

## **GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA COMPARTILHADA: ESTUDO DE CASO NO 19º BATALHÃO E OUTRA UNIDADE DA PMMG EM TEÓFILO OTONI/MG**

Holnem Leite Fernandes<sup>1</sup>

Sirani Rodrigues de Oliveira<sup>2</sup>

Daniel Pereira da Silva<sup>3</sup>

Luis Gustavo Schroder e Braga<sup>4</sup>

### **RESUMO**

A energia renovável é menos poluente e a cada dia se torna mais necessária em nosso país e também no mundo, uma vez que o nosso planeta necessita de uma mudança o quanto antes para que o futuro energético seja mais eficiente e sustentável. Esta pesquisa teve como principal objetivo demonstrar a viabilidade técnica e também econômica com o intuito de diminuir os gastos para os cofres públicos, neste sentido será realizada a verificação da possibilidade da expansão da usina Fotovoltaica já instalada no 19º batalhão da Polícia Militar de Teófilo Otoni para suprir também as necessidades de energia elétrica da unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM). As formas utilizadas para esta pesquisa foram bibliográficas e também in loco, proporcionando meios para entendimentos do problema, para as análises das contas de energia elétrica das duas unidades e também do sistema fotovoltaico já existente no 19º batalhão da Polícia Militar de Teófilo Otoni. Quanto à abordagem da pesquisa foram qualitativas e quantitativas, que permitiram entender as necessidades e também os desafios para a solução propostas do referido problema. Concluiu-se então que a possível expansão da usina fotovoltaica já instalada nas dependências do 19º batalhão da Polícia Militar de Teófilo Otoni em compartilhamento com a unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM) da energia gerada, apresenta a possibilidade de redução nos custos de energia utilizada pelas duas unidades, contribuindo assim para uma relevante economia na despesa de energia elétrica para Estado de Minas Gerais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema fotovoltaico. energia renovável. viabilidade técnica e econômica. energia compartilhada, polícia militar.

---

<sup>1</sup> Rede de Ensino Doctum – Unidade Teófilo Otoni, MG - aluno.holnem.fernandes@doctum.edu.br - Graduando em Engenharia Elétrica

<sup>2</sup> Rede de Ensino Doctum - Unidade Teófilo Otoni, MG - aluno.sirani.oliveira@doctum.edu.br - Graduando em Engenharia Elétrica

<sup>3</sup> Rede de Ensino Doctum – Unidade Teófilo Otoni, MG - aluno.daniel.silva3@doctum.edu.br - Graduando em Engenharia Elétrica

<sup>4</sup> Rede de Ensino Doctum – Unidade Teófilo Otoni, MG - luis.braga@doctum.edu.br - Orientador.

## ABSTRACT

Renewable energy is less polluting and every day it becomes more necessary in our country and also in the world, since our planet needs a change as soon as possible so that the energy future is more efficient and sustainable. This research had as its main objective to demonstrate the technical and also economic viability with the aim of reducing expenses for public coffers, in this sense the possibility of expanding the Photovoltaic plant already installed in the 19th battalion of the Military Police of Teófilo Otoni to also supply the electrical energy needs of the unit of the Fifteenth Military Police Region (15 RPM). The forms used for this research were bibliographic and also on-site, providing means for understanding the problem, for analyzing the electricity bills of the two units and also of the photovoltaic system already existing in the 19th battalion of the Military Police of Teófilo Otoni. As for the research approach, they were qualitative and quantitative, which allowed understanding the needs and also the challenges for the proposed solution to the aforementioned problem. It was then concluded that the possible expansion of the photovoltaic plant already installed on the premises of the 19th battalion of the Military Police of Teófilo Otoni in sharing with the unit of the Fifteenth Region of the Military Police (15 RPM) of the energy generated, presents the possibility of reducing costs of energy used by the two units, thus contributing to significant savings in electricity expenses for the State of Minas Gerais.

**KEYWORDS:** photovoltaic system. renewable energy. technical and economic viability. shared energy. military police.

## 1- Introdução

O planejamento e gestão da energia elétrica produzida são fundamentais para a redução dos custos no cotidiano das corporações que operam por períodos de 24 horas ininterruptas de consumo energético para manter suas atividades.

Nos últimos anos, o mundo tem testemunhado um interesse crescente na expansão da geração de energia solar como uma alternativa promissora às fontes tradicionais de energia. Esta mudança para a energia solar não é apenas impulsionada por preocupações ambientais, mas também por vantagens financeiras significativas. À medida que os custos de instalação e manutenção de sistemas solares diminuem, torna-se cada vez mais evidente que a expansão da energia solar oferece benefícios financeiros substanciais em comparação com a instalação de novas usinas de energia solar ou convencionais.

Gerada sem emitir poluentes, a energia limpa produz mínimo impacto ambiental, sendo classificada como qualquer energia renovável. A energia limpa e acessível vem ocupando um maior espaço na sociedade, sendo oferecida a preços cada vez mais atrativos, contribuindo para a sustentabilidade e a economia.

Com o constante desenvolvimento das tecnologias e o consumo elevado de energia elétrica, tornou-se indispensável em nosso cotidiano o aumento dessa demanda por energia, porém, devido à possível crise hídrica, houve a necessidade de diversificação de fontes de energia renováveis, que ganharam bastante força no cenário Brasileiro.

O projeto de lei 318/24 da Câmara dos deputados Federal determina que pelo menos 80% da energia usada por órgãos federais devem ser provenientes da energia solar, neste sentido haverá investimento na geração própria nas modalidades de micro e minigeração distribuída.

De acordo com o autor da proposta, o deputado Ricardo Ayres, “a medida será também vantajosa para as contas públicas, pois ocasionará a redução das despesas da União com a energia elétrica”.

Nesta perspectiva, exploraremos as vantagens financeiras que a expansão da geração de energia solar da usina instalada na sede do Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (19° BPM) em detrimento a instalação de novas usinas, desde a redução dos custos operacionais até a criação de novas oportunidades de investimento em outras áreas peculiares.

De fato, o Brasil é um grande privilegiado para a produção de energia fotovoltaica, pois a maior parte do seu território encontra-se entre duas das principais linhas imaginárias, equador e trópico de capricórnio, onde possuem uma alta incidência energética, mas mesmo assim outros países como a Alemanha, por exemplo, que possui metade desta incidência, consegue estar entre os países que mais produzem energia fotovoltaica no mundo.

Neste sentido, existe a necessidade de maior investimento por parte do governo Federal em incentivos fiscais para que empresas possam investir juntamente com os governos estaduais e municipais na criação de grandes áreas de placas fotovoltaicas para maior diversificação da matriz energética nacional, que atualmente está totalmente dependente da energia gerada através das grandes hidrelétricas.

## **2- Objeto do estudo**

Este trabalho tem como objetivo analisar e demonstrar as vantagens e/ou desvantagens quanto ao aumento da energia gerada por uma usina já instalada no 19° BPM de maneira a servir a unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar

(15 RPM), todas instaladas na cidade de Teófilo Otoni – MG, visando a redução do gasto financeiro no consumo da energia elétrica, visto que o ensejo é a busca constante por economia nos órgãos públicos.

Neste sentido serão analisadas as médias das contas dos últimos 13 (treze) meses de energia elétrica consumidas pelos dois locais e os orçamentos do aumento da capacidade da usina já instalada no Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (19º BPM) que irá suprir também a unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM).

O critério utilizado para definir se há vantagens ou desvantagens, serão as análises do custo benefício com o gasto para expandir a usina já existente e o retorno do investimento, juntamente com a economia de energia gerada pela usina, a energia consumida pela fonte tradicional e o impacto ambiental produzindo pelo aumento da usina nas dependências do 19º batalhão de Polícia Militar de Minas gerais.

### **3- Hipótese**

A usina fotovoltaica já existente no 19º Batalhão da Polícia Militar de Teófilo Otoni usada especificamente no abatimento da fatura de energia do próprio Batalhão, bem como compartilhamento da energia gerada com a unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM), todas instaladas na cidade de Teófilo Otoni – MG.

Para a implantação deste plano é necessário a verificação da viabilidade técnica e econômica com os custos do acréscimo da usina existente.

Neste sentido será calculada a média do consumo de energia elétrica do 19º Batalhão e da unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM) no período de 13 meses para verificar a potência e quantidades de painéis necessários para que seja orçado por empresa especializada o valor total do empreendimento.

### **4- Objetivos:**

#### **4.1- Objetivos Gerais**

Fazer uma análise da viabilidade econômica e técnica da usina fotovoltaica a ser instalada no 19º Batalhão da Polícia Militar de Teófilo Otoni através da geração compartilhada com a unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM), a partir de estudos de faturas mensais, orçamento com empresas especializadas no



setor de energia fotovoltaica com análises dos dados qualitativos e quantitativos e a análise da quantidade de energia consumida por cada uma das unidades acima citadas com possibilidade de acréscimo da usina já existente gerando economia para o órgão Polícia Militar e consequentemente para o Estado de Minas Gerais.

#### **4.2- Objetivos específicos**

- Analisar e comparar os gastos de energia convencional das duas unidades atualmente, os gastos com a ampliação da usina fotovoltaica no 19º Batalhão de Polícia Militar e o tempo de retorno do recurso investido.
- Analisar potência da usina instalada no 19º Batalhão de Polícia Militar.
- Verificar a possibilidade técnica/econômica e normativa de compartilhamentos entre as unidades integrantes da Polícia Militar de Minas gerais

#### **5- Justificativa**

Este trabalho apresenta-se em um momento importante do cenário brasileiro e mundial sobre o tema economia energética e uso de outras fontes renováveis de energia em que buscam associar o aumento do uso da energia com o impacto ambiental produzida pelas fontes de energias mais utilizadas como, por exemplo, o combustível fóssil.

Desta forma, existem diversos estudos no mundo sobre o desenvolvimento sustentável de energia verde, que está em constante ascendência.

Com a energia Fotovoltaica gerada no 19º Batalhão da Polícia Militar de Teófilo Otoni, foi possível pesquisar a possibilidade de economia de energia elétrica para o Estado de Minas Gerias com o compartilhamento de energia fotovoltaica gerada no Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar (19º BPM) em Teófilo Otoni com a unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15ª RPM), todas instaladas na cidade de Teófilo Otoni – MG.

Neste sentido pode-se comparar os custos da implantação da usina Fotovoltaicas no 19º batalhão da Polícia Militar de Teófilo Otoni com o compartilhamento com a unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15ª RPM) e o retorno financeiro, com o custo da energia tradicional utilizada pelas duas unidades no período.

Com a possibilidade desta possível economia aos cofres públicos dos gastos com energia elétrica, que conta com uma média mensal de consumo de energia nas

duas unidades em aproximadamente 21.075 kWh, e diante deste fato, se verifica a importância de estudos nestas áreas básicas de consumos realizadas pelo Estado, uma vez que sem essa fonte básica de energia elétrica, não há possibilidade do trabalho efetivo dos órgãos, como por exemplo, neste estudo de caso, da atuação da Polícia Militar de Minas Gerais.

## **6- Referencial teórico**

Neste capítulo serão abordados os tópicos necessários para entendimento dos assuntos ao longo do trabalho.

Segundo Lozada e Nunes (2019, p. 158) “o referencial teórico de uma pesquisa é a reunião de ideias de vários autores sobre o assunto pesquisado. Ele serve de embasamento para o desenvolvimento da pesquisa.”,

### **6.1- Energia Solar**

De acordo com Santos (2013, p 104) “a energia solar tem origem no núcleo do Sol através de reações de fusão nuclear que liberam uma enorme quantidade de energia”.

Segundo o Portal Solar (2024), resumidamente podemos conceituar a energia solar como sendo a energia derivada da luz e do calor do Sol, sendo uma fonte alternativa e sustentável. Pode ser utilizada para a geração de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos e heliotérmicos, assim como para o aquecimento de água utilizando aquecedores solares térmicos.

De acordo com Henrichs e Kleinbach (2014, p. 196), “a energia solar radiante é utilizada para o aquecimento de edificações, de água para consumo residencial e para a produção de eletricidade por meio de células solares e geradores de calor”.

Conforme Jr e Reis (2016), existem diversas discussões referente ao aumento da produção de fontes renováveis, pois há muita preocupação com uso da energia proveniente dos recursos fósseis, que está relacionada com o aquecimento da terra e das mudanças no clima do mundo.

Observa-se que a energia fornecida pelo sol é abundante e disponível em nosso planeta, portanto importante fonte de energia renovável, e que com o passar do tempo outras tecnologias surgirão para uso mais eficaz desta fonte de energia inesgotável.

## **6.2 - Energia Solar no mundo**

Segundo Henrichs e Kleinbach (2014, p. 492), “a penetração da energia FV no mercado global será basicamente determinada por decisões políticas e econômicas”.

De acordo com o Portal Solar (2024), em pesquisa realizada pelas universidades de Exeter e universidade de Londres, antes de 2050, a energia solar será a fonte mais importante, sendo a fotovoltaica a mais utilizada, mesmo sem incentivo por parte das políticas climáticas.

Sabe-se que os efeitos danosos à natureza influenciam nas decisões políticas e econômicas ao redor do mundo, pois a expansão da energia solar em nível global tem aumentado de forma contínua, impulsionada pela crescente preocupação com os impactos ambientais associados à geração de energia a partir de fontes poluentes, como o carvão e outros combustíveis fósseis.

Neste sentido Jr e Reis (2016), intensifica dizendo que devemos utilizar os recursos naturais com sustentabilidade suprimindo as necessidades atuais, mas sem comprometer as gerações vindouras.

No entender de Henrichs e Kleinbach (2014), prejuízos ambientais como o derramamento de petróleo no golfo são mais que justificativas para que o uso das fontes renováveis seja intensificado.

