que fica dentro das dependências do hospital. O Anexo 1 apresenta uma tabela com os dados técnicos dos painéis, obtidos no *datasheet* do fabricante.

O gerador conta também com quatro inversores da marca Fronius Symo Brasil, de 15 kW. Os inversores foram instalados em um local coberto e com ventilação natural, próximos aos módulos e a cerca de 120 metros do padrão de entrada do hospital. De acordo com o *datasheet*, cada inversor possui uma *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) com duas entradas. Os cabos flexíveis PVC que conectam a saída do gerador ao padrão de entrada, possuem seção transversal de 70 milímetros quadrados (mm²). O Anexo 2 apresenta uma tabela com os dados técnicos dos inversores obtidos no *datasheet* do fabricante.

Três dos inversores possuem 44 módulos conectados, sendo 22 módulos em série em cada uma das duas entradas da MPPT, resultando na potência máxima de

19,36 *quillowatts* pico (kWp), com uma tensão de entrada de 963,6 *volts* (V) e uma corrente de 20,12 *amperes* (A). O quarto inversor possui 46 painéis conectados, sendo 23 painéis em série em cada uma das duas entradas da MPPT, que resulta em uma potência máxima de 20,24 kWp, corrente de 20,12 A e tensão de entrada de 1007,4 V, ficando 7,4 V acima do recomendado pelo fabricante. A soma de todos os arranjos remete a um gerador solar fotovoltaico com potência instalada de 78,320 kWp.

A CPFL possui um Programa de investimento social, que tem como objetivo, aumentar a qualidade do serviço da área de Eficiência Energética nas instituições públicas de saúde. Tal programa subsidiou os custos das instalações do gerador fotovoltaico no Hospital São Vicente de Paula. Maiores informações podem ser encontradas no site institucional da CPFL.

A Figura 3 apresenta uma foto panorâmica dos módulos e dos inversores que compõem o sistema solar do hospital.

Figura 3 – Gerador fotovoltaico do Hospital São Vicente de Paula de Viradouro-SP



Fonte: o autor.

De acordo com informações disponíveis no site do Instituto CPFL, o valor total do investimento foi de R\$ 311.568,18 e a instalação foi entregue em junho de 2021, com objetivo de gerar uma economia de energia de 108,8 *megawatts* hora por ano (MWh/ano).

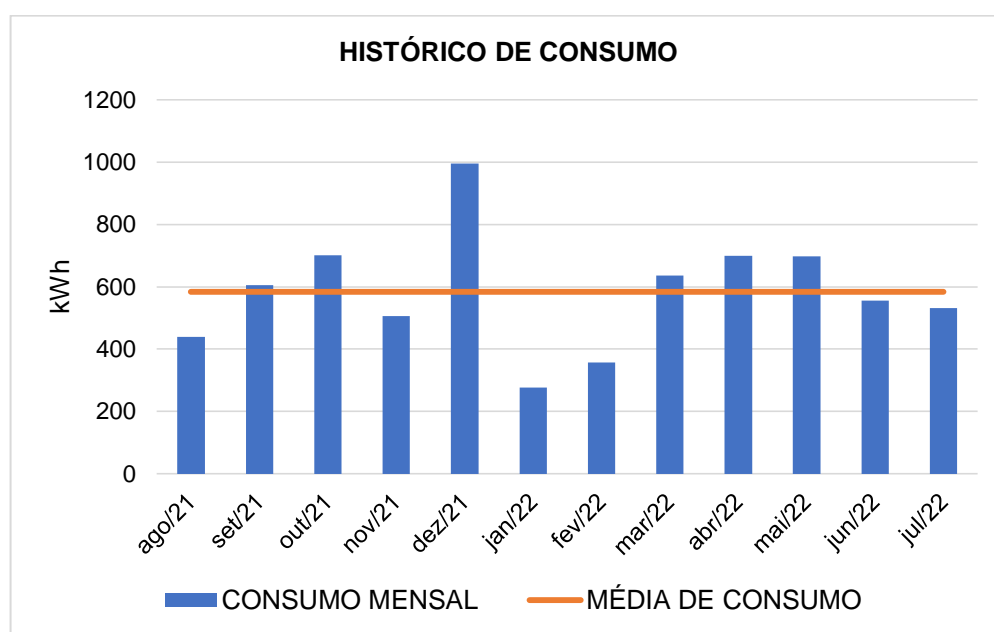
4.2 VISITA TÉCNICA A APAE

A APAE de Viradouro depende de recursos provenientes dos âmbitos federal, estadual e municipal, e atende cerca de 61 alunos. O planejamento econômico da

