

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL DE GUAIANAZES
CURSO TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA

PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID NA
Etec DE GUAIANAZES

KETLIN DE OLIVEIRA NUNES¹
LUCAS RODRIGUES VIEIRA²
SILVANA ALEXANDRINA NETO PEREIRA³
THIAGO ALVES PEREIRA⁴

RESUMO

Entre as fontes alternativas de energias existentes atualmente, a solar é latente no Brasil. Este potencial é consequência da alta incidência solar e grande extensão territorial, apesar disso, o número de sistemas fotovoltaicos instalados em instituições de ensino públicas do Brasil, ainda não é amplamente cogitado por decorrerem de subsídios do governo nos âmbitos federal, estadual e municipal, o que ocasiona em baixos incentivos aplicados nesta tecnologia de geração de energia, que conta com a utilização de painéis fotovoltaicos instalados nas unidades de ensino. Com isso, o objetivo deste trabalho foi realizar a criação de um projeto de dimensionamento de sistema de energia elétrica fotovoltaica para a ETEC de Guaianazes em São Paulo por meio do software PV*SOL premium, buscando otimizar os custos com energia elétrica, tornar a unidade escolar uma referência pelo uso de fatores renováveis, promovendo conhecimento sustentável aos alunos e obter maior visibilidade frente à comunidade externa. Os módulos dos sistemas fotovoltaicos devem, preferencialmente, ser instalados com orientação para o Norte, para obter melhor geração de energia, assim obtivemos como resultado que com 273,9 m² de área (orientação norte) necessária para a instalação dos painéis solares irá suprir a necessidade energética de consumo médio (kWh/mês) da ETEC de Guaianazes.

Palavras-chave: Instituições de ensino públicas do Brasil; Sistema fotovoltaico; Eficiência energética.

1. INTRODUÇÃO

Durante muitos anos, a humanidade utilizou os recursos naturais do planeta, para suprir suas necessidades energéticas, sem grandes preocupações em relação aos efeitos que causariam ao meio ambiente (ALMEIDA *et al.*, 2020).

¹ Tecnóloga em Agronegócios e Estudante de Técnico em Eletrotécnica, ketlinunes@gmail.com;

² Estudante de Técnico em Eletrotécnica, luca.rodrigues2911@outlook.com;

³ Estudante de Técnico em Eletrotécnica, ngrasil@gmail.com;

⁴ Estudante de Técnico em Eletrotécnica, thi_pereirasp@yahoo.com.br.

Em meio à realidade do aquecimento global e suas consequências catastróficas à biodiversidade e ao ser humano, iniciasse um período de conscientização coletiva, que busca o desenvolvimento de energias sustentáveis (SILVA, 2017).

Atualmente a humanidade retira suas fontes energéticas da natureza e a continuidade desta prática poderá causar o esgotamento dos recursos naturais, (SILVA E ARAÚJO, 2022), a maior parte da energia é produzida em usinas hidrelétricas (GOVERNO DO BRASIL, 2022), como principal substituta dos combustíveis fósseis as perspectivas apontam a energia solar (SILVA E ARAÚJO, 2022).

O Brasil é um país que apresenta características favoráveis à utilização de meios renováveis de produção de energia, especialmente a eólica e solar. Por suas características de clima e índice de incidência de irradiação solar (PETROBRÁS, 2016).

Atualmente a energia solar representa 2% da matriz elétrica do país, só em 2020, a capacidade instalada em energia solar fotovoltaica cresceu 66% no país (GOVERNO DO BRASIL, 2022).

A energia solar é uma fonte de energia limpa e inesgotável, com um enorme potencial energético. Além disso, a descentralização de sua geração torna seu uso acessível a qualquer comunidade em qualquer local (BRASIL, 2009), pois o uso da energia solar fotovoltaica não é poluente, é compacta e tem baixo custo de manutenção (SILVA E ARAÚJO, 2022).

A grande maioria das instituições de ensino públicas do Brasil, através de subsídios dos governos nos âmbitos federal, estadual e municipal, poderiam instalar e utilizar os painéis fotovoltaicos em suas instalações. A maioria das escolas têm espaço físico em telhado suficiente para a utilização dos painéis, e a insolação é disponível praticamente o ano inteiro, em todas as regiões do país (BRASIL, 2009).

A cidade de Imperatriz (MA) com o Projeto moderno, sustentável e 100% renovável beneficiou 32 escolas da rede municipal de ensino, com energia limpa e economia aos cofres públicos em mais de R\$ 4 milhões ao ano. Com o investimento total é de R\$ 10,1 milhões, recursos oriundos do precatório do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério, Fundef. Os 7.728 painéis solares foram totalmente instalados até junho de 2020. Com a instalação dos painéis solares, em dois anos e meio haverá o retorno do investimento e o benefício permanece por 25 anos, tempo de vida útil das placas solares (PREFEITURA DE IMPERATRIZ – MARANHÃO, 2022).

Estima-se que através da utilização de painéis fotovoltaicos, a redução do custo com energia esteja em torno de 25 a 30% em instalações do porte de uma escola, onde a função principal seria a alimentação de lâmpadas para iluminação [...] deve-se avaliar o investimento necessário para a implementação do sistema de captação de luz solar e principalmente o *payback* (BRASIL, 2009).

