

# A geração de energia elétrica fotovoltaica como complementação à utilização de geradores na manutenção de armamento em operações militares

*The generation of photovoltaic electric power as a complement to the use of generators in weaponry maintenance in military operations*

**Resumo:** Este estudo propõe a autoprodução elétrica numa Oficina de Manutenção de Armamento, a fim de racionalizar os gastos com combustível e aquisição de geradores nas operações militares por meio da geração fotovoltaica. Verificou-se a viabilidade técnica e econômica da aquisição de um Módulo de Energia de Campanha que suprisse 100% do consumo elétrico da fração. Foram levantados os tempos de utilização dos equipamentos que o compõem, para quantificar o consumo e avaliar o potencial de geração elétrica que torne tecnicamente viável o projeto. Foi, ainda, quantificado o combustível e seu valor de compra, com objetivo de mensurar o gasto diário no custeio da eletricidade. Também foi quantificado o custo na aquisição de geradores, para calcular a economia gerada no empreendimento. Então, o módulo foi dimensionado e empresas especializadas geraram propostas para sua construção. De posse do valor do investimento e da economia gerada, foi comprovada a viabilidade econômica do projeto, contabilizando 150 dias de operação para o retorno do investimento, com base em um ciclo de vida do módulo de 13 anos.

**Palavras-chave:** Logística, Geração Distribuída Fotovoltaica, Módulo de Energia de Campanha, Viabilidade Técnica e Econômica, Operações Militares.

**Abstract:** This study proposes the self-production of electricity in an Armament Maintenance Workshop to rationalize fuel expenses and the acquisition of generators in military operations via photovoltaic generation. The technical and economic feasibility of acquiring a Campaign Energy Module was verified, which would supply 100% of the unit's electrical consumption. The usage times of the equipment comprising the module were surveyed, to quantify consumption and assess the potential for electrical generation, ensuring the project's technical viability. Fuel consumption and its purchase value were also quantified to measure the daily expenditure on electricity. Moreover, the cost of purchasing generators was quantified, to estimate the savings generated by the project. The module was then designed and specialized companies submitted proposals for its construction. Based on the investment value and projected savings, the economic viability of the project was proven, with an estimated return on investment after 150 days of operation, considering a 13-year life cycle for the module.

**Keywords:** Logistics, Photovoltaic Distributed Generation, Campaign Energy Module, Technical and Economic Feasibility, Military Operations.

**Henrique Fernandes Castro** 

Exército Brasileiro, Escola de Comando e Estado Maior do Exército (ECEME).  
Rio de Janeiro, RJ, Brasil.  
castro1047@gmail.com

**Gilson Debastiani** 

Exército Brasileiro, Diretoria de Obras Militares (DOM).  
Brasília, DF, Brasil.  
debastiani.gilson@eb.mil.br

**Recebido: 19 ago. 2024**

**Aprovado: 11 jul. 2025**

**COLEÇÃO MEIRA MATTOS**

**ISSN on-line 2316-4891 / ISSN print 2316-4833**

<http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/RMM/index>



Creative Commons  
Attribution Licence

## 1 INTRODUÇÃO

A arte da guerra tem evoluído constantemente ao longo da história e, nesse sentido, o Exército Brasileiro, ciente dos desafios impostos pelo emprego das mais avançadas tecnologias, num cenário de amplo espectro dos conflitos, trabalha diuturnamente no aprimoramento de suas capacidades, de forma a estar apto a, cada vez melhor, cumprir suas missões constitucionais.

A logística, função de apoio ao combate, essencial ao desenvolvimento de todas as fases do conflito, é amplamente impactada pelas mudanças na forma de conduzir a guerra, em especial no que se refere ao aprimoramento dos sistemas de armas e demais produtos de defesa empregados. Como consequência, o Exército Brasileiro procura adaptar, sempre que necessário, a Doutrina Militar Terrestre (DMT) e, nesse caso em particular, a Logística Militar Terrestre, no intento de sustentar com efetividade suas tropas quando empregadas nas mais diversas situações.

O emprego de equipamentos com alta tecnologia embarcada e a elevada intensidade dos combates da atualidade têm aumentado exponencialmente os trabalhos de manutenção durante as operações militares. Consequentemente, as oficinas de manutenção demandam uma quantidade significativa de energia elétrica no desenvolver de suas atividades, exigindo a utilização de numerosos geradores de campanha e grande consumo de combustível.

Nesse sentido, o aproveitamento de fontes alternativas para geração de energia elétrica, a exemplo da energia fotovoltaica, surge como possibilidade interessante para alteração desse quadro.

Este trabalho pretende, a partir da estimativa do consumo e demanda de energia elétrica de uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve, desdobrada em apoio ao conjunto (Ap Cj)<sup>1</sup> ao Batalhão de Manutenção (B Mnt)<sup>2</sup>, dimensionar um Módulo de Energia de Campanha (MEC) com geração fotovoltaica *off grid* transportável que apresente viabilidade técnica, econômica e operacional, reduzindo a necessidade do emprego de geradores de campanha, com menor consumo de combustível fóssil nas atividades logísticas de manutenção em operações e menor pegada de carbono durante o emprego de tropa.

### 1.1 Problema, objetivos e relevância

O Brasil figura entre os países com maior presença de fontes renováveis na sua matriz elétrica, tendo elas representado 89,2% da oferta interna de energia elétrica disponibilizada em 2023, segundo relatório do Balanço Energético Nacional 2024 – Ano base 2023 (Brasil, 2024, p. 39).

Nas operações militares, em especial quando a natureza das atividades exige mudanças de localidade constantes e atuação em áreas isoladas, essa realidade não se configura. A demanda por energia elétrica é, na maioria das vezes, suprida por meio da utilização de geradores de campanha, que consomem elevada quantidade de combustível de origem fóssil, aumentando a pegada de carbono nas operações militares.

1 Segundo o Manual de Campanha EB70-MC-10.238 (Brasil, 2022, p. 48), é aquele proporcionado “por um elemento de apoio logístico em relação a todos ou vários elementos apoiados com os quais possui vinculação específica”.

2 Segundo o Manual de Campanha EB70-MC-10.368 (Brasil, 2021, p. 15), “é um elemento de apoio logístico que realiza atividades e tarefas específicas das funções logísticas de manutenção e salvamento em proveito das ações de sustentabilidade das organizações militares mais avançadas na zona de combate (ZC)”.

Nesse contexto, mesmo tendo uma participação ainda incipiente no cenário elétrico nacional, de 7,0%, a energia fotovoltaica é a que mais cresce no mundo (Brasil, 2024, p. 38). Por outro lado, a produção de energia elétrica por meio de derivados do petróleo tem apresentado uma queda significativa no Brasil, principalmente por essa ser uma fonte que causa grandes impactos ambientais e devido, ainda, ao seu elevado custo.

Dito isso, o problema de pesquisa deste trabalho consiste no seguinte questionamento: **Em que medida a implementação de um Módulo de Energia de Campanha em uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve reduziria o consumo de combustível fóssil decorrente da necessidade de utilização de geradores de campanha para produção de energia elétrica durante as operações militares?**

Com vistas à resolução de tal problemática, com fundamentação teórica e adequada profundidade de investigação, foi definido o seguinte objetivo geral: **verificar a viabilidade técnica e econômica da implementação de um Módulo de Energia de Campanha em uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve quando desdobrada em apoio conjunto ao batalhão de manutenção durante operações militares.**

A partir do diagnóstico energético apresentado, aliado ao dimensionamento do MEC, será confeccionado um modelo sustentável para geração alternativa de energia elétrica em uma estrutura logística de campanha, que poderá ser reproduzida nas demais frações do Exército Brasileiro.