Diante dos fatos, entende-se a importância da energia proveniente do Sol para transformação em energia elétrica, devidos aos diversos problemas naturais causados pela extração e transformação das fontes tradicionais.

## **6.3 - Energia Solar no Brasil**

Conforme o Portal Solar (2024), o Brasil desfruta de altos níveis de insolação e reservas de quartzo de alta qualidade, ideais para a geração de energia solar, o Nordeste, especialmente o Vale do São Francisco, destaca-se por apresentar elevados índices de irradiação solar global, sendo a região com a maior média anual no país.

Além disso, Vian (2021) acrescenta que, dentre os diversos benefícios da energia solar, destacam-se seu menor impacto ambiental, sua utilização de várias formas, com facilidades de construção e operação, destacando o fato de ser uma fonte de energia renovável e alternativa, limpa (sem emissões), amplamente disponível em todo o mundo, especialmente em países tropicais, como o Brasil,

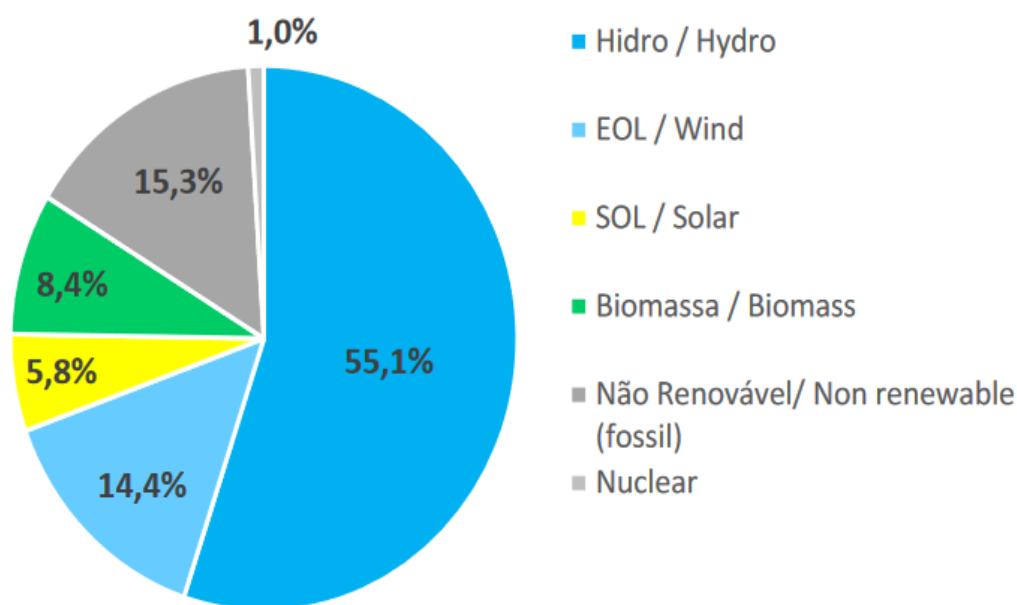
podendo ser utilizada em regiões isoladas que não têm acesso à rede; sendo ainda uma fonte gratuita, considerada hoje a energia mais barata de produzir e possuir em suas tecnologias, painéis solares com longa vida útil com baixa manutenção.

Além do mais, o Brasil é um país privilegiado com incidência solar, sendo a mesma uma energia renovável e de baixo impacto ambiental, a sua expansão e crescimento será inevitável, mas necessita de constantes incentivos por parte dos governos Federais, Estaduais e Municipais

Portanto, segundo Jr e Reis (2016), precisa existir uma política nacional de energia a longo prazo que atue de forma a enfrentar a questão energética com enfoque na sustentabilidade, juntamente com a situação atual do país.

Por fim o Estado tem o dever de fornecer à população energia elétrica por ser um serviço essencial, neste sentido a população que reside em regiões onde não existem fornecimento de eletricidade, com a produção nacional dos sistemas solares fotovoltaicos haverá redução nos custos, facilitando a expansão deste tipo de fonte de energia (CGEC, 2010)

**Gráfico 01** – Participação das fontes na capacidade instalada



**Fonte:** EPE – Balanço energético nacional – ano base 2023

O gráfico 01 nos mostra que apesar da energia não renovável encontrar-se superior à energia solar, o gráfico também nos mostra que as energias renováveis juntas à ultrapassam.

Conforme o EPE (2024), “em 2023, a micro e minigeração distribuída atingiu 30.950GWh com a potência instalada de 26.918 MW, em destaque para a fonte solar fotovoltaica, com 29.813 GWh e 26.366MW de geração de potência instalada”.

#### **6.4 - Radiações Solares**

De acordo com Vian (2021, p.14) “no interior do sol ocorrem reações nucleares que dão lugar a emissões para todo o sistema solar, designada por energia solar”.

Conforme Balfour (2016, p. 28) “insolação é um indicador dessa energia que alcança determinada área da terra durante um período de tempo determinado.”

Segundo o Portal Solar (2024), os continentes asiáticos e africano são os que mais aproveitam a radiação solar com um potencial de 1424 e 2003 kWh/kWp conforme dados do Global Solar Atlas.

O Brasil na maioria das regiões é propício a esta energia renovável, pois o sol prevalece na maioria dos meses do ano, diante desses aspectos estão havendo os crescimentos dos parques fotovoltaicos.

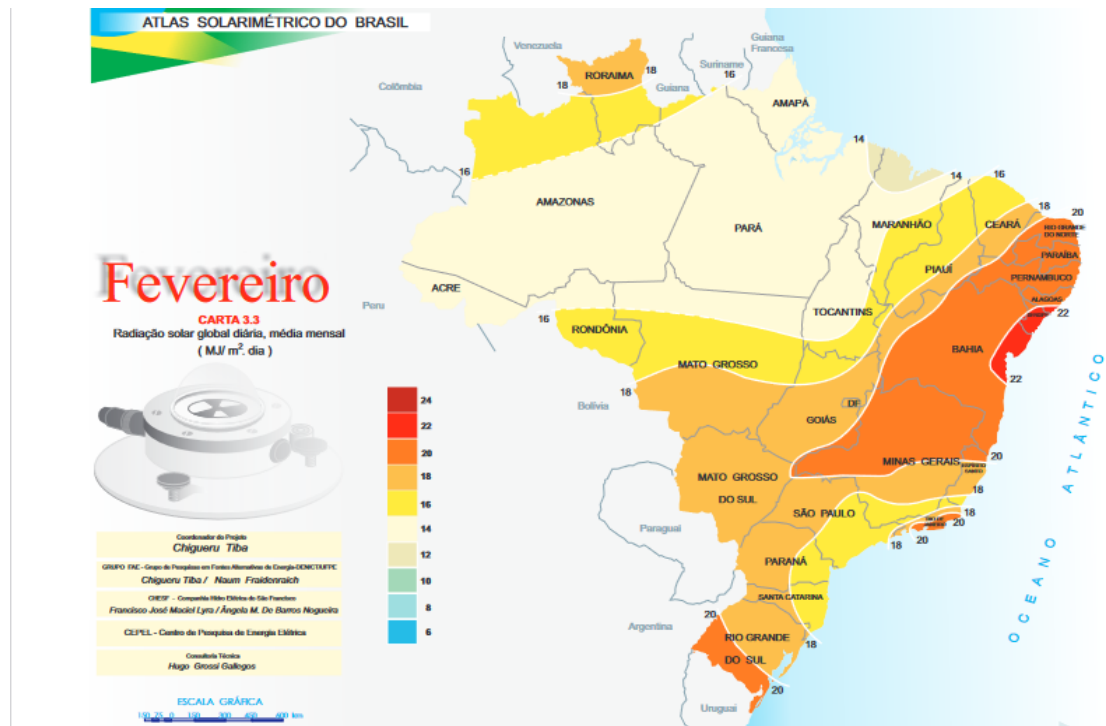
De acordo com Hinrichs e Kleinbach (2014, p. 200), “aproximadamente 19%da radiação recebida pela atmosfera do planeta são absorvidos pelas nuvens e por outros gases, e 31% são refletidos de volta para o espaço pelas nuvens e pela atmosfera”.

Santos (2013, p.104), explica que “o conhecimento dos fundamentos da radiação solar e suas características espectrais são fundamentais para a escolha dos materiais mais adequados para a fabricação dos coletores.”

Existem quatro fatores essenciais pra garantir a insolação, como a constante solar, a elevação do sol no céu, a quantidade de radiação refletida de volta a terra e por último a quantidade de radiação absorvida pela atmosfera e refletida pelo limite inferior da terra. Balfour (2016).

Neste sentido entende-se da importância do conhecimento da radiação solar na região onde serão desenvolvidos os projetos provenientes da captação solar para o maior aproveitamento da geração de energia elétrica, assim tornado o projeto mais eficiente.

**Figura 01:** Radiação Solar diária, média mensal.



**Fonte:** Atlas Solarimétrico do Brasil

A figura 01 nos mostra claramente onde incide as maiores radiações solares no Brasil, grande parte de Minas gerais, uma parte região no Rio Grande do Sul e em quase todo o Nordeste do Brasil.

## 6.5 - Normatizações para Mini e Micro Geração

De acordo com Vian com referente as micro e mini geração:

A penetração intensiva de micro e mini centrais fotovoltaicas integradas nas redes de distribuição inauguram uma nova era para esses sistemas, com a possibilidade de modular a carga com a geração autodespachada, com a presença de fluxos inversos no sentido carga-fonte, a requerer apurado sistema de controle de tensão e de reativos. (Vian, p.13)

A Resolução Normativa ANEEL 1059/2023 que revoga a Resolução nº 687 de 24/11/20115, faz diferença entre microgeração e minigeração conforme a potência elétrica.

Assim, a minigeração distribuída é definida como:

Central geradora de energia elétrica que utilize fontes renováveis ou, conforme Resolução Normativa nº 1031, de 26 de julho de 2022, de cogeração qualificada, conectada à rede de distribuição de energia elétrica por meio de unidade consumidora, da qual é considerada parte, que possua potência instalada em corrente alternada maior que 75 kW e menor ou igual a : a)5MW para centrais geradoras de fontes despacháveis; b)3 MW para as demais fontes não enquadradas como centrais geradoras de fontes despacháveis ; e ou c) 5 MW para as unidade consumidoras já conectadas em 7 de janeiro de 2022 ou que protocolarem solicitação de orçamento de conexão, nos termos da Seção IX do capítulo II do título I, até 7 de janeiro de 2023, independentemente do enquadramento como centrais geradoras de fontes despacháveis. (Aneel, p.34)

Já a microgeração distribuída definida como:

Central geradora de energia elétrica que utilize fontes renováveis ou, conforme Resolução Normativa nº 1031, de 26 de julho de 2022, de cogeração qualificada, conectada à rede de distribuição de energia elétrica por meio de unidade consumidora, da qual é considerada parte, que possua potência instalada em corrente alternada maior que 75 kW. (Aneel, p. 34)

As normas citadas criam as condições para que as minis e micros gerações distribuídas se conectem aos sistemas de distribuições de energia elétrica já existente em que os consumidores que geram suas próprias energias possam enviar o que excedem do seu consumo à rede da concessionária para usa-la posteriormente (ANEEL, 2024).

Tabela 01: Capacidade Instalada de Mini e Micro geração Distribuída por região

REGIÃO	%												REGION
	HIDRO HYDRO			TERMO THERMAL			EÓLICA WIND			SOLAR SOLAR			TOTAL TOTAL
	SP	APE	TOTAL	SP	APE	TOTAL	SP	APE	TOTAL	SP	APE	TOTAL	
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL
NORTE	0,0	0,0	0,0	1,9	1,9	1,9	0,1	0,1	0,1	7	7	7	6,7 NORTH
NORDESTE	0,4	0,4	0,4	8,8	8,8	8,8	96,4	96,4	96,4	19,7	19,7	19,7	19,6 19,6NORTHEAST
SUDESTE	72,3	72,3	72,3	39,3	39,3	39,3	1,2	1,2	1,2	33,0	33,0	33,0	33,1 33,1SOUTHEAST
SUL	14,7	14,7	14,7	28,5	28,5	28,5	2,3	2,3	2,3	25,2	25,2	25,2	25,1 25,1SOUTH
CENTRO-OESTE	12,7	12,7	12,7	21,5	21,5	21,5	0,0	0,0	0,0	15	15	15	15,4 15,4CENTER-WEST

Fonte: EPE (2024) – Balanço Energético Nacional

A tabela 01 nos mostra a participação de cada região do Brasil na capacidade de carga instalada das Mini e Micro geração distribuída, podemos notar a energia solar em alta em todas as regiões do país, especialmente na região Norte no Brasil.

## **6.6 - Sistema Solar Fotovoltaico**

De acordo com Balfour (2016, p. 01), “energia fotovoltaica é a ciência que usa a energia do sol para produzir eletricidade”.

Conforme Henrichs e Kleinbach (2014), a explicação de Einstein para este fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico, em que a luz atinge alguns tipos de metais e emitem elétrons, é que a luz se comporta mais como partícula do que como onda.

Santos (2024), informa que os módulos fotovoltaicos absorvem a radiação solar funcionando como coletores e através do efeito fotovoltaico transformam a radiação solar diretamente em energia elétrica.

O Portal Solar (2024), acrescenta que na energia solar fotovoltaica, quando os fótons da luz solar atingem os painéis solares, uma corrente elétrica é gerada, essa corrente pode ser direcionada e utilizada para alimentar residências, empresas e indústrias, tanto em áreas urbanas quanto rurais.

A energia fotovoltaica tem vantagens importantes sobre as outras fontes de energia, como inexistência de partes girantes, ausência de inércia e auto despacho em períodos previsíveis, com possíveis intermitências provocadas por sombreamento de nuvens (Vian, 2021).