Para tornar esse cenário realidade são necessários investimentos em infraestrutura, políticas públicas, tecnologias, eficiência energética e principalmente em educação, nesse sentido, a Educação Ambiental (MAGNA *et.al*, 2020).

Dada a escassez de recursos naturais e o aumento da demanda por oferta de recursos energéticos renováveis, desenvolvemos este projeto de implementação de energia elétrica fotovoltaica na ETEC de Guaianazes em São Paulo, buscamos otimização dos custos de energia, tornar a unidade escolar uma referência pelo uso de fatores renováveis, promover o conhecimento sustentável aos alunos e obter maior visibilidade frente à comunidade externa; portanto, foi essencial trazer informações para que esse tema seja acessível ao maior número de pessoas possível, onde todos possam descobrir as vantagens da energia solar.

1.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolvemos um projeto de energia elétrica fotovoltaica na ETEC de Guaianazes em São Paulo, buscamos otimização dos custos de energia, para tornar a unidade escolar uma referência pelo uso de fatores renováveis, promover o conhecimento sustentável aos alunos e obter maior visibilidade frente à comunidade externa.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudamos a tecnologia elétrica fotovoltaica, para desenvolver o projeto de instalação dos painéis fotovoltaicos na ETEC de Guaianazes, a fim de identificar o melhor local e a tipologia arquitetônica do telhado, beneficiando-se do melhor posicionamento para obter a maior eficiência energética dos módulos;
- Elaboramos o projeto do sistema fotovoltaico, com a capacidade de produção de energia de acordo com a demanda de consumo médio utilizado pela ETEC de Guaianazes; e,

- Realizamos os cálculos de custo médio de implantação do sistema, para a verificação da viabilidade econômica e conseqüentemente, realizar o cálculo do *payback*.

2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Isto se dá, por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (ALMEIDA *et al.*, 2020).

A energia fotovoltaica é aquela na qual a irradiação solar é transformada diretamente em energia elétrica, sem passar pela fase de energia térmica. As células fotovoltaicas (ou células solares) são feitas a partir de materiais semicondutores (normalmente o silício) (BOMFIM *et al.*, 2017). O silício se constitui como o segundo elemento químico mais abundante na terra (ALMEIDA *et al.*, 2020).

As células fotovoltaicas são constituídas de materiais semicondutores como: silício, arseneto de gálio, telureto de cádmio ou disseleneto de cobre e índio (gálio). O silício cristalino é o mais utilizado (BLUE-SOL,2022).

3. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Os sistemas fotovoltaicos podem ser implantados em qualquer localidade que tenha radiação solar suficiente. Sistemas fotovoltaicos não utilizam combustíveis, não possuem partes móveis, e por serem dispositivos de estado sólido, requerem menor manutenção. Durante o seu funcionamento não produzem ruído acústico ou eletromagnético, e tampouco emitem gases tóxicos ou outro tipo de poluição ambiental (BLUE-SOL, 2022).

O funcionamento de um sistema fotovoltaico é baseado no chamado efeito fotovoltaico, fenômeno físico que consiste na conversão da energia da radiação luminosa em energia elétrica, e no qual ocorre em determinados materiais semicondutores (RODRIGUES *et al.*, 2016).

Os painéis solares, ou módulos, são os principais componentes do sistema fotovoltaico de geração de energia. Estes são formados por um conjunto de células

fotovoltaicas associadas, eletricamente, em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes determinadas em projeto (ALMEIDA *et al.*, 2020).

O circuito em série é composto exclusivamente por componentes elétricos ou eletrônicos ligados em sequência, possuem apenas um ponto em comum entre eles, a corrente elétrica será a mesma passando pelos componentes, independentemente da quantidade. O circuito paralelo é composto somente por componentes elétricos ou eletrônicos ligados em paralelo, possuem dois pontos em comum, sendo que a corrente elétrica se divide proporcionalmente ao valor de cada componente (MATTEDE, 2022).

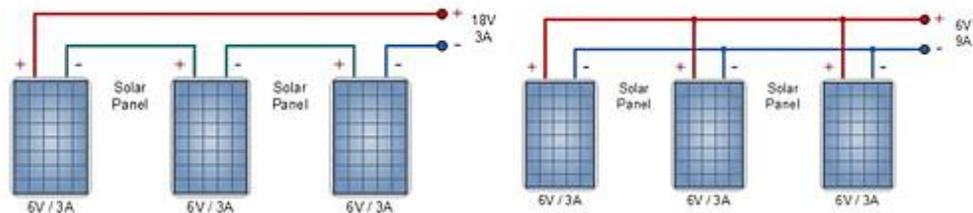


Figura 1. Ligação série e paralelo.

Segundo BEZERRA (2021) as células fotovoltaicas são reunidas em módulos de diversas capacidades, os módulos podem ser utilizados individualmente ou associados para formar empreendimentos de geração de qualquer porte, tanto em sistemas autônomos (off grid) como em sistemas ligados à rede elétrica (on grid).