Para viabilizar a consecução do objetivo geral deste estudo, o artigo está organizado da seguinte maneira: a seção 2, intitulada “Metodologia”, detalha os procedimentos utilizados na pesquisa. A seção 3 apresenta o referencial teórico que fundamenta a compreensão da temática abordada. Na seção 4 são apresentados os resultados obtidos ao longo do estudo. Por fim, a seção 5 discute as principais conclusões e implicações do trabalho.

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho teve por finalidade realizar o dimensionamento e analisar o estudo de viabilidade econômica da implantação de um Módulo de Energia de Campanha em uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve do batalhão de manutenção quando atuando em operações militares.

Buscou-se conhecer os impactos que a autoprodução de energia elétrica, por meio da fonte solar, causaria no emprego de geradores, bem como no consumo de combustível fóssil, durante o funcionamento de uma fração logística de manutenção em campanha.

A metodologia adotada partiu de uma revisão bibliográfica, a qual utilizou legislações, teses, dissertações, artigos e outros referenciais, nacionais e internacionais, já tornados públicos em relação ao tema “geração de energia elétrica”, com foco em fontes renováveis de energia, especialmente a solar fotovoltaica, o que ofereceu subsídios para a identificação de procedimentos, vantagens e limitações ligados à temática.

Por meio de pesquisa documental e da experiência profissional do pesquisador, foram levantados os equipamentos elétricos necessários para o efetivo funcionamento de uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve, integrante de um batalhão de manutenção, quando empregada em operações militares.

Nesse sentido, foi estimada a média de horas diárias de funcionamento de cada equipamento durante as operações, de modo a quantificar o consumo e a demanda de energia elétrica dessa estrutura logística e avaliar a necessidade do potencial de geração elétrica para suportá-la.

Também foi estimado o consumo de combustível dos geradores de campanha, utilizados conforme a base doutrinária do Exército Brasileiro, nessa mesma situação, de forma a levantar os custos envolvidos no processo e verificar a viabilidade econômica da implantação do MEC.

O estudo, a partir dos dados colhidos nas fases anteriores, buscou realizar o correto dimensionamento do MEC, calculando a geração diária fornecida por cada módulo fotovoltaico. Dessa forma, dimensionou-se a quantidade de painéis fotovoltaicos e baterias necessárias para suprir a demanda energética da Oficina de Manutenção de Armamento Leve, bem como levantou-se a compatibilidade do inversor e dos equipamentos adicionais necessários. O levantamento da geração de energia foi ratificado com o emprego de software específico, denominado PVSyst®, largamente empregado em dimensionamentos fotovoltaicos, tanto para sistemas *on grid* como *off grid*.

Por fim, foram solicitados, a empresas especializadas, orçamentos para construção do MEC, de forma a quantificar o investimento necessário à implementação do projeto, possibilitando, assim, a verificação da sua viabilidade técnica e econômica.

Uma limitação do estudo foi a dificuldade de estimar os equipamentos constantes de uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve, visto que não existe, no âmbito do Exército Brasileiro, nenhuma legislação nem regulamentação que fixe a configuração básica de tal estrutura.

O Quadro de Distribuição de Material (QDM) do Batalhão de Manutenção, documento doutrinário de acesso reservado que discrimina os materiais orgânicos de cada fração da unidade, ainda se encontra em fase de confecção, existindo apenas uma versão experimental, que é bastante limitada quanto aos equipamentos constantes do Pelotão de Manutenção de Armamento<sup>3</sup>.

Outra limitação relevante foi encontrar empresas especializadas no ramo da instalação de painéis fotovoltaicos que voluntariamente fornecessem os orçamentos necessários ao escopo do trabalho.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Para que se possa mensurar a inter-relação entre “geração fotovoltaica” e “racionalização da utilização de geradores em campanha”, é necessário entender como a implantação de sistemas fotovoltaicos vem, desde o seu surgimento até os dias atuais, impactando a produção de energia elétrica de pequena escala no Brasil.

A compreensão de como são gerenciados a necessidade de energia elétrica em operações militares e os custos envolvidos nesse processo é relevante para a elucidação da problemática apresentada. A partir desse entendimento “amplo” é que abrir-se-á a possibilidade de uma abordagem analítica e, conseqüentemente, um estudo detalhado sobre o assunto.

Com o intuito de discorrer sobre as questões propostas, esta seção dividir-se-á nos seguintes tópicos: geração distribuída, energia fotovoltaica, sistemas fotovoltaicos, Módulo de Energia de Campanha e métodos convencionais de retorno.

3 Fração integrante do B Mnt responsável por mobiliar e operar as Oficinas de Manutenção de Armamento.

### 3.1 Geração distribuída

Historicamente, a geração de energia elétrica brasileira foi concentrada em grandes usinas, responsáveis por produzir eletricidade, e distribuída aos consumidores finais por meio de uma extensa rede de transmissão e distribuição.

No entanto, esse modelo centralizado apresenta desafios concretos que impactam a eficiência, a resiliência e a sustentabilidade do sistema energético. Estima-se que as perdas de energia durante a transmissão podem atingir até 8% em linhas de alta tensão, representando uma quantidade significativa de energia desperdiçada ao longo do percurso, especialmente pela grande extensão territorial do Brasil, onde a distância entre as usinas hidrelétricas na Amazônia e os centros urbanos pode ultrapassar 2 mil km.

A vulnerabilidade a falhas em grandes usinas ou linhas de transmissão foi evidenciada em eventos recentes, como o apagão ocorrido no Brasil em 2009, que deixou cerca de 60 milhões de pessoas sem energia por várias horas devido a uma falha na transmissão de uma linha de alta tensão.

Objetivando dirimir essas questões, o mundo está se movendo rapidamente para adotar mais estruturas de geração de energia pequenas e locais. Governos em todo o mundo querem acelerar a transição de um modelo de geração de energia completamente centralizado para um distribuído (Berrío; Zuluaga, 2014).

Outro aspecto relevante é o impacto ambiental causado pela queima de combustíveis fósseis: segundo dados da Agência Internacional de Energia (AIE), as usinas termoeletricas a carvão, gás natural e petróleo são responsáveis por aproximadamente 40% das emissões globais de CO<sub>2</sub>. Um exemplo emblemático brasileiro é a usina de Belo Monte, que, apesar de ser uma grande fonte de energia renovável, também levanta debates sobre os impactos ambientais e sociais relacionados à sua construção e operação em plena Amazônia Legal.

Nesse contexto, a geração distribuída (GD) propõe uma abordagem descentralizada, na qual a geração de energia ocorre em uma escala menor e mais localizada, muitas vezes próxima aos pontos de consumo. Barker, Raitt e Weisenmiller (2013) definem GD como um sistema de geração que deve ter até 20 MW em tamanho, composto por combustíveis e tecnologias renováveis e que esteja conectado à rede de baixa tensão ou que forneça energia diretamente ao consumidor final.

Por fim, fica clara para efetividade do empreendimento, em termos de geração de energia elétrica pela fonte solar, a necessidade de um aprofundamento dos conceitos sobre energia fotovoltaica.

### 3.2 Energia fotovoltaica

A energia fotovoltaica é uma forma de energia renovável que converte a luz solar diretamente em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico. Este se manifesta em certos materiais, chamados semicondutores, que são capazes de gerar uma corrente elétrica quando expostos à luz solar.

A utilização direta da luz solar representa tecnicamente uma alternativa viável e sustentável, apresentando soluções para as demandas energéticas com imenso potencial para produção de eletricidade por meio da tecnologia fotovoltaica (Tavares, 2020), que pode ser empregada em projetos conectados à rede (*on grid*) ou em sistemas isolados (*off grid*).

