

CENTRO UNIVERSITÁRIO ENIAC

AUTORES:

José Antonio Dias de Carvalho

Luciano Pontes Prado

Diego Alvarez Albertoni

Lucas Carlos de Souza

**CONSTRUINDO UM FUTURO SUSTENTÁVEL: ENERGIA SOLAR NA
HORTICULTURA 4.0 – UMA PARCERIA COM A PREFEITURA DE
GUARULHOS**

GUARULHOS

2023

CONSTRUINDO UM FUTURO SUSTENTÁVEL: ENERGIA SOLAR NA HORTICULTURA 4.0 – UMA PARCERIA COM A PREFEITURA DE GUARULHOS

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar uma solução para a alta demanda de energia consumida pela Horta Indoor 4.0. O projeto foi desenvolvido pelo Centro Universitário Eniac, em parceria com a Prefeitura de Guarulhos. A demanda de energia para a operação da Horta Indoor 4.0 é alta, o que tem um impacto negativo no balanço financeiro do projeto. Para reduzir os custos no médio prazo, a energia solar foi selecionada como uma opção alternativa. Portanto, foi necessário implementar um sistema de energia solar On Grid para reduzir os custos com eletricidade. Neste estudo de caso, foi realizada entrevista com cliente e pesquisas quantitativas para determinar o melhor sistema. Utilizaram-se os softwares CAD, Eng. Design (Canvas) e Excel para elaborar o diagrama elétrico, a modelagem fotovoltaica e as tabelas, respectivamente. O sistema fotovoltaico após implementado atenderá à demanda de energia, e também contribuirá para diminuir as emissões dos gases de efeito estufa, minimizando os impactos ambientais de maneira significativa. A instalação desse sistema ofereceu um excelente retorno financeiro, reduzindo a conta de energia elétrica em até 95% e apresentando um payback atrativo a médio prazo. O projeto teve aprovação da Prefeitura de Guarulhos, e a execução do projeto está prevista para 2024. Com o sistema fotovoltaico fornecendo energia limpa para a operação da horta, a prefeitura demonstra seu compromisso com a sustentabilidade e soluções ambientalmente conscientes.

Palavras-chave: Horta indoor 4.0, Energia solar, Sistema fotovoltaico, On grid, Custo com energia elétrica.

ABSTRACT

This article aims to present a solution to the high energy demand consumed by the Horticultural Indoor 4.0. The project was developed by Eniac University Center in partnership with the Guarulhos City Hall. The energy demand for the operation of the Horticultural Indoor 4.0 is high, which has a negative impact on the project's financial balance. To reduce costs in the medium term, solar energy was selected as an alternative option. Therefore, it was

necessary to implement an On-Grid solar energy system to reduce electricity costs. In this case study, interviews with the client and quantitative research were conducted to determine the best system. CAD software, Eng. Design (Canvas), and Excel were used to create the electrical diagram, photovoltaic modeling, and tables, respectively. The photovoltaic system, once implemented, will meet the energy demand and also contribute to reducing greenhouse gas emissions, significantly minimizing environmental impacts. The installation of this system offered an excellent financial return, reducing the electricity bill by up to 95% and presenting an attractive payback in the medium term. The project was approved by the Guarulhos City Hall, and project execution is scheduled for 2024. With the photovoltaic system providing clean energy for the horticultural operation, the city hall demonstrates its commitment to sustainability and environmentally conscious solutions.

1. INTRODUÇÃO

O Centro Universitário ENIAC, em parceria com a Prefeitura de Guarulhos, desenvolveu o projeto Horta Indoor 4.0, que tem como objetivo explorar novas tecnologias de plantio e computação para cultivo de plantas e hortaliças em ambientes internos com a tecnologia 4.0 integrada, onde é possível monitorar e controlar o ambiente da horta em tempo real, garantindo a qualidade e o sucesso do cultivo (Salgueiro,2023).

A demanda de energia para a operação de Horta Indoor 4.0 está acima dos 10kWh, considerada alta e compromete o equilíbrio financeiro do projeto. Desta forma, tornou-se necessário buscar alternativas para baixar custos com consumo de energia elétrica a médio prazo.

Dentre as alternativas disponíveis, a energia solar foi uma opção para economizar com o custo de energia elétrica, porque ao gerar sua própria eletricidade a partir da luz do sol, reduzirá ou até mesmo eliminará a dependência da energia elétrica convencional fornecidas pela concessionária, que geralmente cobra taxas por kWh consumido.