O sistema fotovoltaico será precisamente construído para um local específico com todas as suas peculiaridades como, por exemplo, que tipo de sistema será projetado, a quantidade de energia que irá precisar e os momentos que utilizará o sistema fotovoltaico (Balfour, 2016).

Neste sentido são de extrema importância as análises e os levantamentos corretos para evitar projetos mal elaborados e também desperdício de tempo e recurso financeiro.

De acordo com Santos (2013, p. 121) “os sistemas fotovoltaicos são normalmente utilizados de forma isolada em regiões em que a distância da rede elétrica inviabiliza financeiramente a expansão da rede”.



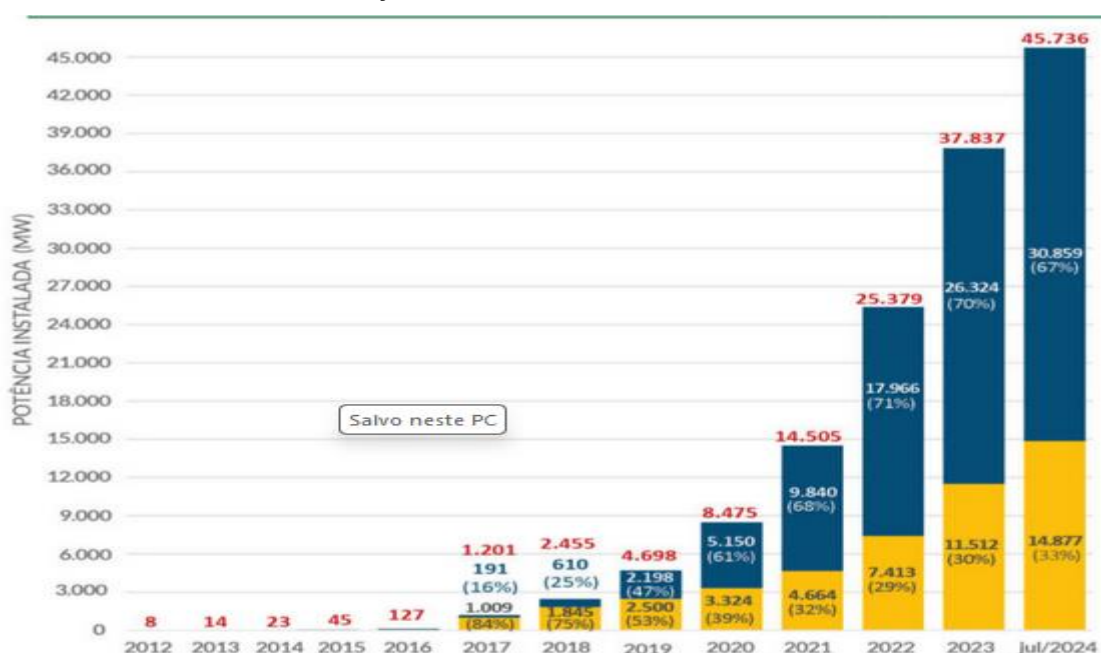
Vian (2021) acrescenta que o sistema fotovoltaico por ter uma estrutura modular e ser uma fonte de energia renovável pode ter diferentes potências instaladas, que vai de pouco Watts até alguns megawatts, favorecendo assim seu crescimento mundial, neste sentido vários empreendimentos estão sendo executados no Brasil.

Pode-se observar que o sistema fotovoltaico está em pleno crescimento em todo o Brasil, inclusive por existir um sistema de montagem de estrutura modular e poder dispor de diversas potências de energia, contemplando desde uma residência a setores comerciais, indústrias e hospitais.

Conforme Balfour (2016), ainda que o sistema fotovoltaico tenha custo elevado na sua aquisição e instalação, o valor investido é recuperado com a economia de energia em um período de cinco a dez anos.

Mas segundo JR e Reis (2016), os sistemas fotovoltaicos não tem somente benefícios, além de usar materiais perigosos na sua fabricação como o seleneto de hidrogênio e solventes, também existem no processo de fabricação e descartes das placas um impacto ao meio ambiente, mas que podem ser minimizados com a reciclagem das sobras durante a fabricação e também a reciclagem no descarte minimizando no caso da destruição das mesmas.

**Gráfico 02:** Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil



Fonte: Absolar (2024)

O gráfico 02 nos informa que somente a partir de 2017 houve uma crescente no uso da energia fotovoltaica, sendo nos anos seguintes houve uma alteração considerável a partir de 2020, chegando em 2024 com uma alta passando de 45 a 45.000 de potência instalada em 10 anos.

## 6.7 – Sistemas on-grid e off grid

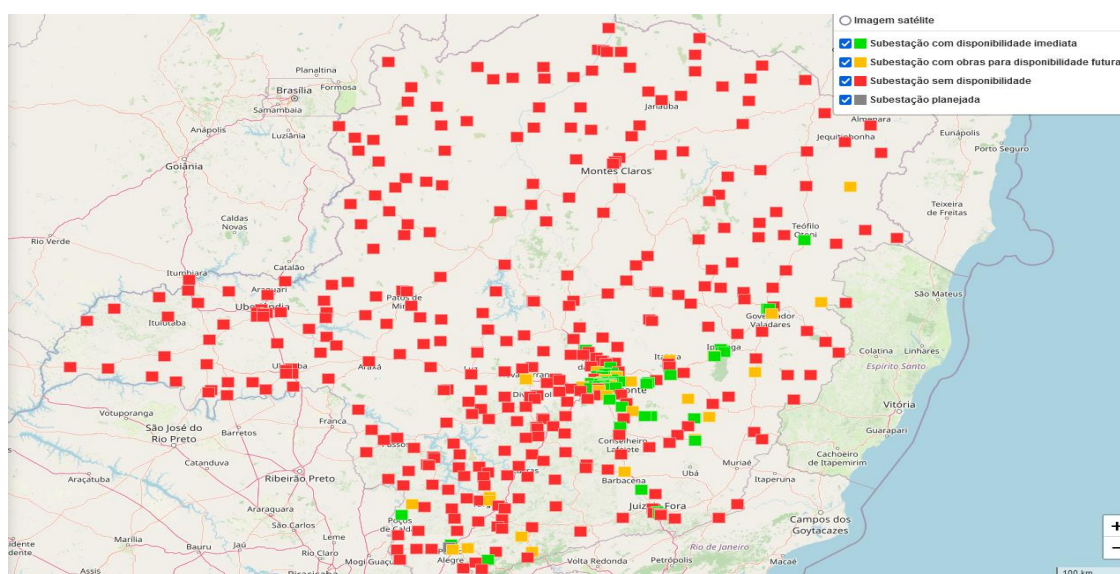
Segundo Filho (2023. p. 648), “a usina fotovoltaica ligada à rede de distribuição de energia, também chamada *on-grid*, o consumidor pode compensar a energia excedente gerada e não consumida”.

Com referência a este estudo de caso, a usina instalada atualmente no 19º Batalhão de Teófilo Otoni em que existe a possibilidade de ampliação é configurada no sistema *on-grid*.

Mas além do sistema *on-grid*, existe o sistema *off-grid* em que Filho (2023. p. 648) define como, “denominado gerador *off-grid*, a usina fotovoltaica gera energia e armazena o excedente em um banco de baterias, ou seja, não há conexão com a rede de distribuição da concessionária”.

Atualmente a concessionária Cemig está passando por sobrecarga pelo uso do sistema *on-grid*, conforme o Mapa 01, onde os pontos vermelhos indicam subestação sem disponibilidade. Neste sentido o sistema *off-grid* seria muito interessante pois o próprio consumidor e gerador da energia poderia armazenar a energia excedente.

**Mapa 01:** Mapa de disponibilidade geração distribuída



Fonte: Cemig (2024)

De acordo com análise do Mapa 01, a cidade de Teófilo Otoni está com disponibilidade para a geração distribuída mostrada com a cor verde, subestação com disponibilidade imediata, neste caso, a proposta da ampliação da usina fotovoltaica no 19º Batalhão da Polícia Militar de Minas Gerais neste momento poderá ser realizada.

### **6.8 - Sistema Solar fotovoltaico conectado à rede elétrica**

Conforme Santos (2013, p. 121), “a outra forma de usar o sistema fotovoltaico é de maneira interligada com a rede”.

Mas neste caso não existem baterias para armazenamento da energia elétrica, sendo necessário uso de inversor, pois a rede funciona em corrente alternada (Santos, 2013).

De acordo Júnior e Mendes (2016, p.35) “o sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica (SFCR) é composto de um arranjo de PFVs e um inversor CC/CA específico para a conexão em paralelo com a rede elétrica da concessionária”.

Conforme Jr e Reis (2016), sistemas conectados à rede configura como uma fonte de energia complementar ao sistema elétrico convencional em que está conectado, não utilizando armazenamento de energia, sendo gerada e entregue à rede instantaneamente.

Ainda de acordo com Júnior e Mendes (2016), “no sistema CA (consumidor) são alimentados em paralelo pela concessionária e também pela energia gerada pelo sistema fotovoltaico conectado à rede do próprio consumidor por meio do inversor CC/CA”.

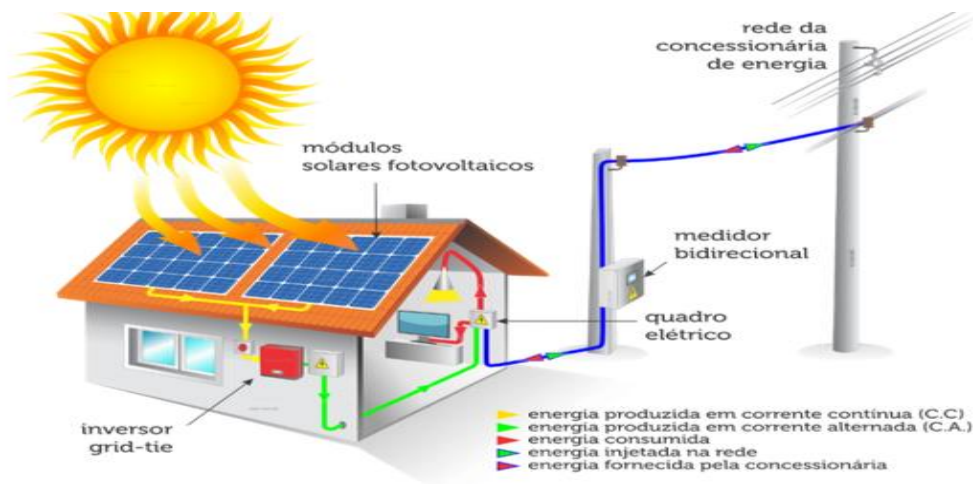
De acordo com Vian (2021, p. 96), “um painel ou um conjunto de painéis é associado a um inversor, que converte a corrente contínua em alternada e em geral também otimiza a operação, buscando o ponto de maior transferência de potência”.

O sistema fotovoltaico consiste em um grupo de células interligadas em capsulas dentro de um módulo e que algumas vezes um módulo seria necessário para produzir a energia necessária, como por exemplo, alimentar um poste de iluminação pública (Balfour, 2016).

Ainda de acordo com Balfour (2016), é muito importante verificar com antecedência o local definido para a montagem das placas, uma vez que a cada metro quadrado será ocupado por painéis de 5 a 10 watts DC, é importante também

ficar atendo ao local onde será montada a usina fotovoltaica, pois se for mal dimensionada poderá criar divergências no projeto no momento da instalação.

**Figura 02:** Sistema Fotovoltaico ligado à rede



**Fonte:** Empresa Luz Solar (2024)

Visualizando a figura 02 fica claro a forma de instalação do sistema *on-grid*, em que a energia gerada pelo sistema fotovoltaico está diretamente ligada à rede elétrica da concessionária.

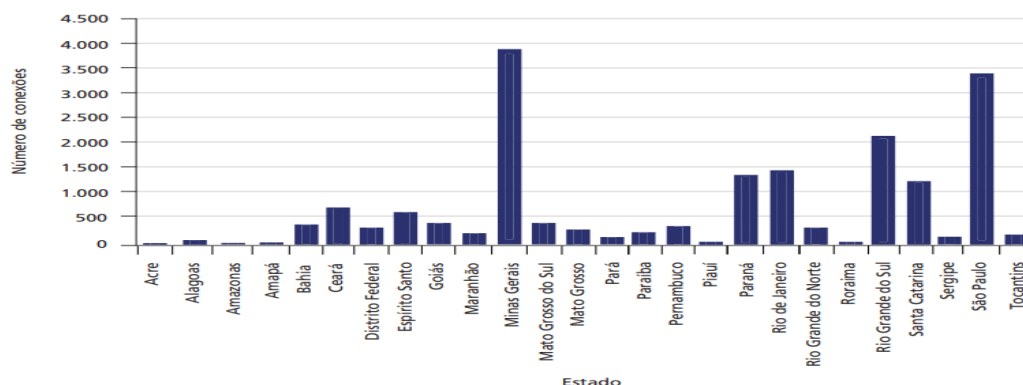
Conforme explica Filho (2023), a geração distribuída está fundamentada no princípio de que o consumidor que também é o produtor com seus recursos próprios implementa uma usina de geração de até 5 MW de capacidade instalada injetando na rede o excedente gerando assim um crédito de energia que pode utilizado para abater na fatura do próximo mês ou em outras unidades de mesma titularidade.

Outra vantagem de vincular o sistema fotovoltaico à rede elétrica descarta o uso de baterias, uma vez que necessitando de energia à noite a concessionária fornece a quantidade necessária para o usuário (Balfour, 2016)

Conforme o IPEA (2018), enquanto os estados de Minas gerais e São Paulo são os que mais tem sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, os estados da região norte e nordeste são os menos apresentam números significativos.

De acordo com o CGEC (2010, p.15), “a utilização dos sistemas solares conectados á rede elétrica, através de uma política de incentivo, possibilita gerar escala para a produção e, consequentemente, redução de custos”.