### 3.3 Sistemas fotovoltaicos

Existem diversas aplicações para os sistemas fotovoltaicos, sendo as mais comuns relativas a bombeamento de água, telecomunicações, monitoramento remoto e fornecimento de eletricidade para instalações, entre outros. **Devido à destinação deste trabalho, analisaremos apenas as implicações relativas ao fornecimento de eletricidade para instalações.**

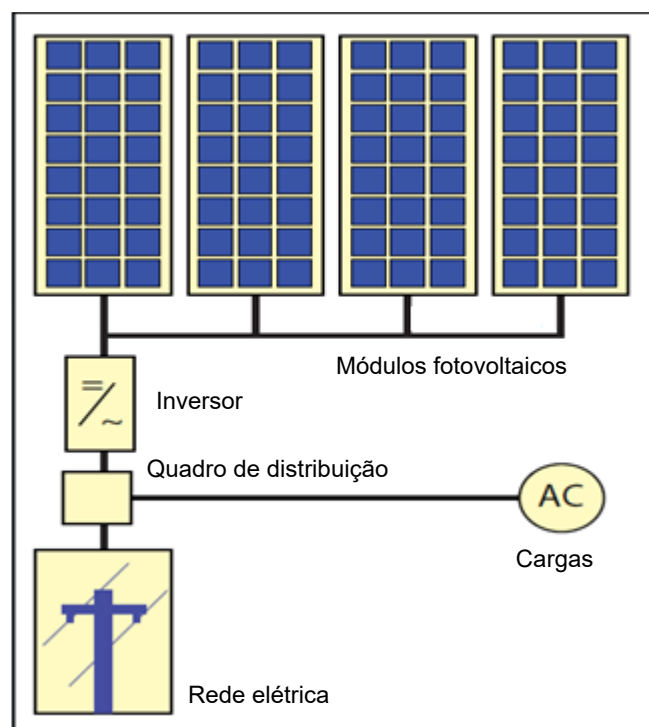
#### 3.3.1 Sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR)

A grande diferença do SFCR para o sistema fotovoltaico isolado (SFI) é a não necessidade da instalação de baterias, devido a ele estar conectado diretamente à rede elétrica, funcionando, assim, como uma fonte complementar ao sistema elétrico ao qual está conectado.

A Nota Técnica EPE (Brasil, 2012) explica que, em um sistema conectado em paralelo à rede elétrica, a corrente contínua produzida pelos módulos deve ser convertida em corrente alternada.

Dessa forma, os inversores devem fazer parte do sistema não apenas em função dos equipamentos eletrônicos que poderão ser acoplados a ele, mas principalmente para executarem funções específicas de reconhecimento de defeitos internos à instalação, proteção de sobretensão e sobrecorrente, ajuste contínuo do ponto de máxima potência em função da temperatura e adequação do comportamento dinâmico da geração em resposta às necessidades específicas da rede elétrica. A Figura 1 exemplifica um SFCR de forma simplificada.

Figura 1 – Esquema de representação de um sistema fotovoltaico conectado à rede



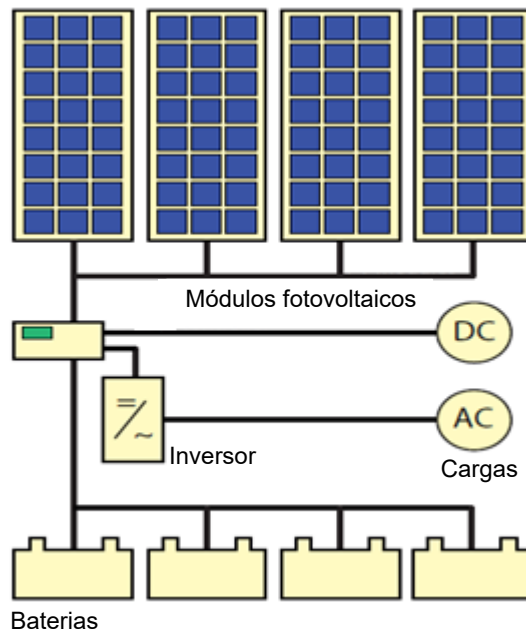
Fonte: Jäger *et al.* (2014, p. 221).

### 3.3.2 Sistemas fotovoltaicos isolados (SFI)

Jäger *et al.* (2014) apresenta os sistemas fotovoltaicos isolados como dependentes exclusivamente da energia solar. Esses sistemas podem ser constituídos apenas por módulo fotovoltaico e inversor<sup>4</sup>, entretanto, nesse caso, seria possível somente o consumo proporcional à radiação solar durante as horas de dias ensolarados, ficando a unidade sem energia no período noturno e nos dias com menor irradiação solar. Para contornar esse problema, devem ser instaladas baterias para o armazenamento de energia.

Nos sistemas com baterias é necessária a instalação de um controlador de carga que desconecte o módulo PV do sistema quando a bateria estiver carregada e o reconecte quando a bateria chegar em um certo limite de descarga, aumentando o rendimento do conjunto e prolongando a vida útil do sistema. A bateria deve, ainda, ser dimensionada corretamente para que acumule carga suficiente da energia produzida durante o dia para ser usada durante a noite e nos períodos de condições climáticas desfavoráveis. A Figura 2 demonstra um sistema fotovoltaico isolado de forma simplificada, e a Figura 3 um exemplo de sistema fotovoltaico domiciliar.

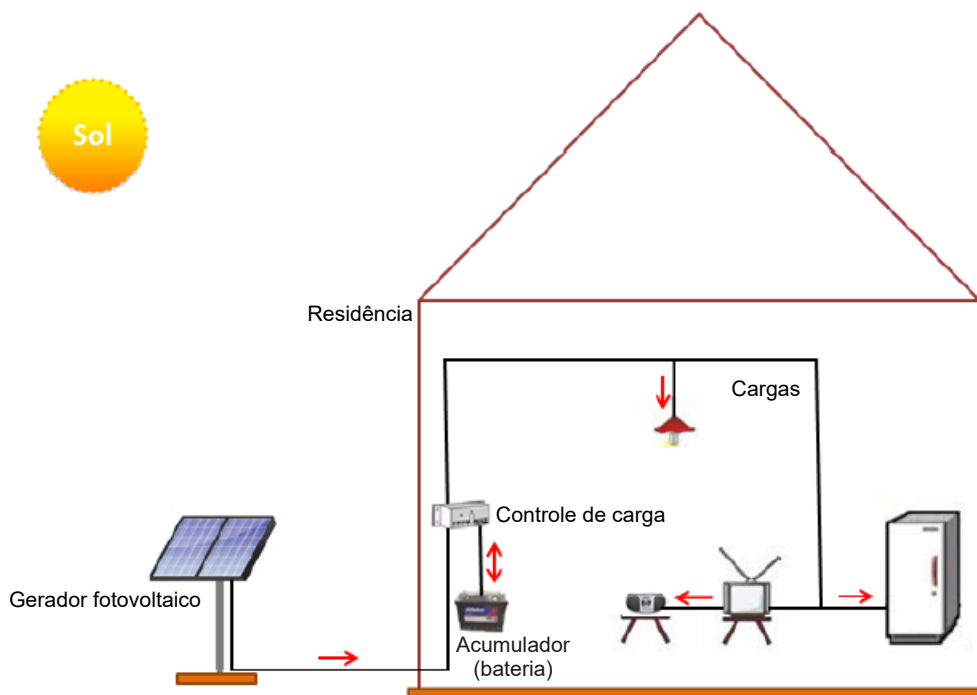
Figura 2 – Esquema de representação de um sistema fotovoltaico isolado simples



Fonte: Jäger *et al.* (2014, p. 220).

<sup>4</sup> Circuito inversor é um dispositivo que converte corrente elétrica contínua em corrente alternada. No SFI ele é necessário para conexão de equipamentos eletrônicos ao sistema, uma vez que estes necessitam da corrente alternada para o seu correto funcionamento.

Figura 3 – Diagrama simplificado do sistema fotovoltaico domiciliar isolado



Fonte: Pinho e Galdino (2014, p. 259).