instituição é fundamentado em seus gastos anuais, e por conta da limitação financeira, é recorrente a falta de recursos quando o ano se aproxima do fim, que coincide com a época em que os gastos com energia elétrica são maiores, devido a maior utilização dos aparelhos de ares-condicionados.

Realizando uma análise do consumo de energia elétrica, a demanda média da entidade é de 584 *quilowatts* hora por mês (kWh/mês), como apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Gráfico de histórico de consumo da APAE



Fonte: o autor.

O padrão de entrada da instituição está de acordo com as especificações da norma técnica da CPFL que descreve sobre fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição (GED 13, 2020). A entrada de energia pertence a categoria C4 trifásico a quatro fios, onde a potência da carga instalada deve estar compreendida entre 25 e 75 kW e a demanda deve estar ente 38 a 47 *quilovolt ampere* (KVA). Nesta categoria, a tensão entre fases é de 220 V e a tensão entre fase e neutro é de 127 V. O padrão é composto por um poste de concreto, caixa tipo H, alimentado por cabos flexíveis de cobre do tipo PVC, com seção transversal de 50 mm². O disjuntor instalado é do tipo caixa moldada de 150 A.

De acordo com Balfour (2016, p. 85), a melhor posição para os módulos fotovoltaicos é o sul verdadeiro, principal fator que foi levado em consideração na

hora da escolha do local a ser utilizado para fixação dos painéis. Com orientação mais próxima do adequado, o galpão escolhido, coberto por telhas metálicas termoacústicas, que serve como salão de eventos e refeitório, não recebe influência de pontos de sombreamento e possui área ampla, o que possibilita possíveis futuras ampliações do sistema. Outra condição favorável é o fato das estruturas para fixação dos módulos em telhados metálicos possuírem um menor custo. A Figura 4 apresenta o telhado escolhido para fixação dos painéis.

Figura 4 – Telhados da APAE



Fonte: o autor.

Por estar localizada dentro do galpão, ter um quadro de energia que possibilita a economia com cabos para a conexão entre a saída do inversor e a rede elétrica da instituição, e por não receber fluxo de alunos atendidos pela entidade, o local escolhido para a instalação do inversor solar, foi a lavanderia.

5 Resultados

O valor médio de consumo, calculado por meio da Equação (1), foi utilizado na definição da quantidade de módulos que irão compor o gerador da APAE.

$$MÉDIA DE CONSUMO = \frac{SOMA DOS ÚLTIMOS 12 MESES}{12} \quad (1)$$

Considerando o valor de taxa de disponibilidade, que para a unidade consumidora é de 100 kWh/mês (característica de uma unidade com entrada trifásica), a potência a ser compensada da instalação é de 484 kWh/mês. Prevendo que o consumo mensal da instituição deverá ter aumento, uma vez que não seria necessário o racionamento de energia relatado na vistoria, será considerado um aumento de 30% no consumo atual, com isso a potência mensal a ser gerada é de 527 kWh/mês. A Equação (2) foi utilizada para definir a quantidade de módulos.

$$QM = \frac{PG}{PM \times HSP \times R \times (1 - FP) \times 30} \quad (2)$$

sendo:

QM – Quantidade de módulos.

PG – Potência a ser gerada no mês dada em *watts* (W).

PM – Potência unitária do módulo adotado para compor o gerador.

HSP – Hora de Sol Pico segundo a localização da unidade consumidora.

R – Eficiência dos módulos após 25 anos de uso dado em %.

FP – Fator de perdas totais do gerador dado em %.