3.1. Sistemas autônomos ou isolados (OFF GRID)

São sistemas que não dependem da rede elétrica convencional para funcionar, sendo possível sua utilização em localidades carentes de rede de distribuição elétrica. Existem dois tipos de autônomos: com armazenamento e sem armazenamento (ALMEIDA *et al.*, 2020). O primeiro pode ser utilizado em carregamento de baterias de veículos elétricos, em iluminação pública e, até mesmo, em pequenos aparelhos portáteis (VILLALVA & GAZOLI, 2012). Enquanto o segundo, além de ser frequentemente utilizado em bombeamento de água, apresenta maior viabilidade econômica, já que não utiliza instrumentos para o armazenamento de energia (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

3.2. Sistemas ligados à rede (ON GRID)

São aqueles que trabalham concomitantemente à rede elétrica da distribuidora de energia. De forma sucinta, o painel fotovoltaico gera energia elétrica em corrente contínua e, após convertê-la para corrente alternada, é injetada na rede de energia elétrica. Tal conversão se dá pela utilização do inversor de frequência, que realiza a interface entre o painel e a rede elétrica (ALMEIDA *et al.*, 2020).

3.3. Caracterização da Atividade de Geração Fotovoltaica no Brasil

A partir da Resolução Normativa REN nº 482 expedidas pela ANEEL em 17 de abril de 2012, todos os consumidores do Brasil ficaram autorizados a gerar sua própria energia elétrica, criando o Sistema de Compensação de energia elétrica (MARTINI; FERREIRA E SANTOS, 2018).

Geração Distribuída (GD) é uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es), independentemente da potência, tecnologia e fonte de energia (SOUSA E FRANCO, 2018)

A energia gerada a partir da fonte solar pode ser destinada à comercialização no mercado de energia, como também ser utilizada para o autoconsumo. No primeiro caso, as usinas fotovoltaicas são normalmente de grande porte, sendo a energia gerada destinada ao Ambiente de Contratação Regulado (mercado cativo ou regulado) e/ou ao Ambiente de Contratação Livre (mercado livre de energia). No segundo caso, as usinas fotovoltaicas são de pequeno porte, sendo enquadradas como geração distribuída, amparadas atualmente por regras definidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), dentre elas as Resoluções Normativas 482/2012 e 687/2015 (BEZERRA, 2021).

A tecnologia de geração de energia distribuída promove vantagens de instalação para a concessionária e consumidor, segundo MARTINI; FERREIRA E SANTOS (2018) a produção de energia diversificada, alivia o sistema de distribuição da concessionária elétrica, decorrente da equivalência entre os picos de consumo e geração de energia, que ocorre no período diurno.

4. PROJETO FOTOVOLTAICO

Este estudo obteve a geração de conhecimento para aplicação específica envolvendo os interesses locais e regionais, e está dividido em três etapas:

- Tabulação dos dados de consumo da unidade consumidora;

- Dimensionamento do sistema fotovoltaico através do software PV*SOL premium (programa de simulação dinâmica de sistemas fotovoltaicos com visualização 3D e análise detalhada de sombreamento) a partir da inserção de dados de consumo mensal da ETEC de Guaianazes em São Paulo; e,
- Cálculo de Payback.

4.1. Definição do local

Na ETEC de Guaianazes - implantada em janeiro de 2004, a unidade está em uma região de alto índice de exclusão social e de alta densidade demográfica (acima de um milhão de habitantes), que não dispõe de locais e nem de instrumentos para pesquisa bibliográfica na área tecnológica e de tecnologia de ponta. O Governo do Estado de São Paulo, junto com o Governo Federal, através do Centro Paula Souza e do Programa de Expansão da Educação Profissional (Proep) instalou a escola técnica na região para contribuir com o aumento da empregabilidade e melhoria da qualidade de vida dos moradores de Guaianazes e região; por meio do desenvolvimento das competências e pela prática da educação profissional (cps.sp.gov.br/etecs/etec-de-guaianazes-guaianazes/).

Localizada na Rua Feliciano de Mendonça, 290 - Guaianazes, São Paulo - SP, 08460-365.



Figura 2. Planta da localização da ETEC de Guaianazes.

A unidade possui telhado completo por telha metálica trapezoidal, que além de ser muito resistente, é de material leve, que reflete o calor e oferece um longo período de durabilidade, criam um excelente sistema termo isolante, tem ótimo custo benefício, manutenção facilitada, praticidade, qualidade e rapidez. Com uma segurança inigualável, esse modelo de telha fica preso à estrutura com fixadores robustos, que impedem retiradas, infiltrações ou invasões ao local (GALVISTEEL, 2022).

4.2. Irradiação Média Local

Utilizamos dados do Cresesb para obter a irradiação média local, buscamos a estação mais próxima da localização da ETEC de Guaianazes em latitude e longitude.

Estação: Sao Paulo
 Município: Sao Paulo , SP - BRASIL
 Latitude: 23,601° S
 Longitude: 46,449° O
 Distância do ponto de ref. (23,552721° S; 46,399681° O): 7,4 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,21	5,45	4,67	4,14	3,37	3,13	3,23	4,11	4,16	4,68	5,09	5,64	4,41	2,51
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	24° N	4,71	5,19	4,79	4,70	4,16	4,07	4,11	4,87	4,42	4,56	4,67	5,00	4,60	1,12
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	21° N	4,80	5,26	4,81	4,66	4,09	3,98	4,02	4,81	4,41	4,60	4,75	5,11	4,61	1,28
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	35° N	4,32	4,86	4,65	4,75	4,34	4,32	4,33	5,01	4,35	4,33	4,30	4,54	4,51	,71

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Sao Paulo–Sao Paulo, SP–BRASIL
 23,601° S; 46,449° O

Figura 3. Potencial Solar - SunData v 3.0

4.3. Consumo médio (kWh) da ETEC de Guaianazes

Utilizando as informações de consumo em kWh/mês da Etec de Guaianazes, criamos uma simulação do sistema fotovoltaico em um programa que é conhecido mundialmente, o software PV*SOL, ele é um dos mais utilizados para simulação de sistemas de energia solar, com a sua utilização obtivemos os dados de geração de energia solar do sistema fotovoltaico que atende ao consumo da unidade de ensino.