### 3.4 Módulo de Energia de Campanha

Operações Militares demandam energia elétrica. Nesse contexto, o Departamento do Exército dos Estados Unidos (United States Department of the Army, 2024, p. VII) enfatiza o entendimento de que as guerras modernas se sustentam em sistemas alimentados por eletricidade, tornando a energia elétrica um elemento essencial a todas as funções de combate. Sua doutrina prevê uma série de estruturas com capacidade de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica nos mais diversos níveis.

O Departamento do Exército dos Estados Unidos (United States Department of the Army, 2024, p. 1-5) explica que os sistemas de energia táticos têm capacidade limitada de geração e distribuição de energia, mas possibilitam maior mobilidade às tropas. O manual adiciona que esses sistemas são dimensionados de acordo com os requisitos da unidade e que as fontes de energia elétrica incluem dispositivos de energia individual, geradores, células de combustível, energia híbrida, energia armazenada e fontes alternativas e renováveis de energia.

O Exército Brasileiro, de forma diferente do Exército Norte-Americano, ainda não dispõe de elementos específicos com a missão e capacidade de prover a energia elétrica em combate. Normalmente as próprias unidades recebem a incumbência de disponibilizar a energia elétrica necessária ao funcionamento das suas estruturas e equipamentos, podendo, em casos especiais, ser atendidas por tropas de apoio logístico.



Ao mesmo tempo, a DTM trabalha o Conceito Operativo do Exército inserido num ambiente de operações no amplo espectro dos conflitos. O Exército Brasileiro (Brasil, 2017, p. 2-16) define que a atuação da Força Terrestre é sujeita à combinação simultânea ou sucessiva de operações ofensivas, defensivas e de cooperação e coordenação com agências, podendo ocorrer em situação de guerra e de não guerra.

Esse conceito abrange a demanda das unidades integrantes da Força Terrestre, que exigem flexibilidade e modularidade na aplicação dos seus meios. Nesse sentido, em especial no nível tático, de maneira similar ao Exército dos Estados Unidos, o Exército Brasileiro também necessita de sistemas de energia providos de alta mobilidade e que entreguem capacidade de geração e distribuição de energia elétrica.

O Módulo de Energia de Campanha é um sistema de energia fotovoltaica, de pequeno porte, que dispensa conexão com a rede de energia da concessionária e opera como um sistema elétrico isolado (Debastiani, 2023, p. 2). Esse dispositivo pode ser configurado de acordo com a necessidade de geração de energia elétrica, além do tamanho e peso compatíveis com a estrutura e operação em que for empregado.

O Departamento do Exército dos Estados Unidos (United States Department of the Army, 2024, p. 2-6) demonstra que, dependendo das variáveis da missão e das condições ambientais, fontes alternativas de energia podem suplementar ou substituir conjuntos convencionais de geração energética, reduzindo a necessidade de aquisição externa de combustível fóssil.

Esse documento aponta que módulos fotovoltaicos conectados a um conjunto de baterias e a um painel de controle são um exemplo comum de fonte energética alternativa empregada no nível tático. A Figura 4 ilustra essa configuração para geração elétrica em campanha.

**Figura 4 – Dispositivos de fonte fotovoltaica em campanha**



**Fonte:** United States Department of the Army (2024, p. 2-8).

O Exército Brasileiro, por meio do Departamento de Engenharia de Construção (DEC), tem procurado alternativas para se inserir nessa realidade de geração energética por meio da utilização de fontes alternativas e autossustentáveis.

O Quadro 1 descreve a especificação técnica de um protótipo de Módulo de Energia de Campanha, desenvolvido pela Diretoria de Obras Militares, com capacidade de geração de energia fotovoltaica de cerca de 9 kWh por dia e com armazenamento de 5 kWh.

**Quadro 1 – Configuração do protótipo do Módulo de Energia de Campanha**

Nº	Equipamentos	Quant.	Função
1	Módulo fotovoltaico de 550 Wp	4	Geração de energia elétrica de origem solar fotovoltaica.
2	Inversor <i>off grid</i> de 3 kW, com controlador de cargas integrado	1	O inversor permite a inversão da energia gerada pelos módulos fotovoltaicos, de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA). Já o controlador de cargas integrado permite o gerenciamento da energia armazenada e protege a bateria, evitando surtos de sub e sobretensão.
3	Bateria de lítio, com capacidade de armazenar 5 kWh	1	Armazenamento da energia produzida durante o dia para utilização no período da noite.
4	Transformador 127V/220V	1	Permite fornecer a energia nas tensões de 127V e 220V, possibilitando o emprego do Módulo de Energia de Campanha em todas as regiões do Brasil.
5	Estrutura tipo lastro solar	1	Permite a fixação dos módulos fotovoltaicos.
6	<i>String box</i>	1	Fornece o gerenciamento da energia produzida.
7	Dispositivos de proteção de surtos (DPS) e disjuntores	8	Realiza o gerenciamento de proteções de surtos em CC e CA, bem como o desligamento geral do quadro, das tomadas (127V e 220V) e do sistema de exaustores.
8	Sistema de ventilação forçada (exaustor e ventilador)	1	Permite o controle interno da temperatura de trabalho do quadro elétrico, evitando o superaquecimento. É composto por um ventilador na parte inferior e um exaustor na parte superior, instalados em lados opostos do quadro elétrico, maximizando a troca de calor.
9	Quadro elétrico autoportante	1	Fornece abrigo ao inversor, <i>string box</i> , transformador, sistema de exaustor/ventilador, aos DPS e disjuntores. Também dá suporte para a instalação externa da bateria de lítio. É dotado de um sistema de estacionamento, com quatro apoios, e duas rodas para facilitar o deslocamento do quadro.

**Fonte:** Debastiani (2023, p. 2).

### 3.5 Métodos convencionais de retorno

Wantroba (2007) apresenta vários métodos para avaliação de investimentos e tomada de decisão sobre a aceitação ou não destes. Nesse sentido, o trabalho destaca os seguintes métodos:

- *Payback*;
- *Payback* descontado;
- Valor presente líquido;
- Taxa interna de retorno;
- Taxa interna de retorno modificada.

Devido à análise matemática do custo do investimento servir, no escopo deste estudo, como meio auxiliar para análise dos dados colhidos, e não um objetivo em si, destacaremos os dois primeiros métodos, por serem mais simples e adequados às nossas necessidades.

### 3.5.1 Payback

Segundo Wantroba (2007), pode ser definido como o número de anos ou meses para recuperar o valor do investimento, sendo o primeiro método formal utilizado para se descobrir o tempo de retorno que um investimento leva para se pagar.

É calculado pela razão entre o investimento e a receita, somando-se os fluxos futuros de caixa para cada ano até que o custo inicial do projeto de capital seja pelo menos coberto. Ou seja, quanto maior o tempo de retorno, menos interessante o investimento se torna (Wantroba, 2007).

### 3.5.2 Payback descontado

Segundo Wantroba (2007), a maior crítica envolvendo o cálculo do *payback* sempre foi a de que ele não leva em consideração o valor do dinheiro no tempo. O *payback* descontado leva esse fator em conta, utilizando fluxos de caixas expressos em valores presentes. Para isso ele utiliza a fórmula do valor presente a juros compostos.

$$VP = \frac{VF}{(1 + k)^n}$$

Em que “VP” é o valor presente, “VF” é o valor futuro, “k” é a taxa de juros e “n” é o número de períodos constatados entre a data atual e a de quitação do empreendimento (Wantroba, 2007).

Vendo o fato que somente são analisados os fluxos de caixa durante o período de *payback*, não levando em conta os fluxos além desse período, pode ocorrer de o projeto ser dado como inválido por levar muito tempo para ser pago (Wantroba, 2007).