O modelo de módulo escolhido para este projeto foi o JAM72S30-550/MR da marca JA, de 550 W, 13,11 A na potência máxima (Imp), 41,96 V na potência máxima (Vmp), com 2,278 m x 1,134 m de dimensão.

A HSP foi obtida no site do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), através das coordenadas geográficas do local da instalação, encontradas por meio da busca do endereço da instituição no site do Google Maps. Segundo CRESESB, o HSP do município de Viradouro é de 5,37 horas.

O FP é a somatória de todas as possíveis perdas do gerador, podendo essas serem por sombreamento, aquecimento dos condutores, eficiência dos módulos e do inversor, comprimento dos cabos que fazem a conexão dos módulos ao inversor e dos cabos que fazem a conexão do inversor com a rede elétrica, dentre outros.

Considerando um FP de 20%, pode-se afirmar que:

$$QM = \frac{527\,000}{550 \times 5,37 \times 84,8\% \times (1 - 20\%) \times 30} = 10$$

Portanto, a quantidade de módulos para este projeto será de 10 unidades, totalizando uma potência de 5,5 kWp.

O inversor solar definido para compor o sistema é da marca Growatt, modelo MIN5000TL-X, de 5 kW de potência nominal, 7 kW de potência máxima fotovoltaica recomendada, 2 MPPTs, 13,5 A de corrente máxima em cada entrada, 22,7 A de corrente máxima de saída, 550 V de tensão máxima de entrada e 230 V de tensão nominal de saída.

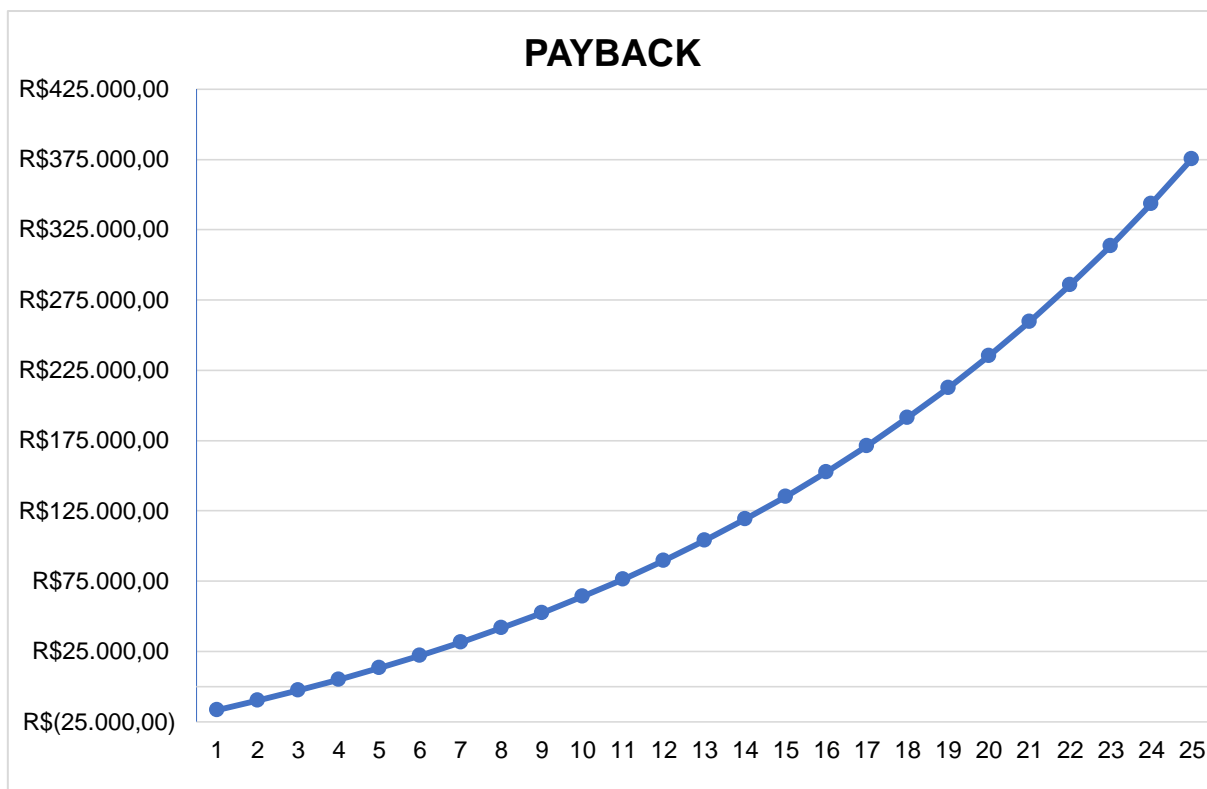
Os módulos serão dispostos em 2 arranjos de 5 painéis em série, necessitando uma área mínima para instalação de aproximadamente 26 metros quadrados (m²). Cada MPPT do inversor receberá um destes arranjos, com corrente máxima de 13,11 A e tensão máxima de 209,8 V, respeitando os limites estabelecidos pelo fabricante.