Consumo kWh/mês ETEC Guaianazes					
Janeiro	4918,5	Mai	6625,9	Setembro	7731,2
Fevereiro	3275,7	Junho	7510,4	Outubro	5816,7
Março	6388,4	Julho	7148,8	Novembro	5653,2
Abril	8147,2	Agosto	5135,9	Dezembro	6696,59

Tabela 1. Consumo kWh/mês. Fonte: Fatura de energia elétrica da concessionária ENEL, referenciando o consumo da ETEC de Guaianazes, 2022.

4.4. Previsão de Rendimento do Sistema Fotovoltaico

De acordo com o consumo kWh/mês da ETEC Guaianazes a previsão de rendimento do sistema fotovoltaico projetado mediante a simulação no software PV*SOL premium é referente aos fatores que estão diretamente relacionados a quanto o sistema fotovoltaico trará de retorno para a instituição de ensino, portanto, com a análise obtivemos os dados de Previsão de rendimento do Sistema Fotovoltaico que supre a necessidade energética da unidade consumidora.

Previsão de rendimento do Sistema Fotovoltaico	
Módulos	106 unidades de 545Wp - Já Solar - JAM72S30-545/MR
Inversor	01 unidade de 50kW - PHB - PHB50K-MT
Potência do gerador fotovoltaico	57,77kWp
Área do gerador fotovoltaico	273,9 m ²
Quantidade de áreas cobertas	02
Desempenho do sistema	84,72%
Injeção na rede	84.624 kWh/ano
Emissões de CO ₂ evitadas	39.763 kg/ano

Tabela 2. Sistema Fotovoltaico – Previsão de rendimento. Fonte: PV*SOL premium - Os resultados foram determinados com base em um modelo de cálculo matemático da Valentin Software GmbH (algoritmos PV*SOL). Os rendimentos efetivos do sistema de energia solar podem variar em função de oscilações meteorológicas, da eficiência dos módulos e dos inversores, e outros fatores.

4.5. Energia do gerador fotovoltaico (rede C.A.) ETEC de Guaianazes

O sistema de energia solar além de ser ambientalmente uma fonte de energia renovável, não poluir, e ter vida útil de aproximadamente 25 anos, a energia gerada pelo sistema projetado para a ETEC de Guaianazes tem a capacidade de geração descrita na tabela 3.

Energia do gerador fotovoltaico (rede C.A.) ETEC de Guaianazes			
Mês	kWh	Mês	kWh
Janeiro	6842,8	Julho	5125,2
Fevereiro	8311,8	Agosto	6938,9
Março	7839,1	Setembro	7456,8
Abril	6490,7	Outubro	9214,7
Mai	6251,4	Novembro	7363,1
Junho	4845,4	Dezembro	7943,8

Tabela 3. Energia do gerador fotovoltaico (rede C.A.). Fonte: PV*SOL premium - Os resultados foram determinados com base em um modelo de cálculo matemático da Valentin Software GmbH (algoritmos PV*SOL). Os rendimentos efetivos do sistema de energia solar podem variar em função de oscilações meteorológicas, da eficiência dos módulos e dos inversores, e outros fatores.

4.6. Projeto de sistema fotovoltaico da ETEC de Guaianazes

Módulo fotovoltaico é termo técnico para placa solar ou painel solar. O módulo fotovoltaico é utilizado para a captação da luz do sol, com a função de converter a luz solar em energia elétrica fotovoltaica (PORTAL SOLAR, 2022), a escolha do painel solar é relativa à eficiência, disponibilidade de espaço, irradiação solar e custo-benefício (SUNLAB, 2022).

O Inversor solar é um equipamento desenvolvido para converter a energia gerada pelos painéis solares em corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA). O inversor solar *grid-tie* é o inversor solar mais utilizado no mundo. A expressão *grid-tie* em português significa: conectado à rede, é usado para conectar um sistema fotovoltaico sem baterias na rede da concessionária, eles são projetados para desligar rapidamente da rede elétrica caso ela venha a cair (PORTAL SOLAR, 2022).

Os módulos dos sistemas fotovoltaicos devem ser instalados com orientação para o Norte, na figura 4 podemos verificar a vista geral superior do projeto do Sistema fotovoltaico da ETEC de Guaianazes, foram utilizados 106 módulos fotovoltaicos que foram dispostos em duas áreas/águas distintas do telhado.