A pesquisa, tem como intuito trabalhar na implementação do sistema fotovoltaico, buscando o atendimento das necessidades de operação com melhor custo benefício disponível no mercado. De acordo com Pinho e Galdino (2014), a energia fotovoltaica é a transformação da energia solar em energia elétrica através de placas compostas de materiais semicondutores que normalmente são silício, produzidas com camadas positivas e negativas, onde juntas produzem um campo elétrico.

O sistema fotovoltaico apresenta um ótimo retorno financeiro podendo reduzir em até 95% sua conta de energia. Rezende (2019), afirma que o Sol é uma fonte ilimitada de geração de energia, ocorrendo assim a redução da poluição e taxas de carbono na atmosfera, tornando uma atitude sustentável e impacto positivo sobre a sociedade, o que justificou o desenvolvimento deste projeto.

Este tipo de fornecimento oferece uma oportunidade a mais para o complemento de energia elétrica gerada em nosso país. A energia fotovoltaica pode ser utilizada em qualquer lugar que possua boa irradiação solar, ou seja, que não possua sombra ocasionada pela natureza ou construções nas proximidades, sendo assim, quanto maior for a irradiação no módulo, maior será a potência fotovoltaica gerada no sistema (Villalva, 2015).

2. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de energia fotovoltaica do tipo On grid de microgeração distribuída acima de 10kW para Horta Indoor 4.0, promovendo a redução dos custos de energia elétrica.

3.2. Objetivos específicos

- Avaliar a localização de instalação do sistema fotovoltaico e determinar a área de instalação conforme as premissas para uma boa performance;
- Desenvolver os cálculos de demanda de energia;
- Projetar sistema fotovoltaico com capacidade de atender a demanda solicitada;
- Elaborar documentação técnica (Memorial) para instalação do sistema fotovoltaico, de acordo com as exigências da concessionária local;

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em forma de estudo de caso de uma Horta Indoor 4.0, com foco na implementação do sistema fotovoltaico e redução de custos de energia elétrica no local. Para coleta de dados, foi realizada uma entrevista com o cliente (Salgueiro,2023), na qual foram obtidas informações para o cálculo de demanda de energia necessária para operação e a determinação do tipo de sistema a ser utilizado e foram realizadas visitas ao local da instalação para averiguação das condições ambientais.

Para dimensionar o sistema fotovoltaico, foi realizada uma pesquisa quantitativa, permitindo o cálculo da potência fotovoltaica necessária para determinar a quantidade aproximada de módulos e micro inversores a serem utilizados no projeto. A pesquisa foi apoiada por referências bibliográficas, como os livros (Carvalho, 2023), e por fichas técnicas de produtos (Aldo 2023).

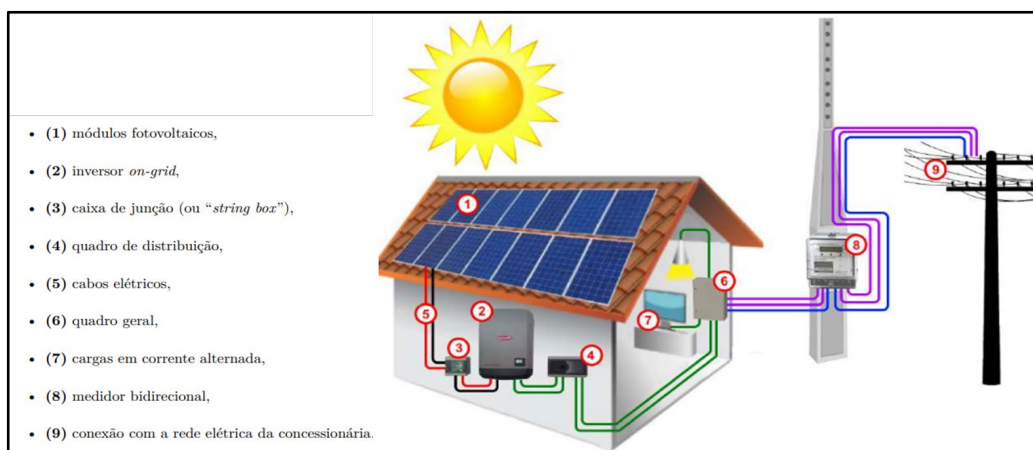
O diagrama elétrico foi elaborado utilizando o software CAD (Computer-Aided Drawing). A modelagem dos painéis no telhado foi feita com a ferramenta Eng. Design, que é uma extensão do Canvas, enquanto confecção das tabelas e funções relacionadas à potência fotovoltaica foi realizada no Excel. Adicionalmente, foi elaborado um memorial com o auxílio do Word para apresentação à concessionária de energia elétrica.