Dessa forma, pode-se concluir que o investimento necessário para aquisição do MEC deve ter um custo adequado à economia que ele proporcionará em consumo de combustível e diminuição da necessidade de compra de geradores, sob o risco de esse investimento não ser viável economicamente.

## 4 RESULTADOS

A seguir, são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa realizada por meio de revisão literária, estimativa de gastos com combustível, dimensionamento do Módulo de Energia de Campanha e dos orçamentos das empresas especializadas, com a finalidade de extrair argumentos, informações e dados conclusivos acerca do problema levantado.

### 4.1 Consumo de óleo diesel pela Oficina de Manutenção de Armamento Leve

Este tópico enfocou a quantificação do consumo médio diário de óleo diesel para funcionamento de uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve no contexto de uma operação militar. Também foi levantada a média de gastos com o custeio da aquisição desse combustível nesse mesmo contexto, além do quantitativo de geradores de campanha empregados e os custos envolvidos em sua aquisição.

Como o objetivo do MEC é suprir a totalidade da demanda de eletricidade da estrutura logística, eliminando a necessidade da utilização de geradores de campanha para esse propósito, a média diária do consumo foi calculada numa situação de esforço logístico máximo, quando a necessidade de manutenção de armamento é a maior admitida.

O consumo de combustível foi calculado tendo como base o gerador de menor potência existente no mercado e previsto na base doutrinária do Exército Brasileiro, com capacidade de geração suficiente para suprir a demanda energética da estrutura hora estudada. Ainda, foi considerado o cenário em que não há nenhuma outra fonte de energia, obrigando a utilização do gerador nas 24 horas do dia.

Os gastos para o custeio energético no funcionamento da Oficina de Manutenção de Armamento Leve em campanha foram estimados por meio da precificação existente no Processo Licitatório nº 00017/2022(SRP), do Centro de Obtenções do Exército, Organização Militar integrante do Comando Logístico (COLOG), Órgão de Direção Setorial (ODS) que realiza as grandes aquisições logísticas no âmbito do Exército Brasileiro.

De forma análoga, o montante necessário para aquisição de geradores de campanha foi extraído do Resultado de Compra 007/2023 do Comando da 1ª Brigada de Cavalaria Mecanizada, processo licitatório mais atual realizado pelo Exército Brasileiro encontrado no Painel de Compras do Governo Federal que levou em consideração os geradores de campanha previstos no QDM experimental constante na base doutrinária do Batalhão de Manutenção.

#### 4.1.1 Estimativa do consumo de combustível

A Tabela 1 apresenta uma configuração dos equipamentos elétricos que compõem uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve padrão do Batalhão de Manutenção, bem como uma estimativa do tempo de funcionamento e o consumo de energia elétrica desses equipamentos durante um dia de operações, em uma situação de esforço logístico máximo.

Tabela 1 – Consumo elétrico de uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve

Nº	Descrição do equipamento	Quant.	Potência	Tempo de uso	Consumo elétrico
1	Furadeira e rosqueadeira de bancada industrial trifásico 380V	1	750 W	4 horas	3 kWh
2	Compressor de Ar 60 Pés 200Litros com Motor Aberto Trifásico 220/380V	1	5 HP / 3,75 kW	4 horas	15 kWh
3	Motoesmeril 1HP Trifásico 220/380V 60Hz	1	1 HP / 750 W	2 horas	1,5 kWh
4	Notebook 14"	2	60 W	12 horas	1,44 kWh
5	Lâmpada led	4	20 W	12 horas	0,96 kWh
7	Carregador de celular	4	50 W	06 horas	1,2 kWh
8	Climatizador de ar industrial 220V	2	210 W	12 horas	5,04 kWh
CONSUMO TOTAL					28,14 kWh

Fonte: Elaboração própria.

A análise da Tabela 1 nos permite estimar o consumo de energia elétrica média diária por meio da seguinte fórmula:  $\text{Consumo (kWh)} = \text{Potência (W)} \times \text{Tempo de uso (h)} / 1000$ , na qual o consumo de cada equipamento deve ser calculado de forma individualizada, considerando as informações do fabricante quanto à potência e à quantidade e tempo de uso empregado.

Dessa forma, o consumo médio total foi consubstanciado pelo somatório das potências dos equipamentos listados, constantes na Oficina de Manutenção de Armamento Leve, permitindo a apuração de um consumo elétrico em torno de 28 kWh. A potência máxima demandada, com todos os equipamentos ligados simultaneamente, é aproximadamente 5,8 kW.

A Tabela 2 demonstra as relações matemáticas para conversão da potência máxima demandada, em kW, para quilovolt-ampere (kVA), unidade de medida constante do Sistema Internacional de Unidades (SI) e em que são comercializados os geradores de campanha. Por não ser o foco deste trabalho, não aprofundaremos os aspectos físicos envolvidos no processo.

**Tabela 2 – Conversão de potência útil para potência do gerador**

Potência útil (kW)	5,8 kW*
Fator de potência	0,8
Potência gerador (kVA) = potência útil/fator de potência	7,25 kVA

**Fonte:** Elaboração própria.

\* Valor extraído da Tabela 1.

A Tabela 2 demonstrou a necessidade de um gerador de 7,25 kVA para suprir a potência útil dos equipamentos empregados na Oficina de Manutenção de Armamento Leve. De acordo com o QDM experimental do Batalhão de Manutenção, são previstos para o Pelotão de Manutenção de Armamento geradores de 4 a 15 kVA. Contudo, a Portaria nº 275-EME (Brasil, 2019) padroniza a aquisição de geradores para o Exército Brasileiro com potências de 5 kVA, 10 kVA, 15 kVA, 35 kVA, 50 kVA, 75 kVA, 100 kVA, 200 kVA, 300 kVA, 400 kVA, 500 kVA e 750 kVA e dos fabricantes Agrale, Yamaha, Honda, Toyama, Sthil, Caterpillar, Cummins, Motomil, Scania, MWM, Stemac, GeraPower, Branco, Heimer e YANMAR.

Dessa forma, um gerador existente no mercado com menor potência que satisfaz todos esses requisitos é o gerador de energia de 10 kVA da marca Toyama. Esse equipamento, segundo dados levantados no site Click Geradores<sup>5</sup>, especializado na venda de sistemas geradores de energia, tem um consumo médio aproximado de 4,5 litros de diesel por hora de trabalho. Considerando que o gerador será utilizado nas 24 horas do dia, chegamos a um consumo de 108 litros de combustível na operação da Oficina de Manutenção de Armamento Leve.

#### *4.1.2 Estimativa dos gastos para custeio energético*

O Resultado por Fornecedor (Anexo A), documento extraído do Pregão nº 17/2022 do Centro de Obtenções do Exército, setor responsável pelas compras no âmbito do COLOG,

<sup>5</sup> Disponível em: <https://www.clickgeradores.com.br/gerador-de-energia-toyama-tdwg12000sge-n-10kva-diesel-partida-eletrica-monofasico-110v-220v>. Acesso em: 6 ago. 2025.

mostra-nos que o Exército Brasileiro paga em torno de R\$ 7,20 por litro de óleo diesel adquirido. Nesse sentido, estimamos um gasto com o custeio energético de uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve em campanha na ordem de R\$ 777,60 por dia de operação.

#### 4.1.3 Estimativa do investimento com aquisição de geradores

O Resultado de Pesquisa de Compras (Anexo B), levantado no Painel de Preços do Governo Federal, ferramenta de publicidade implementada por meio da Lei de Acesso à Informação (Brasil, 2011), apontou que o processo de aquisição mais recente do Exército Brasileiro para um equipamento desse tipo foi precificado em R\$ 15.926,08.