Utilizamos neste estudo, os módulos solares da fabricante JA Solar (uma das líderes e maiores fabricantes de módulos fotovoltaicos do mundo, com mais de 1000 patentes no segmento, e com capacidade produtiva de 50 GW/ano. CANALSOLAR 2022), modelo JAM72S30-545/MR, por serem módulos monofaciais, ter registro do INMETRO: 007039/2021, Certificados internacionais IEC61215, IEC61730; e Garantia de 12 anos contra defeitos de fabricação e 25 anos com 84,8% da potência de saída. E também ocasionalmente utilizamos o inversor da fabricante PHB, modelo PHB50K-MT, por motivos de ele ter design compacto, visor inteligente e moderno; a instalação ser fácil e rápida; ser registrado no INMETRO; ser adequado para instalações comerciais e industriais; e ter *String box* integrada, o que resulta na diminuição de custos com equipamentos, (*datasheet* dos módulos e do inversor estão em anexo).



Figura 4. Vista geral (superior) do projeto do Sistema fotovoltaico da ETEC de Guaianazes. Fonte: PV*SOL premium - Os resultados foram determinados com base em um modelo de cálculo matemático da Valentin Software GmbH (algoritmos PV*SOL).

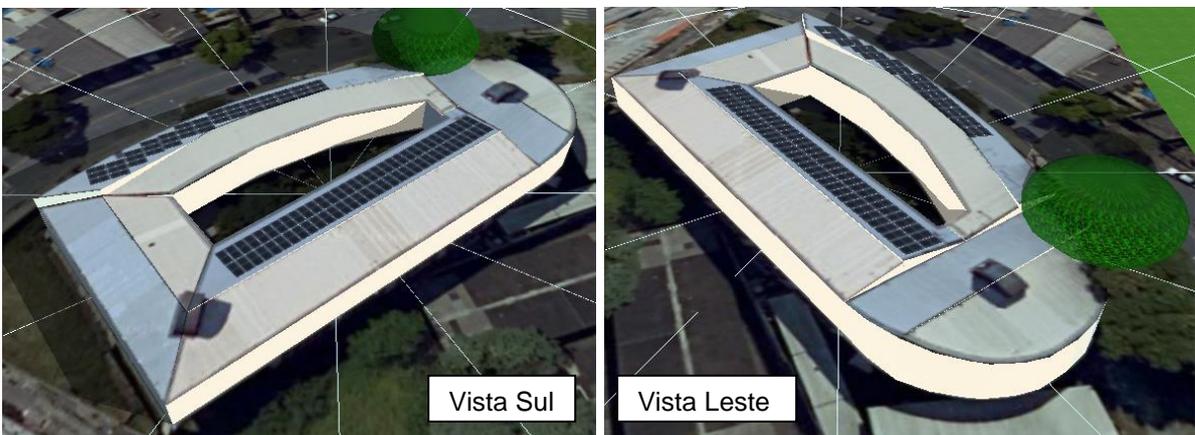


Figura 5. Vistas gerais (de acordo com a orientação) do projeto do Sistema fotovoltaico da ETEC de Guaianazes. Fonte: PV*SOL premium - Os resultados foram determinados com base em um modelo de cálculo matemático da Valentin Software GmbH (algoritmos PV*SOL).

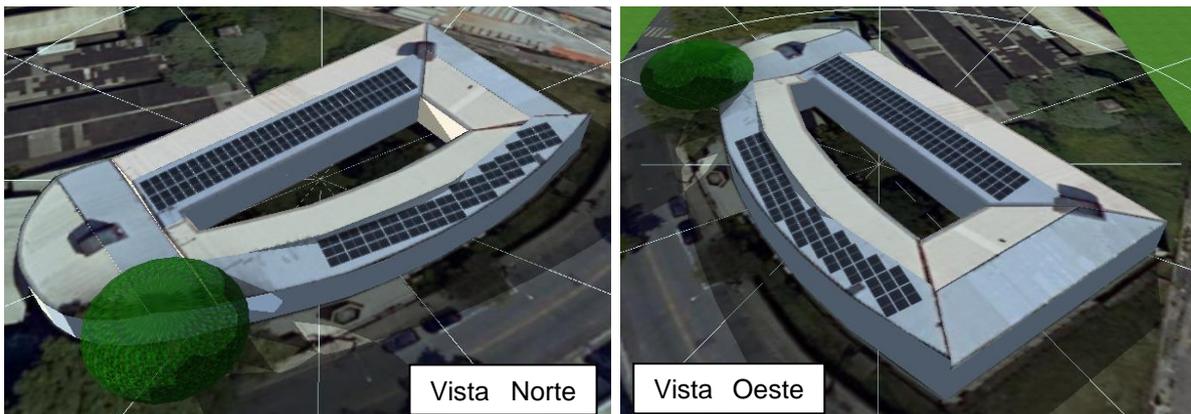


Figura 5. Vistas gerais (de acordo com a orientação) do projeto do Sistema fotovoltaico da ETEC de Guaianazes. Fonte: PV*SOL premium - Os resultados foram determinados com base em um modelo de cálculo matemático da Valentin Software GmbH (algoritmos PV*SOL).

4.7. *Payback* - Retorno de um investimento em energia solar

O *payback* é o período necessário para que o custo de instalação e de aquisição dos equipamentos se pague e, a partir de então, comece a “gerar lucro”. Esse cálculo deve levar em consideração o investimento total realizado e a geração média mensal do sistema fotovoltaico. Segundo análises da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar, 2022), o tempo de retorno de um sistema residencial de geração distribuída está estimado em até quatro anos.

