

# La generación de energía eléctrica fotovoltaica como complemento al uso de generadores en el mantenimiento de armamento en operaciones militares

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

**Resumen:** Este estudio propone la autoproducción eléctrica en un Taller de Mantenimiento de Armamento, con el fin de racionalizar los gastos con combustible y adquisición de generadores en las operaciones militares mediante la generación fotovoltaica. Se verificó la viabilidad técnica y económica de la adquisición de un Módulo de Energía de Campaña para satisfacer el 100% del consumo eléctrico de la fracción. Se recopilaron los tiempos de uso de los equipos que lo componen, para cuantificar el consumo y evaluar el potencial de generación eléctrica que haga técnicamente viable el proyecto. Además, se cuantificó el combustible y su valor de compra, con el objetivo de medir el gasto diario con electricidad. También se cuantificó el costo para adquirir generadores, con el fin de calcular el ahorro generado en el emprendimiento. Luego, se dimensionó el módulo y empresas especializadas elaboraron propuestas para su construcción. Con el valor de la inversión y el ahorro generado, se comprobó la viabilidad económica del proyecto, contabilizando 150 días de operación para el retorno de la inversión, basándose en un ciclo de vida del módulo de 13 años.

**Palabras clave:** Logística, Generación Distribuida Fotovoltaica, Módulo de Energía de Campaña, Viabilidad Técnica y Económica, Operaciones 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

**Recibido: 19 ago. 2024**

**Aceptado: 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 INTRODUCCIÓN

El arte de la guerra ha evolucionado constantemente a lo largo de la historia y, en este sentido, el Ejército Brasileño, consciente de los desafíos impuestos por el uso de las tecnologías más avanzadas, en un escenario de amplio espectro de conflictos, trabaja diariamente para mejorar sus capacidades, para ser capaz de cumplir, cada vez mejor, sus misiones constitucionales.

La logística –función de apoyo al combate, esencial para el desarrollo de todas las etapas del conflicto– se ve muy impactada por los cambios en la forma de conducir la guerra, sobre todo con respecto a la mejora de los sistemas de armas y demás productos de defensa utilizados. Por consiguiente, el Ejército Brasileño busca adaptar, cuando es necesario, la Doctrina Militar Terrestre (DMT) y, particularmente en este caso, la Logística Militar Terrestre, con el intento de sostener efectivamente a sus tropas cuando se empleen en las más diversas situaciones.

El uso de equipos con alta tecnología integrada y la alta intensidad de los combates actuales han aumentado considerablemente los trabajos de mantenimiento durante las operaciones militares. Como resultado, los talleres de mantenimiento demandan una significativa cantidad de energía eléctrica para desarrollar sus actividades, y esto requiere el uso de varios generadores de campaña y un gran consumo de combustible.

En este sentido, usar fuentes alternativas para generar energía eléctrica, como la energía fotovoltaica, surge como una posibilidad interesante para cambiar esta situación.

Este estudio busca, al estimar el consumo y la demanda de energía eléctrica de un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero, desplegado en apoyo al conjunto (Ap Cj)<sup>1</sup> al Batallón de Mantenimiento (B Mnt)<sup>2</sup>, dimensionar un Módulo de Energía de Campaña (MEC) con generación fotovoltaica *off grid* transportable que presente viabilidad técnica, económica y operativa, y reduzca la necesidad de usar generadores de campaña, con un menor consumo de combustible fósil en las actividades logísticas de mantenimiento en operaciones y una menor huella de carbono durante el empleo de la tropa.

### 1.1 Problema, objetivos y relevancia

Brasil está entre los países con mayor presencia de fuentes renovables en su matriz eléctrica, las cuales representaron el 89,2% de la oferta interna de energía eléctrica disponible en 2023, según el informe del Balance Energético Nacional 2024 – Año base 2023 (Brasil, 2024, p. 39).

En las operaciones militares, sobre todo cuando la naturaleza de las actividades requiere cambios constantes de ubicación y actuación en áreas aisladas, esta realidad no se configura. La demanda de energía eléctrica se satisface, en la mayoría de los casos, mediante el uso de generadores de campaña, que consumen una gran cantidad de combustible fósil, lo que aumenta la huella de carbono en las operaciones militares.

1 Según el Manual de Campaña EB70-MC-10.238 (Brasil, 2022, p.48), es el proporcionado “por un elemento de apoyo logístico en relación con todos o varios elementos apoyados con los que tiene un vínculo específico”.

2 Según el Manual de Campaña EB70-MC-10.368 (Brasil, 2021, p.15), “es un elemento de apoyo logístico que realiza actividades y tareas específicas de las funciones logísticas de mantenimiento y rescate en beneficio de las acciones de sostenibilidad de las organizaciones militares más avanzadas en la zona de combate (ZC)”.