**Gráfico 03:** Número de conexões à rede elétrica por estado e Potência instalada.



Fonte: IPEA (2024)

A análise do Gráfico 03 nos mostra que os estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Paraná e Santa Catarina, respectivamente, estão à frente dos outros estados em energia *on-grid*, em destaque o estado de Minas Gerais.

## 6.9 - Energia fotovoltaica compartilhada

Segundo Antonioli et al (2022), com os atuais padrões de negócios em referência a produção sustentável de energia, amplificada com novas tecnologias, foram surgindo novos modelos de uso desta energia, surgindo o compartilhamento com o intuito de reter valor às partes interessadas, com uma estrutura de receitas e custos bem estabelecidos.

Conforme a ABSOLAR (2024), em reportagem publicada pelo sistema Firjan, dez padarias na cidade do Rio de Janeiro aderiram ao sistema de compartilhamento de energia solar no sistema de geração distribuída, neste caso específico há uma previsão de economia em torno de R\$240.000,00 anual para os associados, além de promover a energia limpa e competitividade entre as padarias de pequeno porte.

Antonioli et al (2022, p.3) acrescenta que, "A geração de energia solar compartilhada emergiu como uma abordagem que viabiliza o acesso à energia solar para consumidores com limitações associadas à instalação de painéis fotovoltaicos em seus imóveis".

Essa visão de compartilhamento surgiu das necessidades em que consumidores com espaço reduzido para instalações de painéis fotovoltaicos em seus imóveis onde algumas propriedades não satisfazem por insuficiência de

espaço a solicitação requerida. Com isso alguns grupos se juntaram para adquirir e usufruir dos benefícios ao invés de cada usuário investir sozinho em sua propriedade de um sistema fotovoltaico comum, sendo que a viabilidade deste tipo de projeto depende diretamente de incentivos de governos e do custo e complexidade da inicialização de projetos de geração compartilhada.

No estudo de Faria e Spíndola (2018), relata que na geração compartilhada dentro uma mesma área de concessão, pessoas físicas ou jurídicas, podem compartilhar energia originada de uma única mini ou micro usina solar fotovoltaica, mas para isso deverá a fonte geradora ser diferente de quaisquer endereços dessas unidades consumidoras e precisam se unir através de um consórcio ou cooperativa, sendo a energia compensada através de créditos gerados em quilowatt-hora(kWh) e o excedentes poderão ser consumido em até 60 meses.

Ainda em referência ao sistema de compensação de energia elétrica- SCEE a resolução Aneel 1059 em seu Art. 2º XVI - A. a define como:

Sistema no qual a energia elétrica ativa é injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída na rede da distribuidora local, cedida a título de empréstimo gratuito e posteriormente utilizada para compensar o consumo de energia elétrica ativa ou contabilizada como crédito de energia de unidade consumidoras participantes do sistema. (Anel, p. 34)

Acrescentando sobre a geração de energia compartilhada a mesma resolução em seu Art. 2º XXII-A a define como:

Geração compartilhada: modalidade de participação no SCEE caracterizada pela reunião de consumidores, por meio de consórcio, cooperativa, condomínio civil voluntário ou edifício, ou qualquer outra forma de associação civil instituída para esse fim, composta por pessoas físicas ou jurídicas que possuam unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída. (Aneel, p.34)

No caso específico do compartilhamento de energia entre as unidades da Polícia Militar em Teófilo Otoni, como regra do sistema de compensação de energia elétrica, a resolução 1059 em seu Art 2º I-A nas letras a, b e c respectivamente, a mesma define que o autoconsumo remoto na modalidade de participação no SCEE caracteriza-se por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma pessoa física ou jurídica, incluídas matriz e filial; possuir unidade consumidora com

microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras que recebam excedentes de energias ; e atendimento de todas as unidades consumidoras pela mesma distribuidora, em que se encaixa perfeitamente esse trabalho.

## **7 – Metodologia**

Segundo Lozada e Nunes (2019, p. 32) “o processo científico busca municiar com modelos e conceitos que lhe permitam embasar os objetivos e os resultados do estudo de maneira sólida e coerente”.

Ainda de acordo com Lozada e Nunes (2019), considera-se como científico, não assumindo a verdade como definitivo, mas tendo todo estudo que pode ser comprovado, em que se testa, contesta, reconstrói e muda aquilo que pode ser questionado.

Este trabalho em questão estuda e avalia a viabilidade técnica e econômica de compartilhamento de energia fotovoltaica entre as unidades do Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar (19º BPM) em Teófilo Otoni com a unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15ª RPM).

Neste sentido são relacionadas às seguintes etapas da pesquisa:

1) Classificação da pesquisa; 2) Coleta e tratamento dos dados. 3) análise da viabilidade técnico-financeira e do payback.

### **7.1 – Classificação da pesquisa**

Esta pesquisa é caracterizada como descritiva, quantitativa e também bibliográfica. É descritiva, pois há um estudo real de caso, em que estuda a possibilidade de compartilhamento de energia elétrica proveniente de usina fotovoltaica do Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar (19º BPM) para a unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15ª RPM), todas localizadas no município de Teófilo Otoni - MG; é quantitativa pois há diversos cálculos para verificação do acréscimo da usina existente e também bibliográfica na forma de pesquisa a diversos importantes autores relacionados com o tema escolhido.

### **7.2 – Coleta e tratamento dos dados**

No primeiro momento houve a busca pelo projeto da usina já existente e das contas de energia elétrica dos últimos treze meses das unidades do Décimo Nono

Batalhão de Polícia Militar (19° BPM) e da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15ª RPM), sendo todos os documentos fornecidos pelas unidades citadas, localização in loco e também por imagens do google das placas na unidade do Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar (19° BPM) para verificação da área disponível para possibilidade do aumento de quantidades das placas para expansão da usina fotovoltaica.

Houve também diversas buscas bibliográficas para que através de informações de autores especialistas obtivéssemos conhecimentos e norteasse a pesquisa.

Com a exploração das contas e do projeto da usina existente e da área de instalação das novas placas, foram realizados diversos cálculos em que serão demonstradas análises técnicas, financeira e payback

### **7.3 – Análises técnicas, financeiras e payback**

Segundo Jr e Reis (2016), na análise é importante a verificação no mínimo dos doze meses, para identificar as condições de uso da energia elétrica e com isso determinar economia com relação ao enquadramento tarifário, demanda contratada e excedentes de reativos.

Através do projeto que foi executada a usina existente atualmente, será verificada a produção de energia que a mesma entrega, se produz energia suficiente para suprir a necessidade de todo o Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar (19° BPM) ou produz uma parte, verificar também as contas de energia das duas unidades no período de 13 meses para verificar as necessidades de cada uma delas, em seguida calcular a quantidade de placas fotovoltaicas necessárias e o local que serão instaladas.

Para dimensionamento das quantidades de placas, da potência da usina e do disjuntor de proteção, serão inseridas no trabalho tabelas próprias para cálculos das médias dos consumos de energia utilizada no período, mapa do google para localização do local em que serão instaladas através da latitude e longitude, tabela do Cresesb para informação da irradiação solar na região, tabela da empresa Engenharia PHB Solar que comercializa inversores, para obter o inversor com a potência apropriada para a nova usina e a tabela da Cemig obtenção do Disjuntor de proteção da usina.



Para o cálculo da potência da usina Fotovoltaica usaremos a seguinte fórmula:

$$P_{FV} = \frac{(C_{MM} / D)}{RSD}$$

Onde:

$P_{FV}$  (Wp) = Potência de pico do sistema fotovoltaico

$C_{MM}$  (Wh) = Consumo médio mensal

D = Dias do mês considerado

RSD (h) = Coeficiente médio de Radiação

Para o cálculo dos números de placas fotovoltaicas usaremos a seguinte fórmula:

$$P_{FV} = \frac{N_m}{P_{PF \text{ módulo}}}$$

Onde:

$P_{FV}$  (W) = potência a ser considerada no dimensionamento da quantidade das placas

$P_{PF}$  (W) = potência do painel fotovoltaico

$N_m$  = número de módulos (placas) deverá ser utilizado para suprir a demanda

Em seguida serão solicitadas de empresas que trabalham no ramo de usinas fotovoltaicas na região de Teófilo Otoni, os orçamentos financeiros do custo do acréscimo da usina fotovoltaica que será instalada e finalmente realizar o cálculo do payback simples através de tabela produzida pelos autores do trabalho, constando os valores do investimento e o valor de energia elétrica gasta anualmente, para verificar o tempo que esse recurso empregado voltará para os cofres públicos com a economia gerada pela usina fotovoltaica.

## **8 – Resultados e discussão**

### **8.1 – Cálculo da demanda e Dimensionamento**

Alguns itens não serão dimensionados, somente o consumo médio mensal de energia utilizada, potência da usina necessária para consumo das duas unidades, a quantidade de placas necessárias e potência do inversor, pois o intuito do estudo de

caso é voltado para a possibilidade de compartilhamento entre as unidades e a economia aos cofres do Estado de Minas Gerais.

### 8.1.1 – Consumo Médio Mensal

Para calcular a energia elétrica consumida pelo Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar (19° BPM) e da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM) foi verificado período durante os meses de maio/2023 a maio/2024 através das contas de energia elétrica fornecidas, HFP (Horário fora do pico) e HP (Horário de pico):

Segundo Aneel em suas perguntas e repostas, informa como se dá a transferência dos créditos entre postos tarifários (ponta, fora ponta e intermediário):

Quando a utilização dos excedentes se der em posto tarifário diferente daquele no qual esses excedentes foram gerados, para o caso de unidades consumidoras faturadas com tarifas horárias (tarifas azul, verde ou branca), o saldo de energia gerada deve ser multiplicado pela relação entre as Tarifas de Energia – TE aplicáveis à unidade consumidora na qual ocorrerá a utilização dos excedentes. Além disso, quando a unidade consumidora onde ocorreu a geração excedente for faturada na modalidade convencional (sem postos tarifários), os excedentes gerados devem ser considerados como geração em período fora de ponta para fins de utilização em outra unidade consumidora com postos tarifários. (ANEEL, 2024)

**Tabela 02 – Médias mensais da demanda de Cargas**

<b>Contas de energia elétrica - Cemig</b>	<b>19º Batalhão de Polícia Militar (19° BPM)</b>		<b>15ª Região da Polícia Militar (15 RPM).</b>
	<b>HFP-Horário fora de pico</b>		
	<b>HP-Horário de pico</b>		
<b>Mês e Ano</b>	<b>Energia Ativa HP-kWh</b>	<b>Energia Ativa HFP- kWh</b>	<b>kWh</b>
<b>MAI/24</b>	<b>1968</b>	<b>14637</b>	<b>3860</b>
<b>ABR/24</b>	<b>2337</b>	<b>16728</b>	<b>4668</b>
<b>MAR/24</b>	<b>2091</b>	<b>19311</b>	<b>5715</b>
<b>FEV/24</b>	<b>2091</b>	<b>17343</b>	<b>4949</b>
<b>JAN/23</b>	<b>2091</b>	<b>19926</b>	<b>5299</b>
<b>DEZ/23</b>	<b>1968</b>	<b>19188</b>	<b>5105</b>

<b>NOV/23</b>	<b>2091</b>	<b>19188</b>	<b>4658</b>
<b>OUT/23</b>	<b>2091</b>	<b>18327</b>	<b>4103</b>
<b>SET/23</b>	<b>1353</b>	<b>13407</b>	<b>2480</b>
<b>AGO/23</b>	<b>1230</b>	<b>11808</b>	<b>1838</b>
<b>JUL/23</b>	<b>984</b>	<b>9102</b>	<b>1624</b>
<b>JUN/23</b>	<b>960</b>	<b>9240</b>	<b>2093</b>
<b>MAI/23</b>	<b>1320</b>	<b>12240</b>	<b>3272</b>
<b>TOTAL</b>	<b>22575</b>	<b>200445</b>	<b>49664</b>
<b>MÉDIA/MENSAL</b>	<b>1836,53</b>	<b>15418,84</b>	<b>3820,30</b>

Fonte: Autoria própria (2024)

Analisando a Tabela 02, no caso específico, a tarifa horária do 19º batalhão de Teófilo Otoni, como poder público estadual, encontra-se na modalidade tarifária THS verde A4 e entra no caso especificado pela Aneel, que se dá com a multiplicação da energia utilizada do horário de pico no horário de 17:00 às 20:00 em que não há injeção de energia gerada, com a relação do valor cobrado entre a energia ativa no horário fora do pico (HFP) e a energia ativa no horário de pico (HP).

O valor cobrado para a energia ativa fora de pico (HFP) é de R\$0,43402227 preço unitário e para a energia ativa de pico (HP) é de R\$ 2,12243441 preço unitário.

Primeiramente deve-se realizar um valor proporcional entre estas tarifas como informações da Aneel:

$$2,12243441 / 0,43402227 = 4,890150936264169$$

Em seguida deve-se calcular o consumo médio mensal de energia da unidade Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (19º BPM), multiplicado o valor médio consumido no horário de pico pela proporção das duas tarifas e em seguida somando as duas:

Consumo médio HFP 15.419 kWh mês

Consumo médio HP 1.837 kWh mês x 4,9 = 8.986,6 (multiplicado pela relação entre as tarifas de energia)

Consumo médio mensal = 24.405,60 kwh mês

Calcular também o consumo médio mensal energia da unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM).