4. DESENVOLVIMENTO

5.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

Sistemas fotovoltaicos são sistemas de energia solar que convertem a luz do sol em eletricidade usando células solares. Eles são compostos por painéis solares, inversores, string, quadro de distribuição, cabos, quadro geral e em alguns casos, sistemas de armazenamento de energia (Boso et al., 2015). Existem duas principais categorias de sistemas fotovoltaicos: on-grid e off-grid. Sistemas on-grid estão conectados à rede elétrica convencional. A eletricidade gerada pelos painéis solares é utilizada localmente e o excesso é alimentado na rede elétrica, podendo gerar créditos de energia. Esses sistemas são populares por permitirem a redução das contas de eletricidade e o aproveitamento máximo da energia solar, como apresenta-se na Figura 01.

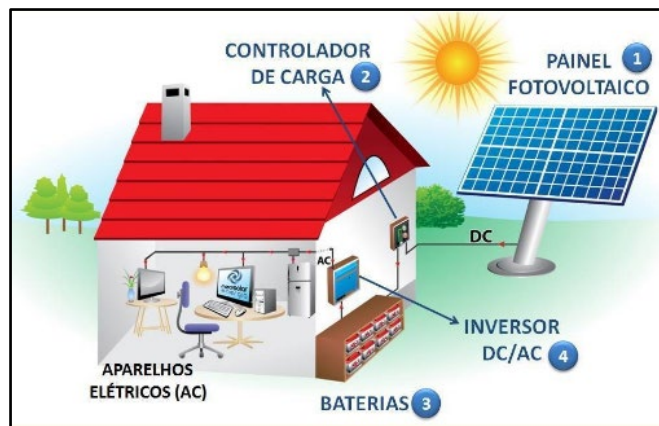
Figura 01 - Sistema On grid



Fonte: CARVALHO, 2023

Já sistemas off-grid não estão conectados à rede elétrica. A energia gerada pelos painéis solares é armazenada em baterias para uso posterior (Boso et al., 2015), conforme demonstrado na Figura 02. Esses sistemas são muito utilizados em áreas remotas onde não há acesso à rede elétrica ou como solução autônoma.

Figura 02 - Sistema Off grid

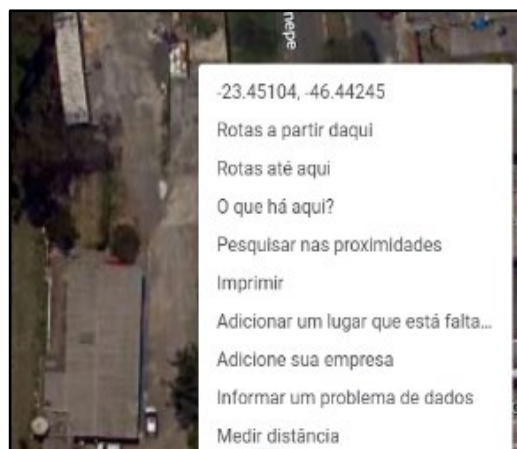


Fonte: NEOSOLAR, 2023

5.2. ELABORAÇÃO DO PROJETO.

Após a visita técnica, obtiveram-se as informações necessárias para iniciar o projeto. Foi decidido utilizar um sistema fotovoltaico On grid. O primeiro passo foi pesquisar a latitude e longitude do endereço de instalação, que é Avenida Birinepe, 99, Jardim Cumbica, Guarulhos - SP, utilizando o Google Maps, conforme a Figura 03.

Figura 03 - Latitude e Longitude.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2023.

Considerando a latitude 23,45 sul e a longitude a 46,44 oeste, o primeiro passo para

iniciar os cálculos de potência foi obter o índice de radiação solar (IRS) médio da região. Para isso, foi utilizado o site da CRESESB e os resultados obtidos estão apresentados na Figura 04.