Os cabos flexíveis que conectam a saída do gerador ao padrão de entrada, são do tipo PVC, com seção transversal de 6 mm², com capacidade de condução de corrente de 41 A, suportando a máxima corrente de saída do inversor. Para compor a proteção da saída do inversor, serão utilizados um disjuntor bipolar de 32 A de curva C da marca Steck e dois Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS), de 45 *quiloampere* (kA), 175V, tipo II, da marca Clamper.

As estruturas utilizadas para fixação dos painéis são de alumínio, da marca Romagnole, perfil *slim pratic lite* de 550 milímetros (mm), para telhas metálicas. O Anexo 3 apresenta o projeto do gerador realizado no *software* AutoCAD, contendo o diagrama unifilar da instalação, e as plantas de situação e localização.

De acordo com o Instituto Acende Brasil (2020), a evolução das tarifas residenciais e comerciais apuradas nos últimos anos, apontam um aumento médio de 7%. A análise da conta de energia da APAE, mostra que o custo unitário do kWh é de R\$ 0,79. O Gráfico 2 apresenta uma análise de *payback* baseada nos dados apurados de tarifas, e considerando o valor praticado comercialmente do gerador de R\$ 23.000,00.

Gráfico 2 – Análise de *payback* do investimento



Fonte: o autor.

O Gráfico 2 aponta uma estimativa de retorno de investimento em 3,6 anos, e um valor economizado com energia elétrica ao final de 25 anos que ultrapassa os 375 mil reais. Este gráfico não leva em consideração as bandeiras tarifárias adicionais, visto que estas são cobradas em períodos aleatórios e têm durações indeterminadas, portanto foi considerado apenas o valor da taxa de disponibilidade que a instituição haverá de pagar após a implantação do gerador fotovoltaico. O Anexo 4 apresenta os dados utilizados para a elaboração do gráfico de *payback*.

6 Conclusão

O trabalho consistiu em realizar uma pesquisa exploratória sobre o histórico do fotovoltaico e seu funcionamento, por meio de visitas técnicas e estudos teóricos. Inicialmente, uma vistoria foi executada no Hospital São Vicente de Paula, que dispõe de um gerador solar instalado, e em seguida, uma inspeção foi realizada na APAE, onde um projeto de energia fotovoltaica foi elaborado. Ambas as entidades analisadas são filantrópicas, localizadas na cidade de Viradouro-SP.

Durante a avaliação desempenhada sobre o gerador relativo ao hospital, ficou comprovado que as interligações dos painéis estão de acordo com as especificações exigidas pelos fabricantes, obedecendo aos parâmetros de potência, tensão e corrente, ressalvo um dos inversores, comportando uma sobretensão.

A vistoria efetuada na APAE não constatou irregularidades no padrão de entrada. A potência fotovoltaica necessária para compensar a demanda de energia elétrica da entidade, foi estabelecida através de fórmulas matemáticas, e posteriormente foi feito um levantamento de todos os equipamentos que compõem o sistema. Com um valor praticado comercialmente, uma análise de *payback* foi realizada, onde foi constatado o tempo previsto de retorno do investimento. O projeto foi elaborado no *software* AutoCAD, contendo diagrama unifilar e as plantas de localização e situação. Não foram encontrados programas ou linhas de crédito em que a entidade pudesse ser beneficiada na aquisição do gerador.