Por fim, de acordo com a sistemática de utilização e manutenção de equipamentos do Exército Brasileiro, não é viável a utilização ininterrupta de um gerador de campanha, que é alimentado por um motor a combustão interna, durante as 24 horas de uma jornada de Operações Militares. Dessa forma, para o correto dimensionamento do sistema de fornecimento elétrico de uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve são necessários pelo menos dois geradores, levando a um custo de aquisição na ordem de R\$ 31.852,16.

## 4.2 Configuração do Módulo de Energia de Campanha

No mercado brasileiro já se encontram disponíveis algumas soluções que permitem gerar energia renovável em sistemas *off grid* capazes de atender às necessidades de fornecimento de energia elétrica durante o emprego da tropa.

Foram levantadas duas opções modulares que apresentam a mesma capacidade e tecnologia de geração fotovoltaica e de armazenamento de energia com mesma tecnologia de inversão. A principal diferença entre elas consiste na forma de instalação e montagem do sistema: enquanto o módulo 1 é autotransportável (Figura 5), instalado sobre um reboque e tracionado por viatura não especializada, o módulo 2 (Figura 6) necessita da instalação sobre lastro solar, sendo transportado desmontado, no interior de viatura também não especializada.

Figura 5 – Módulo 1: Módulo de Energia de Campanha autotransportável



Fonte: Os autores.

Figura 6 – Módulo 2: Módulo de Energia de Campanha sobre lastro solar (exemplo com quatro módulos)



Fonte: Debastiani, 2023.

As soluções, conforme Tabela 3, são assim compostas:

Tabela 3 – Configuração do Módulo de Energia de Campanha

Equipamentos	Quantidade		Vida útil
	Módulo 1	Módulo 2	
Módulo fotovoltaico monocristalino 600Wp	6	6	25 anos
Inversor de frequência híbrido, com controlador de cargas integrado, marca Growatt, com potência de 5 kW	1	1	13 anos
Bateria de fosfato de ferro-lítio (LiFePO <sub>4</sub> ), marca Growatt – capacidade de 5kWh	2	2	5.000 ciclos
<i>String box</i>	1	1	-
Transformador 127V/220V	-	1	-
Engate tipo olhal para acoplar em viatura	1	-	-
Roda e pneu militar	1	-	-
Quadro autotransportável	-	1	-
Estrutura tipo lastro solar	-	1	-
Média de geração diária por módulo	14,4 kWh	14,4 kWh	-
Armazenamento de energia por módulo	10 kWh	10 kWh	-

Fonte: Elaboração própria.

Ambas as opções terão capacidade de geração de energia elétrica superior à capacidade total de armazenamento, fazendo com que parte da energia demandada pela oficina durante o dia seja consumida imediatamente, sem a necessidade de ser armazenada para posterior consumo.

### 4.3 Orçamentos para aquisição do Módulo de Energia de Campanha

A configuração do Módulo de Energia de Campanha, de forma a prover a energia elétrica necessária para o funcionamento da Oficina de Manutenção de Armamento Leve, foi enviada para duas empresas, que serão denominadas Empresa A e Empresa B, ambas especializadas no setor fotovoltaico.

A Empresa A apresentou o orçamento (Anexo C) do módulo 1, instalado sobre uma plataforma tipo viatura reboque. Esse projeto dispensa a necessidade de treinar uma equipe para sua montagem e desmontagem, assim como facilita o deslocamento do equipamento, uma vez que basta atrelá-lo em qualquer viatura que disponha de guincho para reboque. Por outro lado, o seu custo de R\$ 135 mil por cada módulo com potência nominal idêntica à proposta da Empresa B leva à necessidade de um investimento de R\$ 270 mil para suprir a Oficina de Manutenção de Armamento Leve.

A Empresa B enviou sua proposta comercial (Anexo D) do módulo 2, transportável e instalável em uma base de montagem tipo lastro solar. Essa opção demanda uma equipe treinada para a montagem e desmontagem do equipamento, podendo ser transportado em viatura operacional, desde que corretamente acondicionado. Entretanto, apresenta um custo atrativo de R\$ 71.011,53 cada módulo com potência nominal de 3,6 kW. Dessa forma, de acordo com os dados levantados no escopo desse trabalho, são necessários dois módulos, totalizando um investimento na ordem de R\$ 142.023,06.

**Como a instalação logística motivadora deste estudo se localiza, normalmente, na área de retaguarda da Zona de Combate, a velocidade de montagem e deslocamento do Módulo de Energia de Campanha não é prioritária. Dessa maneira, selecionamos para a verificação da viabilidade econômica deste projeto o orçamento da Empresa B, que é mais barato e se insere melhor no princípio de economicidade da administração pública.**

### 4.4 Cálculo do retorno do investimento

Neste tópico foi calculado, por meio do método *payback* descontado, o retorno do investimento necessário para aquisição de dois módulos de energia de campanha de forma a suprir 100% do consumo elétrico de uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve em operações.

Conforme o orçamento (Anexo D), o valor de investimento necessário é de R\$ 142.023,06. A economia gerada com a não necessidade da aquisição de dois geradores, calculada no item 4.1.3, é de R\$ 31.852,16. Da mesma forma, há uma economia com a redução na compra de combustível fóssil, levantada no item 4.1.2, na ordem de R\$ 777,60 por dia de operação.

A taxa de atratividade adotada será a Taxa Selic, que até junho de 2024 estava em 10,40% ao ano, de acordo com dados do Banco Central do Brasil (Taxas..., 202-). A Tabela 4 apresenta o *payback* descontado para a aquisição do Módulo de Energia de Campanha, utilizando todos os parâmetros apresentados.



Tabela 4 – *Payback* descontado para Módulo de Energia de Campanha

Dias Op	Valor em caixa	Fluxo de caixa/economia	Valor futuro
0	-142,023.06	31,852.16	-110,170.90
30	-110,170.90	23,126.80	-87,044.10
60	-87,044.10	22,927.33	-64,116.77
90	-64,116.77	22,729.58	-41,387.19
120	-41,387.19	22,533.54	-18,853.65
150	-18,853.65	22,339.19	3,485.54

Fonte: Elaboração própria.

Analizando a Tabela 4, concluímos que o *payback* ocorrerá com aproximadamente 150 dias de operação, o que comprova a viabilidade econômica do projeto, uma vez que os módulos fotovoltaicos têm uma vida útil de 25 anos com uma eficiência mínima de 80%, conforme *datasheet* do módulo, emitido pelo fabricante. Já para as baterias e o inversor, a vida útil estimada é de 5.000 ciclos diários e 13 anos, respectivamente, o que permite a aplicação da solução por longo período.

Por fim, o emprego do Módulo de Energia de Campanha ainda diminui a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, contribuindo para preservação do meio ambiente e melhorando a imagem do Exército Brasileiro para a sociedade civil brasileira, bem como amenizando a pegada de carbono da atividade militar.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho foi desenvolvido com a intenção de solucionar o seguinte problema: **Em que medida a implementação de um Módulo de Energia de Campanha em uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve reduziria o consumo de combustível fóssil decorrente da necessidade de utilização de geradores de campanha para produção de energia elétrica durante as operações militares?**

Caminhando nesse sentido, foi levantado o seguinte objetivo geral de estudo, que conduziu o trabalho de forma a responder, positiva ou negativamente, à indagação anterior: **verificar a viabilidade técnica e econômica da implementação de um Módulo de Energia de Campanha numa Oficina de Manutenção de Armamento Leve, quando desdobrada em Apoio Conjunto ao Batalhão de Manutenção, durante operações militares.**

Balizada por esse objetivo, foi concretizada revisão de literatura, que buscou, dentre outros aspectos, entender como ocorre a geração e o consumo de energia elétrica no Brasil, como funciona e deve ser dimensionado um Módulo de Energia de Campanha e como ocorre o cálculo do retorno de um investimento.