Dados necessários para realização do cálculo de <i>Payback</i>		
Valor do kWh em São Paulo		R\$ 0,86
Custo do Sistema	Módulos	R\$ 1.030,00 unid (Fonte: energiatotal, 2022)
	Inversor	R\$ 34.748,80 unid (Fonte: Ourolux Solar, 2022)
	Materiais diversos	R\$ 50.000,00 (Fonte: energiatotal, 2022)
	Mão de Obra	R\$ 20.000,00 (Fonte: ContrataSol, 2022)
Média mensal de geração		7051,98 kWh

$$\text{Payback} = \frac{\text{Custo do Sistema}}{\text{Média de geração (kWh)} \times \text{quantidade de meses} \times \text{valor do kWh}}$$

$$\text{Payback} = \frac{213.928,80}{7051,98 \times 12 \times 0,86} \quad \text{Payback} = \frac{213.928,80}{72.776,43} \quad \text{Payback} = 2,93 \text{ anos}$$

O resultado desse cálculo é a quantidade de anos em que o sistema vai levar para “se pagar”. O sistema fotovoltaico da ETEC de Guaianazes levaria aproximadamente três anos para começar a render lucros.

5. Considerações Finais

A energia fotovoltaica é aquela na qual a irradiação solar é transformada diretamente em energia elétrica. Grande maioria das instituições de ensino pública do Brasil, através de subsídios dos governos nos âmbitos federal, estadual e municipal, poderia instalar e utilizar os painéis fotovoltaicos em suas instalações.

Para tornar esse cenário realidade são necessários investimentos em infraestrutura, políticas públicas, tecnologias, eficiência energética e principalmente em educação.

Visamos com este trabalho estudar a tecnologia elétrica fotovoltaica, para desenvolver o projeto de instalação dos painéis fotovoltaicos na ETEC de Guaianazes, assim como resultados obtivemos um sistema com Desempenho de 84,72%, ocupando uma área de 273,9 m², contando com 106 módulos de 545Wp da fabricante JA Solar que é uma das líderes e maiores fabricantes de módulos fotovoltaicos do mundo, obtivemos um custo de R\$ 213.928,80 com a implantação do sistema, e levando em consideração que o sistema terá uma vida útil de, no mínimo, 25 anos, com o payback foi possível verificar que teríamos aproximadamente 22 anos de lucro com o sistema de energia solar. Portanto, com este projeto podemos exemplificar que é possível otimizar os custos de energia, tornar a unidade escolar uma referência pelo uso de fatores renováveis, promover o conhecimento sustentável aos alunos e obter maior visibilidade frente a comunidade externa.

REFERÊNCIAS

Brasil, Salomao Henrique de Andrade e Silva. Utilização da energia solar como forma de diminuição do consumo de energia elétrica nas escolas da rede municipal de ensino de Belo Horizonte. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9B7JKF>>. Acesso em: 12 de abril de 2022.

BEZERRA, Francisco Diniz. Energia Solar. Disponível em: <<https://198.17.121.65/s482-dspace/handle/123456789/834>>. Acesso em: 17 de setembro de 2022.

Blue-sol. Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: <<chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>>. Acesso em: 17 de setembro de 2022.

CRESESB. IRRADIAÇÃO SOLAR SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 17 de setembro de 2022.

DIAMANTE, Luiz André. Estudo sobre a implementação de placas fotovoltaicas. 27f. 2020. Unicesumar - Universidade Cesumar: Maringá 2020. Disponível em: <<https://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/7567>>. Acesso em: 24 de abril de 2022.

GALVISTEEL. Telha Metálica Trapezoidal. Disponível em: <<https://www.galvisteel.com.br/telha-metalica-trapezoidal>>. Acesso em: 17 de setembro de 2022.

Governo do Brasil. Energia renovável chega a quase 50% da matriz energética brasileira. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/08/energia-renovavel-chega-a-quase-50-da-matriz-eletrica-brasileira-1>>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

Haas, Alessandra; Rohr, Franciele; Santos, Ísis Portlan dos. ESTUDO PARA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA APLICADA A ESCOLAS MUNICIPAIS NA CIDADE DE CRUZ ALTA-RS. Disponível em: <<https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/13>>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

Inversor PHB50K-MT. Disponível em: <https://www.energiasolarphb.com.br/produto/inversor-phb50k-mt/?gclid=Cj0KCQjwqoibBhDUARIsAH2OpWhWhR1mNEkfYz0Dmb4hsRM0noTrRQ7313V8W1To5ffKn8DqLfZiDdAaAmhkEALw_wcB>. Acesso em: 02 de novembro de 2022.

Magna, G. A. M., Oliveira, J. R. G. da S., Copello, R., & Stolze, V. (2020). Projeto Sinergia Solar: o poder transformador do sol. *Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)*, 15(1), 415–430. Disponível em: <<https://doi.org/10.34024/revbea.2020.v15.6838>>. Acesso em: 29 de abril de 2022.

MARTINI, Laís Ehlert; FERREIRA, Charles de Almeida; e, SANTOS, Ísis Portolan dos. ANÁLISE COMPARATIVA DE PERFORMANCE ENTREUMSISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE UMA EDIFICAÇÃOESCOLAREDE UMA RESIDÊNCIA. <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1/1>>. Acesso em: 17 de setembro de 2022.