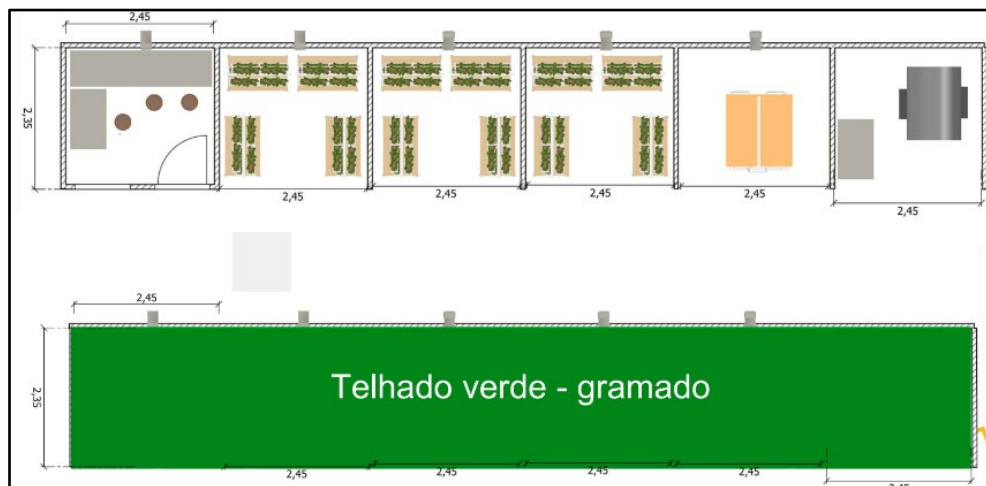
Figura 04 - Índice de Radiação Solar.

		Latitude: 23,45104° S Longitude: 46,442222° O		Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]																
#	Estação	Município	UF País	Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input type="checkbox"/>	Sao Paulo	Sao Paulo	SP BRASIL	23,5° S	46,449° O	5,5	5,23	5,51	4,68	4,15	3,38	3,16	3,26	4,16	4,21	4,72	5,08	5,64	4,43	2,48
<input checked="" type="checkbox"/>	Guarulhos	Guarulhos	SP BRASIL	23,401° S	46,449° O	5,6	5,22	5,51	4,72	4,20	3,41	3,21	3,31	4,25	4,23	4,72	5,04	5,63	4,45	2,42
<input type="checkbox"/>	Itaquaquecetuba	Itaquaquecetuba	SP BRASIL	23,5° S	46,349° O	11,0	5,29	5,50	4,64	4,12	3,35	3,11	3,23	4,11	4,20	4,72	5,11	5,66	4,42	2,55

Fonte: CRESESB, 2023.

Para o cálculo de consumo mensal da Horta Indoor 4.0, foi necessário obter informações sobre a operação dos ambientes, que consistem em um laboratório de pesquisa, três salas de cultivo por substrato, uma sala de hidroponia e uma sala de compostagem (Salgueiro,2023), como demonstrado na Figura 05. As salas de cultivo foram equipadas com lâmpadas Full Spectrum e monitoradas por meio de um sistema IoT, permitindo o controle de temperatura, iluminação, umidade do solo e irrigação, a fim de garantir o crescimento adequado das hortaliças.

Figura 05 - Layout da Horta Indoor 4.0



Fonte: SALGUEIRO, 2023.

Visando o cálculo o consumo mensal de cada ambiente na Horta Indoor 4.0, foi necessário realizar o cálculo de demanda, como representado na Equação (01) e na Tabela 01:

Demanda do item

$$= \frac{qtd \text{ de itens } \times \text{potência}(w) \times \text{horas diária} \times \text{qtd de dias (mês)}}{1000} \quad (01)$$

Tabela 01 - Cálculo de Demanda de Energia Mensal.

<i>Item</i>	<i>Qtd.</i>	<i>Potênci a</i>	<i>Horas</i>	<i>Dias/Mê s</i>	<i>KWh/ Mês</i>
<i>Iluminação Laboratório</i>	1	100W	6h	30	18 KWh
<i>Iluminação Cultivo e Compostagem</i>	5	100W	4h	30	60KWh
<i>Lâmpadas LED Full Spectrum</i>	42	54W	16h	30	1089K Wh
<i>Ventiladores ¼ HP Monofásico</i>	4	188W	16h	30	361KW h
<i>Tomada Laboratório</i>	1	500W	8h	30	120KW h
<i>Tomada Cultivo</i>	4	300W	24h	30	864KW h
<i>Tomada Compostagem</i>	1	1500W	6	30	270KW h
Total					2782KWh

Fonte: AUTOR, 2023.