Além disso, foi realizado um levantamento dos equipamentos elétricos que devem compor uma Oficina de Manutenção de Armamento Leve e o consumo energético desses quando empregados em uma operação militar. O estudo se apoiou, ainda, na quantificação do gasto com combustível e aquisição de geradores necessários para a sustentação dessa instalação logística.

Serviu, também, como fundamentação para a solução do problema o dimensionamento do Módulo de Energia de Campanha, realizado a partir dos dados levantados, e os orçamentos enviados por duas empresas especializadas em soluções fotovoltaicas.

Os resultados obtidos foram coerentes com os esperados, confirmando as expectativas de chegar a um modelo de autoprodução energética, a partir da energia fotovoltaica, que fosse viável técnica e economicamente e que servisse de modelo a ser implementado por outras estruturas operacionais do Exército Brasileiro.

Entretanto, verificou-se que, apesar do *payback* ser reduzido quando comparado ao ciclo de vida do equipamento, o investimento necessário à implementação de um projeto de tamanho vulto é elevado, o que dificulta a sua efetivação por parte da administração pública, principalmente devido ao grande número de instalações militares que demandam energia elétrica numa operação militar. Também foi verificado, no decorrer deste projeto, que ainda não existe, no âmbito do Exército Brasileiro, uma sistemática para o fornecimento de energia elétrica durante as operações militares.

Dessa forma, visualiza-se como sugestão para trabalhos futuros estudos que possibilitem a criação de uma infraestrutura, tanto em material como em pessoal especializado, documentação técnica e legislação, que tenha a incumbência de suprir as demandas elétricas durante as operações militares, que se mostram crescentes no cenário atual, conforme já existe em outros exércitos, como o dos Estados Unidos.

## REFERÊNCIAS

ABDMOULEH, Zeineb *et al.* Review of optimization techniques applied for the integration of distributed generation from renewable energy sources. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 113, p. 266-280, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.05.087>. Acesso em: 10 jul. 2024.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 1059, de 7 de fevereiro de 2023**. 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, 1.000, de 7 de dezembro de 2021, e dá outras providências. Brasília, DF: Diretoria-Geral da ANEEL, 2023. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2024.

BARKER, K. M.; RAITT, H.; WEISENMILLER, R. B. Local renewable power for a clean energy future. **Environmental Law News**, California, v. 21, n. 3, p.4-11, 2013.

BERRÍO, L. H.; ZULUAGA, C. Smart Grid y la energía solar fotovoltaica para la generación distribuida: una revisión en el contexto energético mundial. **Ingeniería y Desarrollo**, Barranquilla, v. 32, n. 2, p. 369-396, jul. 2014.

BRASIL. **Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004**. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2004. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.htm). Acesso em: 10 abr. 2024.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética; Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional 2024: Relatório Síntese 2024: ano base 2023**. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN\\_SC3%ADntese\\_2024\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_SC3%ADntese_2024_PT.pdf). Acesso em: 25 jul. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2011. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm). Acesso em: 6 ago. 2025.

BRASIL. Empresa de Pesquisas Energéticas. Ministério de Minas e Energia. **Nota Técnica EPE: Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro: EPE, 2012.

Disponível em: [https://bibliotecadigital.economia.gov.br/bitstream/123456789/242/1/NT\\_EnergiaSolar\\_2012.pdf](https://bibliotecadigital.economia.gov.br/bitstream/123456789/242/1/NT_EnergiaSolar_2012.pdf). Acesso em: 25 abr. 2024.

BRASIL. Exército. **Experimental**: Quadro de Distribuição de Material do Batalhão de Manutenção. Brasília: Ministério da Defesa, 2018. 19 p.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército. Comando de Operações Terrestres. **EB70-MC-10.223**: Manual de Campanha: Operações. 7. ed. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército. Comando de Operações Terrestres. **EB70-MC-10.238**: Manual de Campanha: Logística Militar Terrestre. 2. ed. Brasília, DF, 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército. Comando de Operações Terrestres. **EB70-MC-10.368**: Manual de Campanha: Batalhão de Manutenção. Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército. **Portaria nº 275-EME, de 17 de setembro de 2019**. Aprova a padronização de geradores para o Exército Brasileiro. Brasília, DF: Estado-Maior do Exército, 2019. Disponível em: [http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/006\\_outras\\_publicacoes/07\\_publicacoes\\_diversas/04\\_estado\\_maior\\_do\\_exercito/port\\_n\\_275\\_eme\\_17set2019.html](http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/006_outras_publicacoes/07_publicacoes_diversas/04_estado_maior_do_exercito/port_n_275_eme_17set2019.html). Acesso em: 9 jul. 2024.

DEBASTIANI, G. **Relatório técnico de desempenho do Módulo de Energia de Campanha na Operação Guararapes**. Brasília, DF: Diretoria de Obras Militares, 2023.

JÄGER, K. *et al.* **Solar Energy**: fundamentals, technology, and systems. Delft: Delft University of Technology, 2014. Disponível em: [https://courses.edx.org/c4x/DelftX/ET.3034TU/asset/solar\\_energy\\_v1.1.pdf](https://courses.edx.org/c4x/DelftX/ET.3034TU/asset/solar_energy_v1.1.pdf). Acesso em: 25 abr. 2024.

LIMA, C. C.; CARVALHO, L. M. O. A produção de energia elétrica, a exaustão ambiental da fonte hídrica e a opção proveniente da base eólica renovável. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v. 5, n. 1, p.65-90, 2016.

REBOLLAR, P. B. M.; RODRIGUES, P. R. **Energias Renováveis**: Energia Solar. Tubarão: JELARE: Editora UniSul, 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/259868130\\_Energia\\_Solar](https://www.researchgate.net/publication/259868130_Energia_Solar). Acesso em: 25 jul. 2024

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (org.). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 3. ed. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014.

SILVESTRE, S. *et al.* Degradation analysis of thin film photovoltaic modules under outdoor long-term exposure in Spanish continental climate conditions. **Solar Energy**, [s. l.], v. 139, p. 599-607, 2016.

TAVARES, C. V. C. C. **Os desafios da descarbonização da economia por meio da energia solar no semiárido**: estudo de caso em 117 Juazeiro do Norte – CE. 2020. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2020.

TAXAS de juros básicas – histórico. **Banco Central do Brasil**, São Paulo, 202-. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>. Acesso em: 24 jul. 2024.

TORRES, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

TORRES, L. Taxa Selic: entenda o que é a taxa básica de juros da economia brasileira. **G1**, [s. l.], 26 jul. 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/seu-dinheiro/noticia/entenda-o-que-e-a-selic-a-taxa-basica-de-juros-da-economia-brasileira.ghtml>. Acesso em: 25 abr. 2024.

UNITED STATES. Department of the Army. Department of the Navy. **ATP 3-34.45/MCRP 3-40D.17**: Electric power generation and distribution. Washington, DC: Army Publishing Directorate, 2024.

VIEIRA, D. **Policies to encourage the sustainable development of Brazilian electricity system with distributed generation**. 2011. Dissertação (Mestrado) – University of Cambridge, Londres, 2011.

WANTROBA, E. **Avaliação de investimentos em sistemas integrados de gestão empresarial**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2007.