Prefeitura de Imperatriz - MARANHÃO). Escolas municipais recebem Sistema de Energia Solar. Disponível em: <<https://imperatriz.ma.gov.br/noticias/fundeffundeb/prefeito-assina-ordem-de-servico-para-implantacao-de-sistema-de-energia-solar.html>>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

Silva, H. M. F. da ., & Araújo, F. J. C. . ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. *Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação*, 8(3), 859–869. Disponível em: <<https://doi.org/10.51891/rease.v8i3.4654>>. Acesso em: 13 de abril de 2022.

Soares, Nathan Heleno Gomes da Silva; Araújo, Eugênia Cornils Monteiro. DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE PARA APROVEITO DE ENERGIA SOLAR NUMA ESCOLA PÚBLICA DE BRASÍLIA. Disponível em: <<https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/pic/article/view/5498>>. Acesso em: 15 de abril de 2022.

MATTEDE, Henrique. Ligação em série ou ligação em paralelo? Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/ligacao-em-serie-ou-ligacao-em-paralelo/>>. Acesso em: 17 de setembro de 2022.

Módulo JA SOLAR JAM72S30-550/MR. Disponível em: <https://www.energiasolarphb.com.br/produto/modulo-ja-solar-jam72s30-550-mr/?gclid=Cj0KCQjwqoibBhDUARIsAH2OpWgDXFbg4vICTCzcshmv-Ewj-rBtE3Hbx1bVtML1PXJnjyUyBjiJ80UaAlksEALw_wcBhttps://www.energiasolarphb.com.br/produto/modulo-ja-solar-jam72s30-550-mr/?gclid=Cj0KCQjwqoibBhDUARIsAH2OpWgDXFbg4vICTCzcshmv-Ewj-rBtE3Hbx1bVtML1PXJnjyUyBjiJ80UaAlksEALw_wcB>. Acesso em: 02 de novembro de 2022.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica. Porto: Publindústria, 2011.

VILLALVA, M.; GAZOLI, J. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. São Paulo: Erica, 2012.

ANEXOS

Datasheet Módulos Fotovoltaicos



Harvest the Sunshine

DEEP BLUE 3.0

Mono

550W MBB Half-cell Module
JAM72S30 525-550/MR/1500V Series

Introduction

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

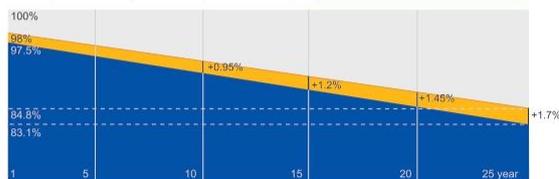


Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems



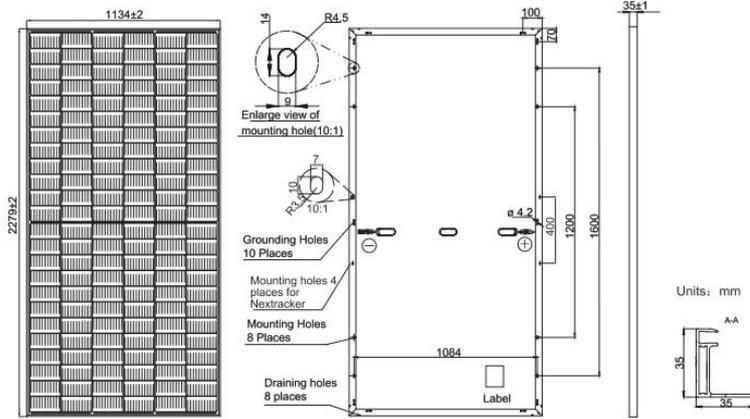
JA SOLAR

www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests.
JA Solar reserves the right of final interpretation.
Shanghai JA Solar Technology Co., Ltd.



MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	28.6kg±3%
Dimensions	2279±2mm×1134±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144(6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	Genuine MC4-EVO2 QC 4.10-35/45
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)
Country of Manufacturer	China/Vietnam

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S30 -525/MR/1500V	JAM72S30 -530/MR/1500V	JAM72S30 -535/MR/1500V	JAM72S30 -540/MR/1500V	JAM72S30 -545/MR/1500V	JAM72S30 -550/MR/1500V
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.15	49.30	49.45	49.60	49.75	49.90
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.15	41.31	41.47	41.64	41.80	41.96
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					

STC Irradiance 1000W/m², cell temperature 25°C, AM1.5G

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types. Measurement tolerance at STC: Pmax ±3%, Voc ±3% and Isc ±4%.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAM72S30-525 /MR/1500V	JAM72S30-530 /MR/1500V	JAM72S30-535 /MR/1500V	JAM72S30-540 /MR/1500V	JAM72S30-545 /MR/1500V	JAM72S30-550 /MR/1500V
Rated Max Power(Pmax) [W]	397	401	405	408	412	416
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.05	46.18	46.31	46.43	46.55	46.68
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.36	38.57	38.78	38.99	39.20	39.43
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.97	11.01	11.05	11.09	11.13	11.17
Max Power Current(Imp) [A]	10.35	10.39	10.43	10.47	10.51	10.55

NOCT Irradiance 800W/m², ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G

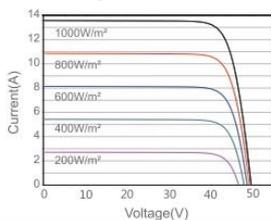
*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 2000Pa while Maximum Static Load, Back is 2000Pa.