Consumo médio mensal: 3820,30 kWh mês

Em seguida tem-se a quantidade de energia necessária para suprir as necessidades do Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (19° BPM) e da unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM) deverá ser a soma do consumo das duas unidades:

Consumo médio mensal = 24.405,60 kWh mês (Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (19° BPM))

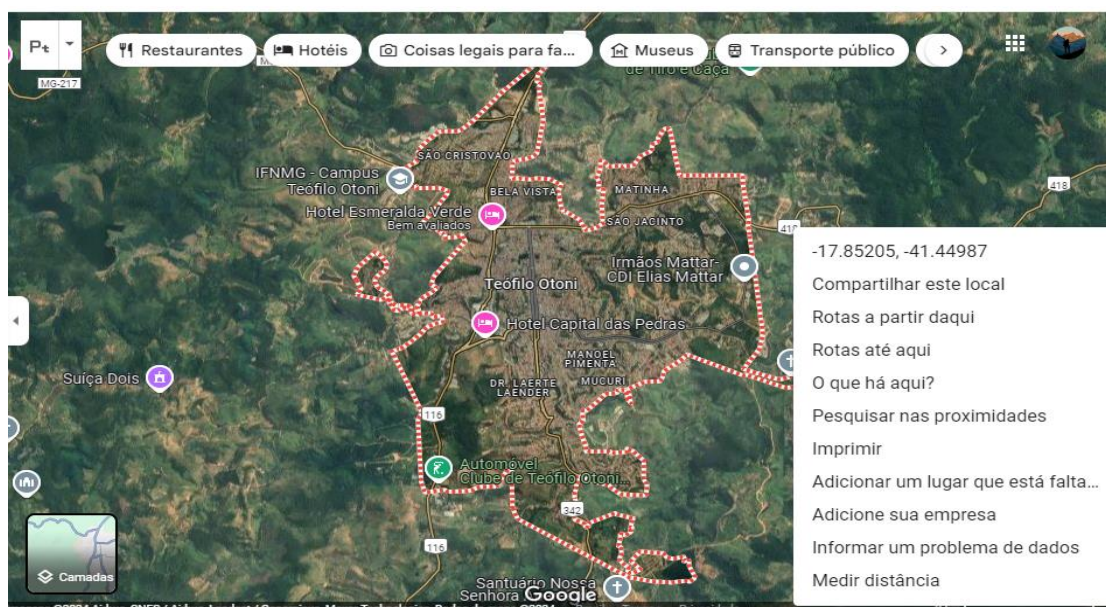
Consumo médio mensal: 3820,30 kWh mês (Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM).)

Total de energia = 24.405,60 kWh mês + 3820,30 kWh mês = 28.225,9 kWh mês

### 8.1.2 – Irradiação solar diária média mensal

Para calcular a potência da usina, deverá ser verificada a irradiação solar na região em que a usina será instalada, onde a mesma é encontrada no Google Maps em suas coordenadas com suas latitude e longitude do local.

**Imagem 01:** Latitude e Longitude da área da instalação da usina



**Fonte:** Google Maps (2024)

Através da imagem 01 do Google Maps foi possível localizar a região onde se encontra atualmente a usina fotovoltaica instalada.

Em seguida no site do Cresesb, na aba Potencial solar – Sundata v 3.0, devem ser inseridos a Longitude e a Latitude referente a região de Teófilo Otoni como apresenta na tabela 03, a irradiação média em ângulo igual a latitude.

Tabela 03: Irradiação solar diária média mensal

Estação: Teófilo Otoni  
Município: Teófilo Otoni , MG - BRASIL  
Latitude: 17,801° S  
Longitude: 41,449° O  
Distância do ponto de ref. ( 17,85205° S; 41,44987° O ) :5,7 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	6,03	6,21	5,27	4,59	3,79	3,54	3,68	4,34	4,84	5,15	4,93	5,80	4,85	2,67
✓	Ângulo igual a latitude	18° N	5,52	5,93	5,35	4,99	4,38	4,22	4,33	4,86	5,04	5,02	4,59	5,25	4,96	1,71
✓	Maior média anual	15° N	5,63	6,01	5,36	4,95	4,30	4,13	4,24	4,80	5,03	5,06	4,67	5,36	4,96	1,88
✓	Maior mínimo mensal	24° N	5,27	5,75	5,29	5,05	4,50	4,39	4,47	4,95	5,03	4,90	4,41	5,00	4,92	1,36

Fonte: Cresesb (2024)

Na tabela 03, onde encontram-se as médias das irradiações solares na Região, o valor da irradiação a ser utilizado será faixa referente ao ângulo igual à latitude no valor de 4,96 (média), a qual será multiplicada por 30 dias:

$4,96 \times 30 = 148,80 \text{ h/mês}$

8.1.3 – Dimensionamento da potência da Usina Fotovoltaica

Para encontrar a potência que deverá ser gerada pela usina fotovoltaica será a divisão da energia necessária para consumo dividida pela irradiação dos trinta dias do mês:

$28.225,9 \text{ kWh/mês} / 148,80 \text{ h /mês} = 189,7 \text{ kW/p}$

8.1.3.1 - Perdas de energia da Usina

- Perdas por temperatura: 7,0% a 18,0%
- Incompatibilidade elétrica: 1,00% a 2,0%
- Acúmulo de sujeira: 1,0% a 8,0%
- Cabeamento CC: 0,5% a 1,0%
- Cabeamento CA: 0,5% a 1,0%
- Inversor: 2,5% a 5,0%

Nas perdas por temperatura, como a cidade de Teófilo Otoni tem uma temperatura média anual de aproximadamente 24°c vamos optar por 11,0%; vamos considerar a incompatibilidade elétrica, acúmulo de sujeira, cabeamento CC, cabeamento CA e inversor respectivamente, 1,0%, 2,0%, 1,0%, 1,0%, 4,0%, no total de 20,0%, então devermos dividir potência encontrada por a irradiação multiplicado por 0,80.

### 8.1.3.2 – Potência da usina com as perdas

$$\underline{28.225,9 \text{ kWh/mês}} = \underline{237,112 \text{ kW/p}}$$

$$148,80 \text{ h /mês} \times 0,80$$

### 8.1.4 – Cálculo de quantidade de Painéis

Para definir a quantidade de painéis necessárias na usina fotovoltaica, deverá dividir a quantidade da potencia da usina pela potência do painel escolhido.

Nessa usina serão utilizados painéis de potencia de 550 W, uma vez que daremos sequencia a usina já existente que já utiliza painéis de 550 W, mas poderão ser utilizados painéis com maior ou menor potência, mas a quantidade influenciaria na área para a instalação.

A painel escolhido será com a potência de 0,55 kW, para calcular a quantidade de painéis, será dividida a potência da usina pela potência do painel:

$$237,112 \text{ kW/p} / 0,55 \text{ kW} = 432 \text{ painéis}$$

### 8.1.5 – Cálculo do dimensionamento da potência do Inversor

**Tabela 04:** tabela de inversores

ENGENHARIA PHB SOLAR - AGOSTO/2024 V14.3																
INVERSORES PHB	REDE	HPPT / STRING	QDCA	550Wp BYD				575Wp Jinko				585Wp / 590Wp DMEGC				
				STRING		TOTAL		STRING		TOTAL		STRING		TOTAL		
				MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	
PHB1500-XS	220V F+FE / F+N+PE	1/1	84	02	04	02	04	02	04	02	04	02	04	02	04	
PHB1800N-XS	127V F+N+PE	1/1	112	02	05	02	05	02	05	02	05	02	05	02	05	
PHB3000N-XS	220V F+FE / F+N+PE	1/1	84	02	09	02	09	02	09	02	09	02	09	02	09	
PHB11000-WS	127V F+N+PE	2/2	92	03	09	03	09	03	09	03	09	03	09	03	09	
PHB5000-WS	220V F+FE / F+N+PE	2/2	85	03	10	03	14	03	10	03	14	03	10	03	14	
PHB6000D-WS	220V F+FE / F+N+PE	2/2	85	03	10	03	18	03	10	03	17	03	10	03	17	
PHB7500-WS	220V F+FE / F+N+PE	2/2	110	03	10	03	20	03	10	03	20	03	10	03	20	
PHB7500-MS	220V F+FE / F+N+PE	3/3	110	03	10	03	20	03	10	03	20	03	10	03	20	
PHB7700-MS	220V F+FE / F+N+PE	3/3	110	03	10	03	22	03	10	03	21	03	10	03	21	
PHB8500-WS	220V F+FE / F+N+PE	2/2	112	03	10	03	20	03	10	03	20	03	10	03	20	
PHB9500-MS	220V F+FE / F+N+PE	3/3	112	04	10	04	27	04	10	04	26	04	10	04	26	
PHB9000P-DT	220V 3F+FE / 3F+N+PE	2/4	104	09	15	09	26	09	15	09	25	09	14	09	25	
PHB12KF-DT	220V 3F+FE / 3F+N+PE	2/4	66 OU 69	09	15	09	35	09	15	09	32	09	14	09	33	
PHB15KF-DT	380V 3F+FE / 3F+N+PE	2/4	103	09	19	09	43	09	19	09	42	09	19	09	42	
PHB15KF-DT C/AUTO TRAFQ 20kVA	220V 3F+FE / 3F+N+PE	2/4	66 OU 69													
PHB15K-MT	220V 3F+FE / 3F+N+PE	3/6	66 OU 69	09	15	09	43	09	15	09	42	09	14	09	42	
PHB20K-MT	220V 3F+FE / 3F+N+PE	3/6	95	09	15	09	58	09	15	09	56	09	14	09	56	
PHB21KF-DT	380V 3F+FE / 3F+N+PE	2/4	66	09	20	09	60	09	20	09	59	09	19	09	58	
PHB21KF-DT C/AUTO TRAFQ 25kVA	220V 3F+FE / 3F+N+PE	2/4	95													
PHB27K-MT	380V 3F+FE / 3F+N+PE	3/6	88	09	20	09	79	09	20	09	76	09	19	09	76	
PHB27K-MT C/AUTO TRAFQ 30kVA	220V 3F+FE / 3F+N+PE	3/6	94													
PHB36KS-MT	220V 3F+FE / 3F+N+PE	6/12	97	09	15	09	102	09	15	09	98	09	14	09	98	
PHB36K-MT	380V 3F+FE / 3F+N+PE	3/6	99	09	20	09	104	09	20	09	100	09	19	09	100	
PHB36K-MT C/AUTO TRAFQ 40kVA	220V 3F+FE / 3F+N+PE	3/6	97													
PHB50K-MT (20A)	220V 3F+FE / 3F+N+PE	4/12	102	09	15	09	144	09	15	09	140	09	14	09	140	
PHB60KS-MT	380V 3F+FE / 3F+N+PE	6/12	96	09	20	09	174	09	20	09	166	09	19	09	166	
PHB60KS-MT C/AUTO TRAFQ 70kVA	220V 3F+FE / 3F+N+PE	6/12	102													
PHB75K-MT	220V 3F+FE / 3F+N+PE	12/24	111	09	15	09	212	09	15	09	203	09	14	09	203	
PHB75K-MT (20A)	380V 3F+FE / 3F+N+PE	4/12	100	09	20	09	218	09	20	09	208	09	19	09	207	
PHB75K-MT (20A) C/AUTO TRAFQ 80kVA	220V 3F+FE / 3F+N+PE	4/12	105													
PHB85K-MT (20A)	380V 3F+FE / 3F+N+PE	4/12	100	09	20	09	240	09	20	09	237	09	19	09	228	
PHB85K-MT (20A) C/AUTO TRAFQ 90kVA	220V 3F+FE / 3F+N+PE	4/12	105													
PHB125K-MT	380V 3F+FE / 3F+N+PE	12/24	106	09	20	09	364	09	20	09	348	09	19	09	348	
PHB125K-MT C/AUTO TRAFQ 130kVA	220V 3F+FE / 3F+N+PE	12/24	107													
PHB250K-MT 2.4/10V TRAFQ 750kVA	220V 3F+FE	12/24	122													
PHB250K-MT C/AUTO TRAFQ 270kVA	380V 3F+FE	12/24	121	23	28	23	672	23	27	23	648	23	27	23	648	
PHB250K-MT	800V 3F+FE	12/24														

Fonte: Engenharia PHB Solar (2024)

A tabela 04 será utilizada para o cálculo da potência do inversor, fornecida pela empresa Engenharia PHB Solar, a potência do inversor é encontrada na linha da tabela no intervalo da quantidade de painéis já calculados e na coluna da potência do Painel escolhido.

Para a implementação da usina existente, para padronizar, vamos utilizar a mesma potência dos painéis já instalados atualmente na usina, que são de 550 W,

mas poderia utilizar painéis com outras potências, mas alteariam na quantidade de painéis, inversor e também no tamanho do painel.

Para encontrar a potência do inversor, na tabela 04 devermos utilizar a coluna azul, onde encontra-se a potência de painéis de 550 W e na faixa de 23 a 672 painéis encontra-se o inversor PHB250K -HT com auto Trafo 270 kVA de potência equivalente a 250 kW, como o inversor calculado foi de 250 kW, que suporta até 672 painéis, se futuramente for necessário, haverá possibilidades de expansão da usina fotovoltaica, uma vez que também há espaços disponíveis.

8.1.6 – Dimensionamento do Disjuntor de entrada para atender a usina com um inversor de 250 kW.