## ANEXO A



MINISTÉRIO DA DEFESA  
Comando do Exército  
CENTRO DE OBTENÇÕES DO EXÉRCITO

Pregão Nº 00017/2022(SRP) - (Decreto Nº 10.024/2019)

## RESULTADO POR FORNECEDOR

34.274.233/0001-02 - VIBRA ENERGIA S.A

Item	Descrição	Unidade de Fornecimento	Quantidade	Critério de Valor (*)	Valor Unitário	Valor Global
1	<u>Gasolina</u>	Litro	6000000	R\$ 5,7400	-	0,1000%
Marca: Vibra Energia Fabricante: Petrobras Modelo / Versão: GASOLINA COMUM Descrição Detalhada do Objeto Ofertado: Gasolina Comum: Combustível refinado de petróleo para uso em motores ciclo Otto (explosão por centelha), com adição de etanol anidro combustível em percentual definido por legislação vigente, conforme Resolução ANP 807 de 23 de janeiro de 2020, alterada pela Resolução ANP Nº 828, de 1 setembro de 2020.					Valor c/ Desconto: R\$ 34.405.800,0000	
					R\$ 5,7343	
2	<u>Óleo diesel</u>	Litro	30000000	R\$ 7,5100	-	4,5300%
Marca: Vibra Energia Fabricante: Petrobras Modelo / Versão: OLEO DIESEL B S10 Descrição Detalhada do Objeto Ofertado: Diesel B S10: Combustível refinado de petróleo para uso em motores ciclo Diesel, com adição de biodiesel (óleo diesel de origem vegetal ou animal) em percentual definido por legislação vigente, conforme Resolução ANP Nº 45, de 25/08/2014, alterada pela Resolução ANP Nº 798, de 01/08/2019 e Resolução 50/2013.					Valor c/ Desconto: R\$ 215.094.000,0000	
					R\$ 7,1698	
3	<u>Óleo diesel</u>	Litro	4000000	R\$ 7,4200	-	3,2200%
Marca: Vibra Energia Fabricante: Petrobras Modelo / Versão: OLEO DIESEL B S500 Descrição Detalhada do Objeto Ofertado: Diesel B S500: Combustível refinado de petróleo para uso em motores ciclo Diesel, com adição de biodiesel (óleo diesel de origem vegetal ou animal) em percentual definido por legislação vigente, conforme Resolução ANP Nº 45, de 25/08/2014, alterada pela Resolução ANP Nº 798, de 01/08/2019 e Resolução 50/2013.					Valor c/ Desconto: R\$ 28.724.400,0000	
					R\$ 7,1811	
Total do Fornecedor:						R\$ 278.224.200,0000
Valor Global da Ata:						R\$ 278.224.200,0000

(\*) É necessário detalhar o item para saber qual o critério de valor que é utilizado: Estimado ou Referência ou Máximo Aceitável.

## ANEXO B

  		
MÉDIA	MEDIANA	MENOR
<b>R\$ 29.952,36</b>	<b>R\$ 6.510,00</b>	<b>R\$ 0,50</b>
Quantidade total de registros: 0		
Registros apresentados: 53 a 53		
FILTROS APLICADOS		
Nome do Material (PDM)	Órgão	
GERADOR ENERGIA, MOTOR GERADOR ENERGIA, GRUPO DIESEL GERADOR	COMANDO DO EXERCITO	

## RESULTADO 53

### DADOS DA COMPRA

**Identificação da Compra:** 00007/2023  
**Número do Item:** 00072  
**Objeto da Compra:** Pregão Eletrônico - Aquisição de material permanente tipo mobiliário em geral, aparelhos e utensílios domésticos, máquinas e equipamentos, utensílios de cozinha, ferramentas, equipamentos de telefonia, eletrodomésticos, eletrônicos e outros em favor do Cmdo da 1ª Bda C Mec e demais Unidades da Gu de Santiago - RS.  
**Quantidade Ofertada:** 15  
**Valor Proposto Unitário:** R\$ 16.533,33  
**Valor Unitário do Item:** R\$ 15926,08  
**Código do CATMAT:** 460082  
**Descrição do Item:** GERADOR ENERGIA, POTÊNCIA MÁXIMA:11 KVA, TENSÃO SAÍDA:110/220 V, FREQUÊNCIA NOMINAL:60 HZ, ROTAÇÃO:3.600 RPM, TIPO MOTOR:DIESEL, NÚMERO DE FASES:1, CARACTERÍSTICAS ADICIONAIS:MOTOR 4 TEMPOS, TIPO DE PARTIDA:ELÉTRICO  
**Descrição Complementar:**  
**Unidade de Fornecimento:** UNIDADE  
**Modalidade da Compra:** Pregão  
**Forma de Compra:** SISRP  
**Marca:** TOYAMA  
**Data do Resultado:** 26/10/2023

### DADOS DO FORNECEDOR

**Nome do Fornecedor:** GESSICA ZARZEKA OLIVO - GRM MAQUINAS E LOCACOES  
**CNPJ/CPF:** 97541831000102  
**Porte do Fornecedor:** Micro Empresa

### DADOS DO ÓRGÃO

**Número da UASG:** 160422 - COMANDO 1 BRIGADA DE CAVALARIA MECANIZADA/RS  
**Órgão:** COMANDO DO EXERCITO  
**Órgão Superior:** -

Relatório gerado dia: 09/07/2024 às 17:18  
 Fonte: paineldeprecos.planejamento.gov.br

## **ANEXO C**

### **Proposta da empresa A**

#### **ASPECTOS COMERCIAIS:**

- Valor unitário para compra de Gerador Solar Móvel (GSM): R\$ 135.000,00
- Quantidade: 2 unidades

#### **ASPECTOS FISCAIS:**

- Impostos inclusos: isento de IPI e ICMS

#### **ASPECTOS LOGÍSTICOS:**

- Freight: EXW Belo Horizonte

#### **ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS:**

- Gerador Solar Móvel (GSM)
- Engate tipo olhal
- 6 módulos solares de 600Wp
- 2 baterias de Lítio LiFePO<sub>4</sub> – 100Ah 48V
- 1 inversor carregador 5kW
- Entrada para gerador diesel/rede AC
- Roda e pneu militar
- Dimensão em posição de transporte: (L x C x A) 2,45 X 3,00 X 2,75m
- Dimensão em posição de operação: (L x C x A) 7,00 X 3,00 X 18m
- Programação visual: cor verde militar

**Belo Horizonte, 22 de julho de 2024.**



## ANEXO D

## Proposta da empresa B

Proposta Comercial – USF Off-Grid Transportável

**Objeto da Proposta:** Fornecimento e instalação de Usina Solar Fotovoltaica (USF) não conectada à rede (Off-Grid) transportável com potência nominal de 3,5 kW (3,6 kWp).

A/C: Exército Brasileiro

Número da Proposta: 2023-07-431

**1. Item da Proposta**

Fornecimento e Instalação de Usina Solar Fotovoltaica (USF) não conectada à rede (Off-Grid) transportável com potência nominal de 3,5 kW (3,6 kWp).

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	Qtd	VALOR (R\$)	
			Unitário	Total
1	<p>A usina fotovoltaica deverá ter capacidade de fornecer energia elétrica ininterruptamente a uma oficina de manutenção de armamento em operação militar, contendo os seguintes equipamentos:</p> <p>08 PAINEL SOLAR HONOR SOLAR HY-4M16/144H 600W  01 INVERSOR GROWATT SPF3500ES - 230V - 1MPPT  01 STRING BOX 1000 16KA 1-2E/2S  01 GROWATT SHINE VMF-F - OFF GRID 3KW  01 CABO PV BATERIA AXE  01 BASE PV BATERIA AXE  02 BATERIA GROWATT AXE 5.0LSKWH  01 BASE DE MONTAGEM TIPO LASTRO SOLAR</p>	2	71.011,53	142.023,06

Valor Total: R\$ 142.023,06 (cento e quarenta e dois mil, vinte e três reais e seis centavos)

**2. Informações Adicionais**

A validade da proposta é de 30 (trinta) dias.

A confirmação da proposta poderá ser feita via e-mail, WhatsApp ou pessoalmente.

O dimensionamento do kit fotovoltaico foi realizado conforme instrução da equipe de engenharia do exército, considerando, basicamente, uma carga essencialmente experimental.

Brasília, 12 de julho de 2024.

Daniel Luiz Seibber / Diretor Comercial / CREA-SC: 109838-7