O hospital teve seu sistema financiado por um programa de investimento social, promovido pela CPFL, e apesar da APAE ter que dispor de recursos próprios, os estudos apontaram a energia fotovoltaica como uma opção de investimento com ótimo retorno financeiro, que se aliado a instituições filantrópicas, pode ser convertido em melhorias ao atendimento de pacientes.

Considerando que este estudo destacou os benefícios econômicos, uma sugestão para trabalhos futuros é a incorporação ao presente artigo dos impactos ambientais provocados pelo sistema fotovoltaico.

7 Anexos

Anexo 1 – Dados técnicos dos módulos

Marca	Risen Solar
Modelo	RSM156-6-440M
Potência Máxima (Pmax)	440 W
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	52,62 V
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	10,67 A
Tensão na Potência Máxima (Vmpp)	43,8 V
Corrente na Potência Máxima (Impp)	10,06 A
Eficiência do Painel	20,30%

Anexo 2 – Dados técnicos dos inversores

Marca	FRONIUS SYMO BRASIL
Modelo	15.0-3 208/240
DADOS DE ENTRADA	
Máx. potência PV permitida (kWp)	21.0
Máx corrente de entrada (Idc max1)	50 A
Máx. corrente do conjunto curto-circuito (MPPT1)	75 A
Faixa de tensão MPP	325 - 850 V
Faixa de tensão operando	325 - 1000 V
Máx. tensão de entrada	1000 V
Número de MPPT	1
DADOS DE SAÍDA	
Máx. corrente de saída	39.4 A
Máx. Eficiência	97.3 %
Conexão Grid (Uac,r)	208 V
Frequência (fr)	60 Hz
Fator de distorção	< 3.5 %
Fator de potência	0 - 1 ind./cap.

Anexo 4 – Dados de *payback*

ANO	CUSTO kW/h	ACUMULADO	RETORNO DO INVESTIMENTO
1	R\$ 0,85	R\$ 6.295,12	-R\$ 16.704,88
2	R\$ 0,90	R\$ 13.030,90	-R\$ 9.969,10
3	R\$ 0,97	R\$ 20.238,18	-R\$ 2.761,82
4	R\$ 1,04	R\$ 27.949,98	R\$ 4.949,98
5	R\$ 1,11	R\$ 36.201,60	R\$ 13.201,60
6	R\$ 1,19	R\$ 45.030,83	R\$ 22.030,83
7	R\$ 1,27	R\$ 54.478,11	R\$ 31.478,11
8	R\$ 1,36	R\$ 64.586,70	R\$ 41.586,70
9	R\$ 1,45	R\$ 75.402,89	R\$ 52.402,89
10	R\$ 1,55	R\$ 86.976,21	R\$ 63.976,21
11	R\$ 1,66	R\$ 99.359,67	R\$ 76.359,67
12	R\$ 1,78	R\$ 112.609,96	R\$ 89.609,96
13	R\$ 1,90	R\$ 126.787,78	R\$ 103.787,78
14	R\$ 2,04	R\$ 141.958,05	R\$ 118.958,05
15	R\$ 2,18	R\$ 158.190,23	R\$ 135.190,23
16	R\$ 2,33	R\$ 175.558,67	R\$ 152.558,67
17	R\$ 2,50	R\$ 194.142,90	R\$ 171.142,90
18	R\$ 2,67	R\$ 214.028,02	R\$ 191.028,02
19	R\$ 2,86	R\$ 235.305,10	R\$ 212.305,10
20	R\$ 3,06	R\$ 258.071,58	R\$ 235.071,58
21	R\$ 3,27	R\$ 282.431,71	R\$ 259.431,71
22	R\$ 3,50	R\$ 308.497,05	R\$ 285.497,05
23	R\$ 3,75	R\$ 336.386,97	R\$ 313.386,97