Tabela 05: ND-5.2

ND - 5.2

CEMIG

90

Tabela 7 - Dimensionamento Da Entrada De Edificações E Unidades Consumidoras Urbanas Ou Rurais Atendidas Por Redes De Distribuição Secundárias Trifásicas (127/220V) Para Atender Aos Fornecimentos Com Demanda Entre 75,1 A 304 kVA

FORNECI-MENTO		DEMANDA PROVÁVEL		NÚMERO DE		RAMAL DE LIGAÇÃO SUBTERRÂNEO BT OU AÉREO MULTIPLEX AL/XLPE (NOTA 4)			PROTEÇÃO In (A)	RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO OU SUBTERRÂNEO			MEDIDOR		TRANSFORMADOR DE CORRENTE	ATERRAMENTO		CONDUTOR DE PROTEÇÃO		
Tipo	Faixa	kVA		Fios	Fases	Condutor por fase			Disjuntor Termomagnético	Condutor por fase			In/ Imax (A)	Número De Elementos	Relação (Nota 2)	Condutor de Proteção S (mm²)	Nº de Hastes	S(mm²) Nota 3		
		(AL)	Aço			PVC	(Cu)	Aço		PVC										
		S(mm²)	DN (mm)				S (mm²)	DN (mm)												
F	F1	75,1	86,0	4	3	150	80	85	225	120	80	85	Nota 1	3	200/5	16	3	70		
	F2	86,1	95,0			185	100	110	250	150	100	110						70		
	F3	95,1	114,0			240	100	110	300 ou 315 ou 320	240	100	110						120		
	F4	114,1	152,0			2x240	2x100	2x110	400	2x120	2x65	2x75			400/5			50		
	F5	152,1	171,0						450	2x150	2x80	2x85						70		
	F6	171,1	188,0						500	2x185	2x100	2x110						95		
	F7	181,1	228,0						600 ou 630	2x240					600/5			120		
	F8	228,1	266,0			3x240	3x100	3x110	700	3x150	3x80	3x85						70		
	F9	266,1	304,0						800	3x185	3x100	3x110						95		

Fonte: Cemig (2024)

A tabela 05, será utilizada para o dimensionamento do disjuntor que fará a proteção do sistema a ser implementado no 19º Batalhão de Minas gerais.

Como a potência da usina é limitada à potência do inversor, que é de 250 kW, a faixa F8 utilizada será a que está entre 228,1 a 266,0 kVA na demanda provável, encontramos então o disjuntor da proteção de entrada de 700 A.

Foto 01: Disjuntor de entrada que atende atualmente o 19º batalhão





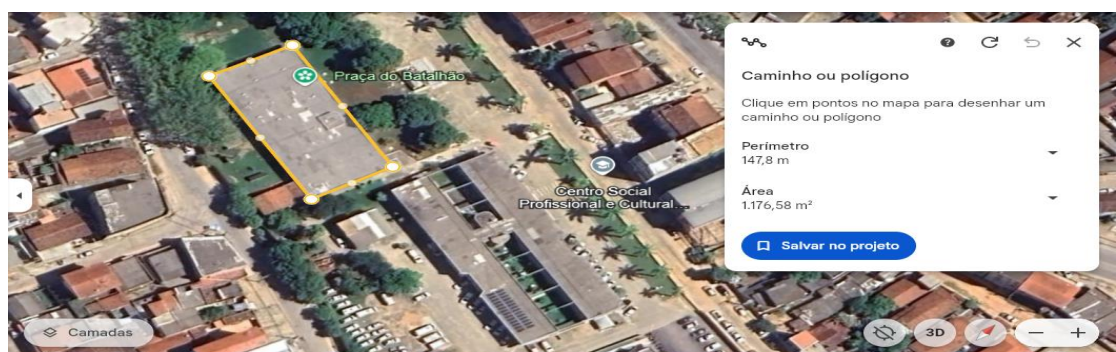
**Fonte:** Autoria Própria

A foto 01 nos mostra o disjuntor de proteção de 600 A que se encontra instalado atualmente na usina fotovoltaica no 19º batalhão de Polícia Militar.

A usina atualmente instalada no 19º batalhão é muito pequena, entrega somente com 1786,40kWh/mês, atendendo apenas 10% do consumo da unidade que é de 17.256 kW/mês. A implementação proposta atenderá 100% das demandas do 19º Batalhão da Polícia Militar e da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM).

Para definir a área disponível e o local ideal para a instalação utilizamos as imagens do Google Earth, em que foi possível realizar uma mediação da área em metros quadrados aproximada para verificação da possibilidade de área disponível.

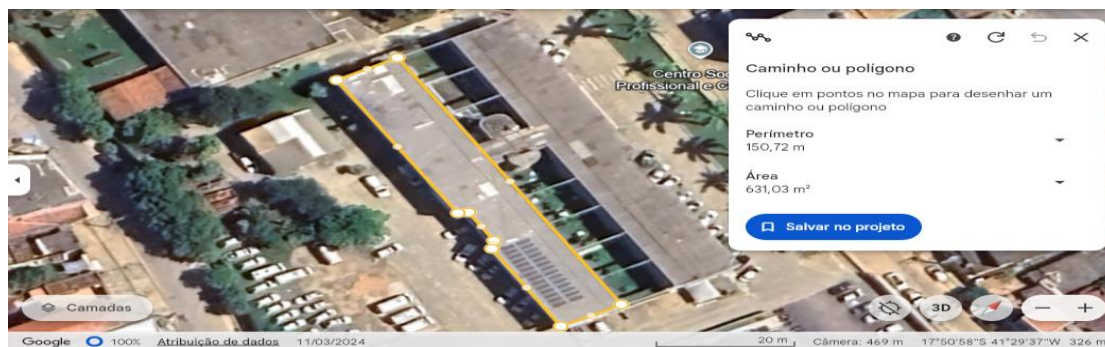
**Imagem 02:** 19º BPM da PMMG de Teófilo Otoni - local onde serão instalados os novos painéis



**Fonte:** Google EARTH (2024)



**Imagem 03:** 19° BPM da PMMG de Teófilo Otoni - local onde serão instalados os novos painéis



Fonte: Google EARTH (2024)

**Imagem 04:** 19° BPM da PMMG de Teófilo Otoni - local onde serão instalados os novos painéis



Fonte: Google EARTH (2024)

**Imagem 05:** 19° BPM da PMMG de Teófilo Otoni - local onde serão instalados os novos painéis



Fonte: Google EARTH (2024)

As imagens 02, 03, 04, 05 via satélite do 19° batalhão de Polícia Militar, nos mostra onde encontra-se instalada a usina existente atualmente, com a área ocupada e as áreas vagas.

Conforme a imagem 05, mostra os painéis instalados em uma área aproximada de 79,36 m<sup>2</sup> e o total das áreas restantes retirando a utilizada, correspondem a 2.434,02 m<sup>2</sup>, fazendo uma analogia com o espaço utilizado atualmente pelos 28 painéis de 550 W, seria necessário 1.224,41 m<sup>2</sup> para a instalação da nova usina, neste sentido entende-se que há espaço suficiente para a implementação da usina fotovoltaica no 19º Batalhão de Polícia Militar de MG.

## **8.2 – Análise financeira**

De acordo com a análise econômica do projeto e construção da usina Fotovoltaica, a melhor proposta com todos itens necessários, conforme os orçamentos anexos, enviadas pelas empresas Delevy Solar Ltda e a Du Vale Engenharia Solar, a vencedora foi a empresa Delevy Solar Ltda com o sistema *on-grid*, com o orçamento de R\$480.000,00 (Quatrocentos e oitenta mil reais).

A implementação desta usina atenderá 100% das demandas de energia elétrica do 19º Batalhão da Polícia Militar de Teófilo Otoni e da unidade da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM), sabendo que o consumo médio mensal das duas unidades são de 21.075,67 kW/mês e o valor pago à concessionária de energia mensalmente são de aproximadamente R\$ 16.261,63, incluindo os impostos.

Neste sentido deveremos calcular o tempo necessário para que o Estado de Minas Gerais receba o retorno do capital investido para a construção desta usina fotovoltaica.

Uma forma de financiamento para a realização desse projeto seria como já é feito no Estado do Tocantins, por meio de parceria público-privada (PPP), conforme está destacado na justificativa do projeto de lei 318/24 (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2024)

## **8.4 – Payback**

O payback é usado como uma ferramenta para indicar o tempo necessário em que um certo investimento voltará como economia para o investidor, neste caso específico, aos cofres do Estado de Minas Gerais, em que é indicado pelo intervalo de tempo entre o investimento e o saldo positivo.

#### 8.4.1 – Período de Payback Simples

No cálculo de payback simples, precisamos dividir o total do investimento pelo valor da energia utilizada anualmente, quando atingir o valor positivo divide-se o saldo negativo inicial do período pelo retorno recebido dentro do período, neste caso será verificado quanto tempo durou para que se alcançasse o valor positivo

Neste caso específico conforme o melhor orçamento, o investimento foi no total de R\$ 480.000,00, conforme a tabela 06, o valor do investimento no payback simples retornou aos cofres públicos em aproximadamente 02 ano e 06 meses e o lucro com o investimento ocorreu em sua plenitude após o quarto ano com o montante de R\$195.139,56 nos valores atuais.

**Tabela 06:** Viabilidade financeira

MÉDIA MENSAL ENERGIA			R\$16.261,63
VALOR ANUAL ENERGIA			R\$195.139,56
VALOR DO INVESTIMENTO			R\$480.000,00
PLAYBACK SIMPLES			
ANO	FLUXO DE CAIXA	PERÍODO	SALDO
2024	480.000,00	0	480.000,00
2025	195.139,56	1	-284.860,44
2026	195.139,56	2	-89.720,88
2027	195.139,56	3	105.418,68

**Fonte:** Adaptação própria

Na tabela 06 é demonstrada o tempo necessário para que o investimento comece a retornar para o investidor como lucro.

## 9 – Conclusão

Atualmente, o Brasil ainda não está entre os países que mais investem em tecnologia de energias renováveis, contudo conforme as pesquisas realizadas em bibliografias de autores importantes, temos a possibilidade que a legislação Brasileira atue no sentido de implementação e pesquisas na área.

A proposta mais recente está tramitando na Câmara de Deputados Federais que é o projeto de lei 318/24 que determina que pelo menos 80% da energia usada

por órgãos federais devem ser provenientes da energia solar, caso essa proposta de lei consiga ser aprovada haverá investimento na geração própria nas modalidades de micro e minigeração distribuída.

Conforme o deputado Ricardo Ayres, será grande a redução de despesas para as contas públicas da União com a energia elétrica.

A proposta deste projeto Lei 318/24 impacta diretamente na visão global sobre o Brasil, uma vez que entende o compromisso do país com as medidas de transição energética necessárias ao combate às mudanças climáticas.

Neste sentido verificamos que o trabalho de caso que propõe uso de energia proveniente de energia solar em compartilhamento entre as unidades do Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (19° BPM) com a Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM) será muito importante para a economia de energia elétrica e também para diminuir a demanda da energia tradicional consumida pelo órgão.

Conforme os cálculos do investimento para a construção da usina e tempo de retorno do capital investido, verificou-se que em aproximadamente 02 ano e 06 meses, o Estado de Minas Gerais, a curto médio prazo, recebeu o retorno o valor investido com o valor positivo de R\$ 105.418,68, e no quarto ano o valor inteiro de R\$195.139,56 que era gasto com a energia tradicional, é importante também salientar que a performance do sistema é garantida em pelo menos 25 anos de uso.

Devemos considerar que o imóvel da Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM) é alugado, e que a qualquer momento precise mudar de imóvel, a unidade continuará a receber a energia necessária proveniente da usina instalada no Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (19° BPM).

Portanto, o objetivo do estudo deste trabalho é propor a economia de energia elétrica para o Estado de Minas Gerais com a implementação da usina fotovoltaica existente do Décimo Nono Batalhão de Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (19° BPM) em compartilhamento com a Décima Quinta Região da Polícia Militar (15 RPM) e também incentivar, que este projeto seja propagado para outras unidades da Polícia Militar nas diversas regionais localizadas em Minas Gerais.

Por fim, após as bibliografias citadas e as análises técnica e financeira inseridas neste trabalho, conclui-se que o compartilhamento de energia fotovoltaica entre as unidades da Policia Militar em Teófilo Otoni é viável e proporcionará

economia para o governo do Estado de Minas Gerais sendo que o retorno do investimento aos cobres do estado será em curto prazo.

### **Bibliografia:**

ABSOLAR (2024) - *Padarias do Rio aderem ao uso da energia solar por meio da geração distribuída compartilhada* – Reportagem publicada pelo Sistema Firjan – Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/padarias-do-rio-aderem-ao-uso-da-energia-solar-por-meio-da-geracao-distribuida-compartilhada/>- acessado em 19/09/2024

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Micro e Minigeração distribuída*. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida> - acessado em 02/09/2024

ANEEL. (2023). Resolução Normativa Aneel n.1059 – *aprimora as regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como as regras do sistema de compensação de energia elétrica; altera as Resoluções Normativas nº 920, de 23 de fevereiro de 2021, 956, de 7 de dezembro de 2021, 1000, de 7 de dezembro de 2021, e dá outras providências*. Disponível em:

<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.html>- acessado em 06/09/2024

ANEEL – *Micro e Minigeração Distribuída- FAQ pesquisável* — disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/micro-e-minigeracao-distribuida> - acessado em 26/09/24

ANTONIOLLI et al - REVISTA EMPREENDER E INOVAR – REEI. *Análise de Serviço de Energia Solar Fotovoltaica Compartilhada no Brasil* – Disponível em: <<https://periodicos.unifebe.edu.br/index.php/reei/article/view/624/458>>. Acessado em 10/06/2024

ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL – *Banco de dados terrestre* – Disponível em: [https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas\\_Solarimetrico\\_do\\_Brasil\\_2000.pdf](https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf) - acessado em 21/08/2024

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: 06 set. 2024.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. *Projeto estimula uso da energia solar na administração pública federal*. Disponível em:

<https://www.camara.leg.br/noticias/1039523-projeto-estimula-uso-da-energia-solar-na-administracao-publica-federal/> acessado em 28/08/2024

CEMIG – Mapa de disponibilidade de geração distribuída – Disponível em:

<https://geo.cemig.com.br/mca/Home/IndexData?tipoAcesso=1> – acessado em 18/09/2024

CEMIG – *tabela 7 -Dimensionamento da entrada de edificações e unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes de distribuição secundária trifásica(9127/220V) para atender aos fornecimentos com demanda entre 75,1 a 304 kVA* – disponível em: [https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2022/03/nd5\\_2\\_000001p.pdf](https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2022/03/nd5_2_000001p.pdf) - acessado em 18/09/2024

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EOLICA SÉRGIO DE S. BRITO – *Potencial Solar – SunData v 3.0* – Disponível em:

<https://cresesb.cepel.br/> - acessado em 02/09/2024

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos- *Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão*: Série Documentos técnicos 2 Brasília, DF: Centro de Gestão e estudos Estratégicos, 2010 – Disponível em:

[https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/2\\_2010\\_energia\\_fotovoltaica\\_2\\_9554.pdf/e6be4c52-a143-4464-9137-3cb2709ef280?version=1.4](https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/2_2010_energia_fotovoltaica_2_9554.pdf/e6be4c52-a143-4464-9137-3cb2709ef280?version=1.4) - acessado em 13/09/2024

EPE – Empresa de pesquisa energética – Balanço Energético nacional 2024 –

Disponível em: -<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-723/BEN2024.pdf> – acessado em 22/09/2024.