Com base na demanda mensal de 2782 kwh e considerando que o sistema era bifásico, foi possível calcular a Energia Fotovoltaica (E_{FV}) como demonstrado na Equação (02), e a Potência Fotovoltaica (P_{FV}) para determinar a quantidade de módulos necessários para o funcionamento do sistema, conforme a Equação (03).

$$E_{FV} = E_M - E_{CD} = 2782 - 50 = 2732 \quad (02)$$

$$P_{FV} = \frac{1000 \left[\frac{W}{m^2} \right] \times E_{FV}}{I_{RS} \times 30 [dias] \times n_{sis}} \quad (03)$$

$$P_{FV} = \frac{1000 \times 2732}{4,45 \times 30 \times 0,8} = \frac{2732000}{106,80} = 25580,52$$

$$Qtd. de Placas = \frac{P_{FV}}{Potência da Placa Solar} = \frac{25580,52}{565} = 45,67 \Rightarrow 46$$

Após estimar a quantidade de painéis solares necessários para o projeto, foi realizado um novo cálculo de potência fotovoltaica máxima para o dimensionar os inversores ou micro inversores, conforme Equação 04.

$$P_{FV} \text{ Máxima} = \frac{565 \times 46}{1000} = \frac{25990}{1000} = 25,99 \text{ KWP} \quad (04)$$

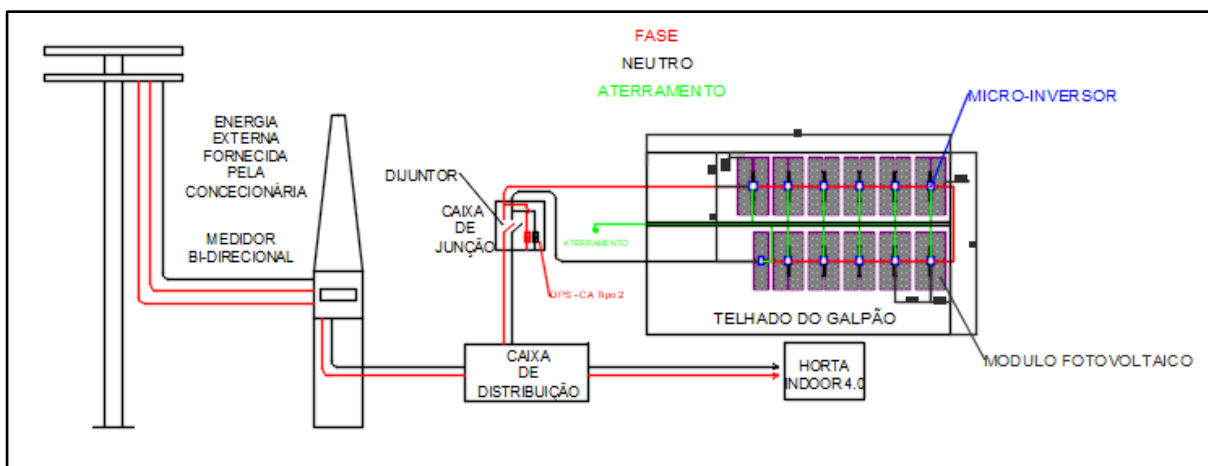
Com todos os cálculos realizados, foi necessário encontrar um local adequado para a instalação das placas fotovoltaicas. Como o telhado da Horta Indoor 4.0 possui um telhado verde e muitas árvores na área, inviabilizou-se a instalação neste local. Contudo, dentro do mesmo terreno, existia um Galpão que possibilitou a instalação seguindo a orientação do telhado de Leste para Oeste.

Para escolha dos equipamentos, foi realizada uma pesquisa no site do fornecedor (Aldo,2023), e selecionado dois kits para utilização, totalizando 46 placas monocristalinas de 565W de potência, 11 micro inversores monofásicos de 4 MPPT e 1 de 2 MPPT, gerando 25,99 kW de potência. Após a escolha dos kits, foi possível dimensionar a área de instalação dos painéis no telhado do galpão. Cada painel possui 1,13m de largura e 2,23 de comprimento, totalizando 118m² para as 46 unidades dos painéis escolhidos.