OPERATING CONDITIONS

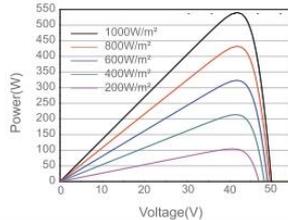
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load, Front*	3600Pa, 1.5
Maximum Static Load, Back*	1600Pa, 1.5
NOCT	45±2°C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

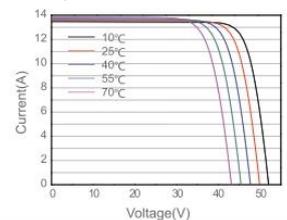
Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR/1500V



Power-Voltage Curve JAM72S30-540/MR/1500V



Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR/1500V



INVERSOR SOLAR FOTOVOLTAICO TRIFÁSICO PHB

50kW (220/127V)

75kW (380/220V)

85kW (380/220V)



Adequado para sistemas comerciais e industriais. Possui design moderno e inovador que facilita o manuseio e instalação.

PHB50K-MT INVERSOR FOTOVOLTAICO

PHB75K-MT INVERSOR FOTOVOLTAICO

PHB85K-MT INVERSOR FOTOVOLTAICO

Atende as Normas: ABNT NBR 16149; ABNT NBR 16150; ABNT NBR IEC 62116.

Possui a garantia de 7 anos* para defeito de fabricação. (consulte o termo de garantia).

String Box integrada, reduzindo tempo e área de instalação.

Configuração de saída permite conexão com a rede usando 3 Fases + Neutro ou 3 Fases. Redução de custo do sistema com a eliminação do neutro.

**Válido para aquisição a partir de julho de 2021.*

EXCELENTE DESEMPENHO

- ✓ Eficiência Máxima de até 98,8%
- ✓ Eficiência do MPPT > 99,9%
- ✓ THDi menor que 3%
- ✓ Tensão de partida 200V
- ✓ 4X MPPT

ALTA SEGURANÇA

- ✓ IP65 anti-poeira e à prova d'água
 - ✓ Atende as normas brasileiras
 - ✓ Atende as tensões módulo 8 PRODIST
 - ✓ Registro do Inmetro
- PHB50K-MT - 001666/2020
PHB75K-MT - 001365/2020
PHB85K-MT - 001665/2020

PROJETO ORIENTADO PARA O CLIENTE

- ✓ Aplicativo para monitoramento local
- ✓ Fácil e rápida instalação
- ✓ Peso 70 kg
- ✓ Adequado para instalações, comerciais e industriais
- ✓ Interface de comunicação: RS485, USB e WI-FI
- ✓ String Box Integrada
- ✓ Saída configurável: (3F+N) ou (3F)



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br



Dados técnicos

A PHB Solar mantém uma estrutura de equipamentos calibrados, "setups" de testes e técnicos treinados, para proporcionar aos seus clientes um rápido serviço de reparo.

Dados da Entrada CC			
Modelos	PHB50K-MT	PHB75K-MT	PHB85K-MT
Max. Tensão CC [V]	800	1100	1100
Faixa de Operação SPMP [V]	200~650	200~1000	200~1000
Tensão CC de Partida [V]	200	200	200
Corrente CC Máxima [A]	44/44/44/44	44/44/44/44	44/44/44/44
Número de Strings / MPPT	16/4	16/4	16/4
Conector CC	MC4		
String Box Integrada	Interruptor/ Seccionador CC (IEC60947-1 e IEC60947-3) DPS CC classe II (EN50539-11), Fusível gPV 15A		
Dados da Saída CA			
Potência CA Nominal [W]	50000@220V	75000@380V	85000@380V 95000@415V
Max. Corrente CA [A]	133		
Saída Nominal CA	220/127Vca; 60Hz	380/220Vca; 60Hz	
Faixa de Operação CA	101,6~139,7Vca; 57,5~62Hz	176~242Vca; 57,5~62Hz	
THD	<3%		
Fator de Potência	Unitário (0.8 Capacitivo. / 0.8 Indutivo)		
Conexão CA	Trifásico (3F+N+T) ou (3F+T)		
Eficiência			
Max. Eficiência	98,8%		
Eficiência SPMP	>99,9%		
Segurança do Equipamento			
Monitoramento de corrente de fuga	Integrado		
Proteção Anti-ilhamento	AFD		
Monitoramento de Rede	VDE-AR-N 4105, VDE 0126-1-1/A1, RD1699, G59/2, AS4777.2/3		
NBR (Normas Brasileiras)	ABNT NBR 16149, 16150 e ABNT NBR IEC 62116		
Normas de Referência			
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2 EN 61000-6-3, EN 61000-6-4		
Segurança	IEC 62109-1, AS3100		
Dados Gerais			
Dimensões (L*A*P) [mm]	586*788*267		
Peso Líquido [kg]	70		
Ambiente de Operação	Interno ou Externo		
Montagem	Fixado na parede		
Temperatura de Operação	-30~60°C		
Umidade relativa	0~100%		
Altitude [m]	<4000m		
Grau de Proteção IP	IP65		
Topologia	Sem Transformador		
Ventilação	Ventilação Forçada		
Display	Aplicativo para monitoramento local		
Comunicação	USB/ RS485/ Wi-Fi		
Cor	Vermelho		
Garantia [anos]	7/10/15/20/25 (opcional)		



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br