FARIA V. R – SPÍNDOLA G.M - *Análise Econômica - Financeira da Instalação de um Sistema de Energia Solar Fotovoltaica na Modalidade Geração Compartilhada em Goiás* - ANAIS – 6ª edição ERI.GO – Escola de Informática - Disponível em:

<<http://erigo.sbc.org.br/up/4/o/anais-v-erigo-2018.pdf>>Acesso em 06 de setembro de 2024

FILHO, João M. *Instalações Elétricas Industriais*. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2023. E-book. ISBN 9788521638643. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521638643/>. Acesso em: 10 set. 2024.

GOOGLE EARTH - 19° BPM da PMMG de Teófilo Otoni – *usina fotovoltaica instalada* – disponível em: [https://earth.google.com/web/@-17.84935163,-41.493536,325.63878561a,261.82443004d,35y,320.2368421h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBKDQj\\_\\_\\_\\_\\_8BEAA](https://earth.google.com/web/@-17.84935163,-41.493536,325.63878561a,261.82443004d,35y,320.2368421h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBKDQj_____8BEAA) – acessado em 09/09/2024. HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin. *Energia e meio ambiente*. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2014. *E-book*. ISBN 9788522116881. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522116881/>. Acesso em: 08 set. 2024.

IPEA – Instituto de pesquisa Econômica Aplicada – Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico – 2018.

Disponível em:

[https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td\\_2388.pdf](https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_2388.pdf) - acessado em 11/09/2024.

JR, Arlindo P.; REIS, Lineu Belico dos. *Energia e sustentabilidade*. Barueri: Editora Manole, 2016. *E-book*. ISBN 9786555761313. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555761313/>. Acesso em: 17 set. 2024.

LOPES DE ANDRADE, Júnior; MENDES, Luiz Maurício; *Microgeração fotovoltaica conectada à rede elétrica: considerações acerca de sua difusão e implantação no Brasil*. Revista Vértices, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 31–51, 2016. DOI: 10.19180/1809-2667.v18n216-03. Disponível em:

<https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/1809-2667.v18n216-03>. Acesso em: 08/09/ 2024.

LOZADA, Gisele; NUNES, Karina S. *Metodologia científica*. Porto Alegre: Grupo A, 2019. *E-book*. ISBN 9788595029576. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595029576/>. Acesso em: 10 set. 2024.

LUZ SOLAR – *Como funciona o sistema fotovoltaico* – Disponível em:

<https://luzsolar.com.br/como-funciona-o-sistema-fotovoltaico/> - acessado em 21/08/2024 às 17:01

NETO, Allana de Moura – *Geração Compartilhada de Energia Elétrica por meio de Consórcios e Cooperativas* – dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade tecnológica Federal do Paraná - Paraná, 2022. Disponível

em:<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30148/1/geracaocompartilhadaenergiaeletrica.pdf> - acessado em: 06/09/2024

PLATAFORMA PHB SOLAR – Folha de dados- tabela de inversores – Disponível em:[https://www.plataformaphbsolar.com.br/imagensite/diversos/folha\\_de\\_dados.pdf](https://www.plataformaphbsolar.com.br/imagensite/diversos/folha_de_dados.pdf) – acessado em 01/10/2024

PORTAL SOLAR. *A energia solar no mundo*. Disponível em:

<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-mundo> - acessado em 08/09/2024.

SANTOS, Marco Aurélio dos. *Fontes de Energia Nova e Renovável*. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2013. *E-book*. ISBN 978-85-216-2474-5. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2474-5/>. Acesso em: 10 set. 2024.

VIAN, Ângelo. *Energia Solar Fundamentos Tecnologia e Aplicações*. São Paulo: Editora Blucher, 2021. *E-book*. ISBN 9786555500592. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555500592/>. Acesso em: 09 set. 2024.



## ANEXOS



DOCUMENTO AUTORIZADO DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA E FOTOVOLTAICA  
 CNPJ 028740001-01, CNPJ 06.811.380/0001-08 e CNPJ 06.811.380/0002-09  
 AV. MARCOPOLO, 1200 - 17º ANDAR - ALA 1 - JARDIM SANTO AGOSTINHO  
 CEP: 30130-101 - RIO DE JANEIRO - RJ

SEGUNDA VIA

TARIFA SOCIAL DE ENERGIA ELÉTRICA - TERCIA DO CRUZEIRO - PIA 1 Nº 10.032, OF 24 DE JUNHO DE 2012

<b>PMMG</b> RUA ANTONIO ONOFRE 173 CS MARAJOARA 35803-077 TEOFILO OTONI, MG CNPJ 16.695.011/0001-00		Referente a <b>MAI/2024</b>	Vencimento <b>27/06/2024</b>	Valor a pagar (R\$) <b>3.176,52</b>
Nº DO CLIENTE <b>7000081371</b>		Nº DA INSTALAÇÃO <b>3001886526</b>		
		 NOTA FISCAL Nº 151796513 - SÉRIE 000 Data de emissão: 17/05/2024 Consulta pela chave de acesso em: <a href="http://www.sped.fazenda.mg.gov.br/spedmg/inf3e">http://www.sped.fazenda.mg.gov.br/spedmg/inf3e</a> chave de acesso: 31240506981180000116880001517965131025962280 Protocolo de autorização: 1312400165115778 18.05.2024 às 00:00:14		

Classe	Subclasse	Modalidade Tarifária	Anterior	Atual	Nº de dias	Próxima
Poder Público Trifásico	Poder Público Estadual	Convencional B3	18/04	17/05	29	19/06

Item de Fatura	Unid.	Quant.	Valores Faturados		PIB/COFINS	Base Calc. ICMS	Aliq. ICMS	ICMS	Tarifa Unit.
			Preço Unit.	Valor (R\$)					
Energia Elétrica	kWh	3.860	0,78624961	3.034,91	143,54	0,00	0,00	0,00	0,74906000
Contrib. Ilum. Pública Municipal				82,39					
Multa 2% sobre conta de 03/2024				89,85					
Juros 1%am sobre conta 03/24 pg 03/05/24				5,99					
Correção IPCA/MGPM s/ conta 03/24 pg 03/05/24				0,94					
Imposto Retido - IRPJ				-37,56					
<b>TOTAL</b>				<b>3.176,52</b>	<b>143,54</b>	<b>0,00</b>		<b>0,00</b>	

Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia kWh	ARB087025900	14.477	18.337	1	3.860

Informações Gerais			
Tarifa vigente conforme Res Anel nº 3.202, de 23/05/2023. Retenção de 1,2%, valor R\$ 37,56, conforme Art. 64 da Lei nº 9430, de 27/12/96. O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas. Leitura realizada conforme calendário de faturamento. É dever do consumidor manter os dados cadastrais sempre atualizados e informar alterações de atividade exercida no local. Faça sua adesão para recebimento da conta de energia por e-mail acessando <a href="http://www.cemig.com.br">www.cemig.com.br</a> . ABR/24 Band. Verde - MAI/24 Band. Verde.			

Histórico de Consumo			
MÊS/ANO	Cons. kWh	Média kWh/Dia	Dias
MAI/24	3.860	133,10	29
ABR/24	4.668	160,96	29
MAR/24	5.715	197,06	29
FEV/24	4.949	154,65	32
JAN/24	5.299	170,93	31
DEZ/23	5.105	182,32	28
NOV/23	4.658	145,56	32
OUT/23	4.103	132,35	31
SET/23	2.480	85,51	29
AGO/23	1.838	55,09	33
JUL/23	1.624	56,00	29
JUN/23	2.093	63,42	33
MAY/23	3.272	105,54	31

Fale com CEMIG: 116 - CEMIG Torpedo 22610 - Ouvidoria CEMIG: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e móveis.



Código de Débito Automático  
**000040453615**

Maio/2024

Instalação  
**3001886526**

Vencimento  
**27/06/2024**

Total a pagar  
**R\$3.176,52**

<b>PMMG - 16 RPM - COPOM</b> RUA HELMUTH NEUMANN 100 CX SAO JACINTO 35801-259 TECOFIL OTONI, MG CNPJ 16.695.071/0001-99		<b>Referente a</b> <b>MAI/2024</b>	<b>Vencimento</b> <b>27/06/2024</b>	<b>Valor a pagar(R\$)</b> <b>13.950,35</b>
<b>Nº DO CLIENTE</b> <b>7000081371</b>		<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3009016257</b>		
		<div>  </div> <p>             NOTA FISCAL Nº 15715322 - SÉRIE 000              Data de emissão: 07/06/2024              Consulte pela chave de acesso em:  <a href="http://www.sped.fazenda.mg.gov.br/spedmg/nfe">http://www.sped.fazenda.mg.gov.br/spedmg/nfe</a>              chave de acesso:              3124060698118000011686000157153221016410836              Protocolo de autorização: 1312400171130015              07.06.2024 às 19:59:23           </p>		

Classe	Subclasse	Modalidade Tarifária	Datas de Leitura			
Poder Público	Poder Público Estadual	THS Verde A4	Anterior	Atual	Nº de dias	Próxima
			30/04	31/05	31	30/06

Itens de Fatura	Unid.	Quant.	Valores Faturados					ICM8	Tarifa Unif.
			Preço Unit. (R\$)	Valor (R\$)	PI8/COFIN8	Base Calc. ICM8	Aliq. ICM8		
Demanda Ativa HFP	kW	76	20,50068892	1.558,04	69,79	0,00	0,00	0,00	19,58225806
Ultrapassagem HFP	kW	8	41,00137785	328,00	14,69	0,00	0,00	0,00	39,16451612
Energia Ativa HFP	kWh	14.637	0,43402227	6.352,77	284,60	0,00	0,00	0,00	0,41457807
Energia Ativa HP	kWh	1.968	2,12243441	4.176,94	187,12	0,00	0,00	0,00	2,02734935
Energia Reativa HFP	kWh	2.952	0,32833253	969,22	43,41	0,00	0,00	0,00	0,31362323
Contrib. Ilum. Pública Municipal				87,96					
Multa 2% sobre conta de 03/2024				317,80					
Multa 2% sobre conta de 04/2024				295,14					
Juros 1%a.m sobre pagamento em: 31/05/24				74,16					
Correção IPCA/IGPM s/ conta 03/24 pg 31/05/24				27,36					
Imposto Retido - IRPJ				-237,04					
<b>TOTAL</b>				<b>13.860,36</b>	<b>589,61</b>	<b>0,00</b>		<b>0,00</b>	

NOTIFICAÇÃO DE DÉBITO(\$)				Grandezas Contratadas	
Até 07/06/2024 constava(m) o(s) seguinte(s) débito(s):				Demanda Fora Ponto	88
Mês/Ano	Valor (R\$)	Débitos que sujeitam ao corte:		Demanda Geração	15
04/2024	14.933,37	Mês/Ano	Valor (R\$)		
			Prev. Corte		

<

DEC23	79	84	1.968	19.188	0	<p><b>Reservado ao Fisco</b></p> <p>DOCUMENTO SEM VALOR FISCAL - NÃO GERA DIREITO A CRÉDITO DE ICMS</p>
NOV23	78	91	2.091	19.188	0	
	-	-	-	-	-	

SE103	68	79	1.353	13.407	0			
ACQ023	50	63	1.230	11.808	0			
JUL23	36	43	984	9.102	0			
JUN23	41	54	960	9.240	0			
MAI23	49	67	1.320	12.240	0			

	Base de cálculo (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)
PASEP	13.384,97	0,80	107,06
COFINS	13.384,97	3,68	492,55

Fale com UEMG: 118 - UEMG Torpedo 20810 - Ouvidoria UEMG: 0800 7283838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e móveis



<b>Código de Débito Automático</b> 008070259703	<b>Instalação</b> 3009016257	<b>Vencimento</b> 27/06/2024	<b>Total a pagar</b> R\$ 13.950,35
--	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------------



TEÓFILO OTONI /MG, 31 DE OUTUBRO DE 2024

**CLIENTE:** POLICIA MILITAR DO ESTADO DE MINAS GERAIS

CNPJ: 16.695.025/0024-83

**ENDEREÇO:** RUA HELMUT NEUMANN 100 **BAIRRO:** SÃO JACINTO

**CIDADE:** TEÓFILO OTONI **ESTADO:** MG

**ENDEREÇO DA OBRA:** O MESMO

**Potência 237,6 kWp**

*Focado no mercado de micro geração de energia verde para casas e negócios, desenvolvemos todas as etapas desde a criação de seu projeto, ao planejamento e sua execução.*

*Delevy Inovações Tecnológicas – Promovendo autonomia energética!*

**Consultor:** MARCOS FRANCA

**Telefone de contato:** (33) 98713 4653

**E-mail:** [engenhariadelevy@gmail.com](mailto:engenhariadelevy@gmail.com)

### PROPOSTA PRELIMINAR

De acordo com as informações fornecidas até o momento, elaboramos um estudo de viabilidade e **Proposta preliminar sob medida**, sujeitos a alterações de acordo com as solicitações do cliente, espaço disponível, limitações técnicas e operacionais, para atender à sua demanda energética.