Após o projeto desenvolvido, elaborou-se um layout da vista superior do telhado, apresentando as medidas de segurança que foram estabelecidas. Nos beirais em 50,0 cm e o espaçamento entre telhado e a placa em 12,7 cm.

Para uma melhor compreensão da instalação do sistema On grid, foi desenvolvido um diagrama esquemático que ilustra o processo no qual os painéis solares captam a irradiação solar e fornecem a energia elétrica para Horta Indoor 4.0. A Figura 06 apresenta o diagrama esquemático do sistema.

Figura 06 - Diagrama esquemático da instalação na Horta Indoor 4.0.



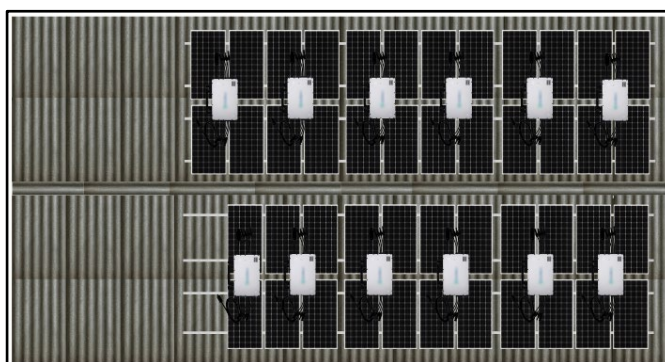
Fonte: AUTOR, 2023

5. RESULTADOS

A implementação do sistema fotovoltaico On grid de microgeração distribuída com 25,99kW atendeu a demanda de energia elétrica necessária para a operação da Horta Indoor 4.0. Considerando que o consumo mensal da Horta é de 25,58kW, o sistema apresenta capacidade de geração de energia excedente que pode ser convertida em créditos energéticos.

Foi realizada a distribuição dos painéis sobre o telhado do galpão, juntamente com os micro inversores selecionados no projeto, conforme ilustrado na Figura 07.

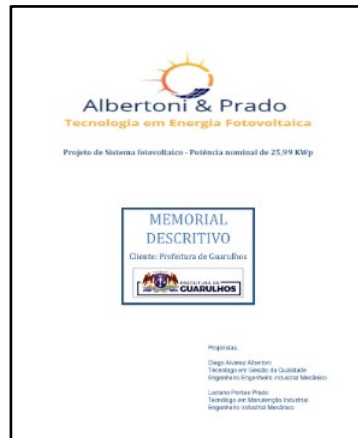
Figura 07 - Distribuição dos painéis e micro inversores no telhado.



Fonte: AUTOR 2023.

O memorial descritivo foi elaborado com o objetivo de obter a aprovação do projeto pela concessionária responsável, como demonstrado na Figura 08. Após concluído, foi enviado através do canal de comunicação disponibilizado.

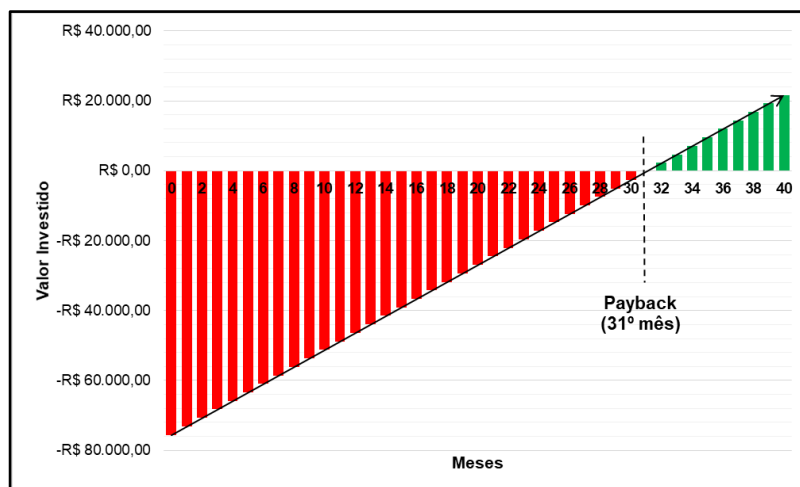
Figura 08 - Memorial descritivo.



Fonte: AUTOR 2023.