24	R\$	4,01	R\$	366.229,17	R\$ 343.229,17
25	R\$	4,29	R\$	398.160,34	R\$ 375.160,34

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Eliane; ROSA, Anna Clara; DIAS, Fernanda C.L. Sales; BRAZ, Kathlen Thais Mariotto; LANA, Luana T. Costa; SANTO, Olívia C. do Espírito; SACRAMENTO, Thays Cristina Bajur. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.** Edição v1.n.2 2015. Disponível em: <http://201.48.93.203/index.php/eol/article/view/3574> Acesso em 07 abr 2022.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482.** Diário Oficial da União nº76, 19 de abril de 2012 pag. 53.

BADRA, Mateus. **Lei 14.300: principais mudanças no Marco Legal da GD.** In: Publicado em Canal Solar em 12 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/lei-14-300-principais-mudancas-do-marco-legal-da-gd/> Acesso em 02 mar 2022.

BALFOUR, John. **Introdução ao Projeto de Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2016. E-book. ISBN 9788521635314. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521635314/> Acesso em 08 out. 2022.

BOCCATO, V. R. C. **Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação.** Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.

BORTOLOTO, Valter A.; SOUZA, André; GOES, Guilherme; MARTINS, Marcio A.; BERGHE, Murilo J.; MONTANHA, Gustavo Kimura. **Geração de energia solar on grid e off grid.** In: Publicado em 6ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de

Botucatu de 23 a 27 de outubro de 2017. Disponível em: <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIJTC/VIJTC/paper/view/1069> Acesso em 04 nov 2021.

GED 13, Norma Técnica. **Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição**. Engenharia de Normas, documento nº 13 Versão 2.25 de 2020 Disponível em: <http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-13.pdf> Acesso em 05 out 2022.

GONSALVES, E. P. **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica**. 3ª edição, Campinas, SP: Editora Alínea, 2003.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 146 f.

Instituto Acende Brasil (2020). **Evolução das Tarifas de Energia Elétrica e a Formulação de Políticas Públicas**. White Paper 22, São Paulo, 28 p.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S.; **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão**. In: Artigo publicado na Revista Virtual de Química; Universidade Federal Fluminense em 14 de outubro de 2014. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/664/508> Acesso em 27 out 2021.

MAIA, Rian Sardinha.; **Energia Solar: O desenvolvimento de um novo mercado.**; Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018. 18, 71 p.: il.; 29,7 cm. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024980.pdf> Acesso em 31 mar 2022.

MOREIRA, José Roberto S. **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética**. Rio de Janeiro – RJ: Grupo GEN, 2021. E-book. ISBN 9788521636816. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521636816/> Acesso em 22 out. 2022.

NETO, José V.; VENANCIO, Vinicius de Carvalho; BUIATTI, Gustavo M.; BOTELHO, Frederico K.; NUNES, Henrique M.; CORREA, Remington P. da Silva; CARVALHO, Rafael S.; ANDRADE, Rodrigo L.; **Estudo dos impactos na viabilidade econômico-financeira a partir dos impactos na revisão da norma sobre Geração Distribuída Fotovoltaica**. In VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Fortaleza/CE, jun. 2020.

OLIVEIRA, Thalles Rodrigues de.; **Geração De Energia X Impacto Ambiental.**; UEMG.; Minas Gerais.; 2011. Disponível em: http://www.waltenomartins.com.br/tcc_2011_Thalles.pdf Acesso em 02 de mar de 2022.

SALAMONI, I.; RÜTHER, R. **Potencial Brasileiro da Geração Solar Fotovoltaica conectada à Rede Elétrica: Análise de Paridade de Rede**. IX Encontro Nacional e

V Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto, 2007 Anais do ENCAC 2007, 2007. p. 1658-1667.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael; **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações**. x. ed. Local: São Paulo Editora Érica Uda, 2012.

ZILLES, Roberto; MACÊDO, Wilson Negrão; GALHARDO, Marcos André B.; OLIVEIRA, Sérgio Henrique F.; **Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Rede Elétrica**. x. ed. Local: São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2012.