Sendo assim, sugerimos a implantação de um **sistema solar fotovoltaico, conectado a rede (grid-tie), de 237,6 KW** de potência instalada que irá gerar **28.500 kWh/mês**, proporcionando economia, conforto e segurança para o seu imóvel.

Veja abaixo um resumo do seu sistema:

Sistema	Potência instalada "kWp"	Número de placas UNID	Área necessária m²	Consumo médio mensal kWp/mês	Produção estimada kWh/mês	Autonomia alcançada %
comercial	237,6	432	1.100	28.226	28.500	100

**Obs.:** Vale ressaltar que os módulos fotovoltaicos possuem vida útil de 25 anos, com baixa manutenção, além de ser um sistema modular, podendo ser adaptado ao espaço disponível da cobertura ou à vontade do cliente no que diz respeito à potência instalada, número de placas fotovoltaicas, orçamento disponível, etc.

### SOLUÇÃO SOLAR

<b>DIAGNÓSTICO ATUAL</b>	
Consumo médio atual	28.226 kWh/mês
Classificação tarifária	TMS VERDE A4
Fatura mínima	Demanda contratada
Consumo a ser suprido	28.226 kWh/mês
<b>DADOS DE PRODUÇÃO</b>	
Potência instalada	237,6 kWp
Tipo de sistema	Grid-tie
Energia produzida	28.500 kWh/mês
<b>CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA</b>	
Potência nominal do módulo FV	550 W
Número de módulos	432
Área necessária (estimativa)	1.100 m²
Peso módulo	28,6 kg
Eficiência do módulo FV	21,3 %
Garantia do módulo FV	15 anos
Potência de saída do inversor	250.000 W
Garantia do inversor	10 anos
Garantia da estrutura	12 anos

### DETALHAMENTO DO ORÇAMENTO

DESCRIÇÃO	QUANT.	VALOR
<b>KIT SOLAR FOTOVOLTAICO GRID-TIE 237,6 kWp</b>		<b>300.000,00</b>
Módulo fotovoltaico 550W JA SOLAR	48	
Inversor conectado à rede elétrica (Grid Tie) PHB250K-MT	1	
Quadro DC/AC e Dispositivos de proteção	1	
Material de fixação FV	1	
Cabos & conexões para instalação elétrica e conexão à rede	1	
Sistema de monitoramento remoto via Wi-Fi ou cabo RJ-45	1	
<b>ENGENHARIA DE PROJETO E GERENCIAMENTO DAS OPERAÇÕES</b>		<b>R\$ 30.000,00</b>
Projeto executivo Civil & Elétrico	1	
Planejamento do empreendimento; Gestão de suprimento	1	
Gerenciamento, supervisão e fiscalização da obra	1	
Assistência à entrada em operação / Vistoria técnica	1	
Elaboração do pedido de conexão à rede	1	
Anotação de Responsabilidade Técnica (ART); Projeto e execução	1	
Obtenção das licenças junto à distribuidora de energia	1	
Solicitação de linhas de financiamento PF / PJ	1	
Coordenação e Logística de transporte	1	
<b>INSTALAÇÃO</b>		<b>R\$ 150.000,00</b>
Instalação elétrica	1	
Relatórios de inspeção e ensaio de comissionamento	1	
<b>PADRÃO CEMIG 800 AMPERES</b>	1	
<b>Total</b>		<b>R\$ 480.000,00</b>

QUATROCENTOS E OITENTA MIL REAIS

FORMAS DE PAGAMENTO: A ACOMBINAR

A VISTA OU FINANCIAMENTO



### CONDIÇÕES GERAIS DE VENDA

**OFERTA PREMIUM:** Este orçamento contempla todos os custos de implantação do projeto FOTOVOLTAICO: dimensionamento do arranjo, projeto civil e elétrico, transporte, instalação, bem como a assinatura do ART de projeto e de execução da obra. \*

**FORMA DE PAGAMENTO:** Oferecemos formas de pagamento variadas a depender do porte do projeto que podem se adaptar ao seu planejamento financeiro, a ser definida junto ao nosso setor comercial no ato da contratação do serviço: à vista (parcela única), parcelado na loja (1 entrada + 5 parcelas) ou financiado (mediante entrada mínima de 20%).

**VALIDADE:** Válido por 7 dias corridos.

**PRAZO DE INSTALAÇÃO:** Cronograma a combinar com o setor comercial.

**IMPOSTOS INCLUSOS:** PIS/COFINS, IPI e ICMS (Faturamento Pessoa Jurídica).

**GARANTIAS:** Conforme fabricante.

Módulos -	<b>15 anos de fábrica</b>
Inversor -	<b>10 anos;</b>
Estrutura -	<b>12 anos;</b>
Instalação -	<b>12 meses.</b>

*A presente proposta está sujeita a alterações conforme vistoria técnica ou informações repassadas posteriormente a este dimensionamento (acesso dificultado, especificidades operacionais, necessidade de equipamentos especializados, etc.).*

MARCOS FRANCA DA  
TRINDADE-05421930602

Assinado de forma digital por MARCOS  
FRANCA DA TRINDADE-05421930602  
Data: 2024.10.12 09:13:05 -0300

*Delevy Inovações Tecnológicas*



#### Dados do Cliente

Nome: POLICIA MILITAR ESTADO DE MINAS GERAIS

Endereço:

Bairro:

Cidade: TEOFILO OTONI

Cep:

Telefone:

E-mail:

#### Como Funciona o Sistema Fotovoltaico



#### Alguns dos Benefícios da Energia Solar

- Comprometimento sustentável com fontes limpas e seguras de energia;
- Até 95% de economia na conta de energia elétrica;
- Sem poluição ou emissão de gases de efeito estufa;
- Valorização imobiliária se dá em cerca de 10% com o sistema instalado;
- Energia limpa e renovável sempre disponível;
- Inovação tecnológica controlada para não prejudicar o meio ambiente;
- Com a economia gerada na conta de energia o retorno do investimento é garantido;
- Instalação rápida com mínima interferência na rotina da sua empresa ou casa;
- Painéis com durabilidade garantida de no mínimo 12 anos;
- Sistema financiado em até 100% pelos principais bancos com as menores taxas do mercado.
- O excedente de energia gerada pode ser utilizada em até cinco anos, ou o crédito pode ser abatido em outra conta.

☎ 33 9 9164-6082  
☎ 33 9 9997-9825

📧 @DUVALEENGENHARIA

✉ CONTATODUVALEENGENHARIA@GMAIL.COM

• PROJETO FOTOVOLTAICO • PROJETOS ELÉTRICOS • MANUTENÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS • VENDA DE MATERIAIS ELÉTRICOS



#### Dados do Consumo Atual de Energia

Tarifa (R\$/kWh)	1
Consumo Médio Mensal (kWh)	28960

#### Proposta de Sistema de Geração Solar

##### Classificação do Sistema

Com base nas informações de consumo, tarifa, tipo de instalação, e informações sobre o local de instalação, apresentamos o seguinte sistema:

Produção de Energia Recomendada (kWh)	28960
Potência Sugerida (Wp)	237600
Número de Módulos (600W)	396
Potência do Inversor (260.000W)	1
Área Necessária Para Instalação	1069,2 m²

\* Valores aproximados. Valores reais serão calculado no projeto final.

##### Garantias

Módulos Fotovoltaicos	12 anos contra defeitos de fabricação 30 anos de capacidade de geração
Inversores	10 anos
Estrutura Sustentação	12 anos
Instalação	1 anos

##### Equipamentos

Para execução de bom sistema fotovoltaico é suma importância que a instalação seja elaborada e executada com a máxima qualidade! Junto de uma boa instalação é necessário utilizar excelentes equipamentos, por isso optamos por trabalhar com as placas da SOLIS e inversores da marca TRINA SOLAR, Por serem referência no Brasil por suas respectivas qualidades.



☎ 33 9 9164-6082  
☎ 33 9 9997-9825

📷 @DUVALEENGENHARIA

✉ CONTATODUVALEENGENHARIA@GMAIL.COM

• PROJETO FOTOVOLTAICO • PROJETOS ELÉTRICOS • MANUTENÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS • VENDA DE MATERIAIS ELÉTRICOS





## Instalação e homologação

Estão incluídos no escopo desta proposta os seguintes serviços:

- Dimensionamento do sistema;
- Visita ao local de instalação;
- Elaboração do projeto do sistema conforme normas técnicas aplicáveis da concessionária de energia;
- Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) junto ao CREA;
- Fornecimento de todas as ferramentas, EPI's e EPC's necessários para perfeita execução do sistema fotovoltaico;
- Fornecimento de todos os equipamentos necessários para perfeita execução do sistema fotovoltaico, incluindo fretes;
- Fornecimento dos materiais necessários para suporte padrão e ligação dos equipamentos;
- Aprovação do projeto junto a concessionária de energia local;
- Instalação de malha de aterramento para proteção do sistema contra descarga elétrica;
- Instalação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica, incluindo deslocamento, hospedagem e alimentação da equipe;
- Interligação do sistema na rede da concessionária;
- Monitoramento 24 Hrs da produção de energia do sistema fotovoltaico;
- **A instalação do sistema fotovoltaico inclui duas manutenções (Uma a cada 6 meses);**
- A Du Vale Engenharia assume a responsabilidade de restaurar o telhado caso qualquer dano ocorra durante a instalação do sistema.

Os prazos, preços e demais condições apresentadas neste documento não incluem a execução dos seguintes serviços:

- Reforço das estruturas do telhado e/ou cobertura existente para recebimento dos equipamentos;
- Obras civis de qualquer natureza, como adequações no padrão de entrada, nova infraestrutura elétrica para interligação na rede interna existente e fundações para instalação dos painéis no solo (estamos considerando que os painéis serão instalados em cobertura ou telhado existente);
- Adequações ou reparos nas instalações elétricas existentes.

## Análise Financeira

### Valor Presente Líquido

Valor Presente Líquido ou VPL é o somatório dos termos de um Fluxo de Caixa Descontado. Quanto maior o VPL, mais lucrativo será o projeto ou novo negócio. O VPL indica qual o lucro que o projeto ou novo negócio trará.

### Taxa Interna de Retorno

Taxa Interna de Retorno, ou TIR é a taxa de juros para a qual o VPL é nulo. Quanto maior a TIR, melhor e mais lucrativo será o projeto ou novo negócio. Pense na TIR como a taxa de juros que uma aplicação financeira precisaria render para ser tão lucrativa quanto o projeto ou novo negócio.

Características Financeiras		
Preço do kWh no ano 0	R\$	1,00
Custo de Manutenção (%a.a.)		0,50%
Inflação Projetada (%a.a.)		6,00%
Inflação Energética Projetada (%a.a.)		10,00%

Resultados		
Valor do Investimento	R\$	500.582,69
Economia Média Mensal	R\$	29.181,95
Payback em Anos		1
Economia Total Gerada	R\$	32.981.875,90
Valor Presente Líquido	R\$	5.495.762,51
Taxa Interna de Retorno		261,23%
Geração estimada diária (kWh)		869,05
Geração estimada mensal (kWh)		26433,48
Geração estimada anual (kWh)		317201,70
Valor estimado do kWh com Ener Solar	R\$	0,07

33 9 9164-6082  
33 9 9997-9825

@DUVALEENGENHARIA

CONTATODUVALEENGENHARIA@GMAIL.COM

• PROJETO FOTOVOLTAICO • PROJETOS ELÉTRICOS • MANUTENÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS • VENDA DE MATERIAIS ELÉTRICOS



Gráfico 1. Retorno Financeiro Acumulado em 30 Anos

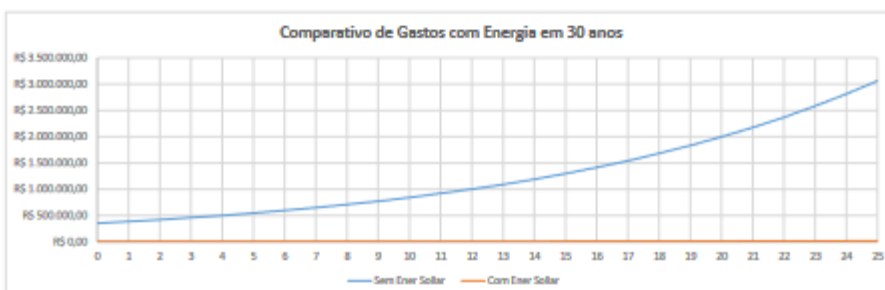


Gráfico 2. Comparativo de Gastos de Energia

#### Orçamento

Valor total do Investimento	R\$ 500.582,69
Forma de Pagamento	50% na assinatura do contrato e 50% na ligação da usina
Prazo Total Para Montagem e Funcionamento	60
Validade da Proposta	7 dias
Vendedor	Lucas Ornelas

#### Termo de Aceite

Declaro estar de acordo com os termos estabelecidos na proposta comercial e de serviços apresentados pela empresa Du Vale Engenharia Solar, incluindo todas as especificações técnicas, quantidade de equipamentos, condições comerciais, valores e forma de pagamento.

Itaobim/ MG- sexta-feira, 1 de novembro de 2024

Lucas Ornelas

Assinatura do Responsável

33 9 9164-6082  
33 9 9997-9825

@DUVALEENGENHARIA

CONTATODUVALEENGENHARIA@GMAIL.COM

• PROJETO FOTOVOLTAICO • PROJETOS ELÉTRICOS • MANUTENÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS • VENDA DE MATERIAIS ELÉTRICOS