A instalação do sistema apresentou um excelente retorno financeiro, reduzindo até 98% a conta de energia elétrica, proporcionando um payback atrativo a médio prazo, como ilustrado na Figura 09.

Figura 09 - Payback.



Fonte: AUTOR, 2023.

Além de suprir a necessidade energética, a utilização deste sistema fotovoltaico contribui significativamente na redução de emissão de gases de efeito estufa, minimizando os impactos no meio ambiente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa mostrou que o sistema de energia fotovoltaica On-grid de microgeração

distribuída acima de 10kW para a Horta Indoor 4.0 é uma solução inovadora para reduzir os custos de energia elétrica, com isso, a integração dos painéis solares na horta permitiu a geração de energia limpa e renovável, diminuindo a dependência da rede convencional.

O sistema fotovoltaico foi bem aceito pela Prefeitura de Guarulhos para alimentar a Horta Indoor 4.0, e sua aprovação foi confirmada. A implementação desse projeto está prevista para ocorrer em 2024.

Como finalização, este projeto destacou a importância de técnicas e conhecimentos inovadores para impulsionar a sustentabilidade e a eficiência energética. Além disso, como possibilidade de melhorias pode-se implementar o monitoramento online da performance do sistema fotovoltaico e a confirmação dos resultados após a instalação. Aliar o monitoramento com inteligência artificial e telemetria, para um sistema preditivo de acidentes com dispositivo de alerta e desligamento em casos de possíveis falhas e mau funcionamento.

7. FONTES CONSULTADAS

ABNT NBR 16690 - **Instalações elétricas e arranjos fotovoltaicos**. Disponível em: <https://www.solarize.com.br/downloads/manual-energia-solar/NBR-16690-2019-consulta-publica.pdf> Acesso em: 18 abr, 2023.

ALDO SOLAR - **Pesquisa de componentes para o sistema**. Disponível em: <https://www.aldo.com.br/> Acesso: 28 fev, 2023.

BOSO, Ana Claudia et al., -**Sistema On grid e Off grid**. Disponível em <https://pdfs.semanticscholar.org/4ccc/75c3595bd05e3a16c19ce15f143e58aa4bb2.pdf> Acesso em:27 abr, 2023.

CARVALHO, Jose - **Dimensionamento On grid para consumidores do grupo B, e especificação de inversores**. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1fhfz8sD61f4YSyf2jttM2w16FdySUXD/view> Acesso em: 20 fev, 2023.

CRESESB - **Localização da irradiação solar**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data> Acesso em: 18 abr, 2023.

GOOGLE MAPS - **Localização da latitude e longitude**. Disponível em: <https://www.google.com/maps/place/Av.+Birinepe,+99+-+Jardim+Cumbica,+Guarulhos+-+SP,+07240-050/@-23.4513898,-46.4426746,171m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x94ce61f9175ba795:0x88eadbc2748a0256!8>

m2!3d-23.4498261!4d-46.4421958 Acesso em: 18 abr, 2023.

MEMORIAL DESCRITIVO - **Apresentação para EDP Brasil** Disponível em: https://docs.google.com/document/d/1ePE9EH9RIUDofQQoKXoJPkKgS_XT0FiZ9sQraMLRBb0/edit?usp=sharing Acesso em: 26 mar, 2023.

PINHO, João Tavares, GALDINO, Marcos Antonio. MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICAS- PORTAL DA ENERGIA SOLAR - **O que é energia fotovoltaica?** Disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>

Acesso em: 10 abr, 2023.

REZENDE, Jaqueline Oliveira. A IMPORTÂNCIA DA ENERGIA SOLAR PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - **Quais benefícios da energia solar?** Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/a-importancia-da-energia-solar-para-o-desenvolvimento-sustentavel> Acesso em: 09 abr, 2023.

SALGUEIRO, José. **Entrevista para definição de parâmetros.** Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1bvd8J6HGGQ5jVHN4RSq0_4CmOEmaeCjZ/view Acesso em: 07 fev, 2023.

Site ALDO - **Datasheet dos componentes do sistema fotovoltaico.** Disponível em: <https://www.aldo.com.br/produto/197762-6> Acesso em 04 mar, 2023.

VILLALVA, Marcelo Gradella. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (Resenha) - **Conceitos e aplicações.** Disponível em: <https://ecoa.org.br/livro-energia-solar-fotovoltaica-conceitos-e-aplicacoes/> Acesso em: 09 abr,2023.