En este contexto, aunque tiene una participación incipiente en el escenario eléctrico nacional, del 7,0%, la energía fotovoltaica es la que más crece en el mundo (Brasil, 2024, p. 38). Por otro lado, producir energía eléctrica a través de derivados del petróleo ha presentado una significativa caída en Brasil, principalmente por ser una fuente que provoca grandes impactos ambientales y también por su elevado costo.

Con base en lo anterior, el problema de investigación de este estudio consiste en el siguiente cuestionamiento: **¿En qué medida la implementación de un Módulo de Energía de Campaña en un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero reduciría el consumo de combustible fósil resultante de la necesidad de usar generadores de campaña para producir energía eléctrica durante las operaciones militares?**

Para solucionar dicho problema, con fundamentación teórica y una profundidad de investigación adecuada, se definió el siguiente objetivo general: **verificar la viabilidad técnica y económica para implementar un Módulo de Energía de Campaña en un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero al desplegarse en apoyo conjunto al batallón de mantenimiento durante operaciones militares.**

A partir del diagnóstico energético presentado, junto con el dimensionamiento del MEC, se creará un modelo sostenible para generar energía eléctrica de forma alternativa en una estructura logística de campaña, que podrá reproducirse en las demás fracciones del Ejército Brasileño.

Para hacer viable el logro del objetivo general de este estudio, el artículo se divide de la siguiente forma: la sección 2, denominada “Metodología”, detalla los procedimientos utilizados en la investigación. La sección 3 presenta el marco teórico que fundamenta la comprensión del tema abordado. La sección 4 presenta los resultados obtenidos a lo largo del estudio. Y la sección 5, finalmente, discute las principales conclusiones e implicaciones del estudio.

## 2 METODOLOGÍA

Este estudio buscó dimensionar y analizar la viabilidad económica para implementar un Módulo de Energía de Campaña en un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero del batallón de mantenimiento durante su actuación en operaciones militares.

También buscó conocer los impactos que la autoproducción de energía eléctrica, a través de la fuente solar, provocaría en el uso de generadores, así como en el consumo de combustible fósil, durante el funcionamiento de una fracción logística de mantenimiento en campaña.

La metodología adoptada se basó en una revisión bibliográfica, la cual utilizó legislaciones, tesis, disertaciones, artículos y otras referencias, nacionales e internacionales, ya divulgados públicamente acerca del tema “generación de energía eléctrica”, con enfoque en fuentes de energía renovables, sobre todo la energía solar fotovoltaica, lo que proporcionó subsidios para identificar procedimientos, ventajas y limitaciones vinculados a este tema.

Mediante una investigación documental y la experiencia profesional del investigador, se identificaron los equipos eléctricos necesarios para el funcionamiento efectivo de un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero, que integra un batallón de mantenimiento, al emplearse en operaciones militares.

En este sentido, se estimó el promedio de horas diarias de funcionamiento de cada equipo durante las operaciones, para cuantificar el consumo y la demanda de energía eléctrica de esta estructura logística y evaluar la necesidad del potencial de generación eléctrica para soportarla.

También se estimó el consumo de combustible de los generadores de campaña, utilizados según la base doctrinaria del Ejército Brasileño, en la misma situación, para identificar los costos involucrados en el proceso y verificar la viabilidad económica para implementar el MEC.

El estudio, con base en los datos recopilados en las etapas anteriores, buscó dimensionar correctamente el MEC, calculando la generación diaria proporcionada por cada módulo fotovoltaico. Así, se dimensionó la cantidad de paneles fotovoltaicos y baterías necesarias para satisfacer la demanda energética del Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero, así como se evaluó la compatibilidad del inversor y de los equipos adicionales necesarios. Se ratificó el cálculo de la generación de energía a través del uso de un software específico, denominado PVSyst®, muy utilizado en dimensionamientos fotovoltaicos, tanto para sistemas *on grid* como *off grid*.

Finalmente, se solicitaron presupuestos para la construcción del MEC a las empresas especializadas, para cuantificar la inversión necesaria para implementar el proyecto, y así posibilitar la verificación de su viabilidad técnica y económica.

Una limitación del estudio fue la dificultad para estimar los equipos que forman parte de un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero, visto que no existe, en el ámbito del Ejército Brasileño, ninguna legislación ni reglamento que establezca la configuración básica de dicha estructura.

El Cuadro de Distribución de Material (CDM) del Batallón de Mantenimiento –documento doctrinario de acceso restringido que detalla los materiales orgánicos de cada fracción de la unidad– todavía está en fase de elaboración, existiendo solamente una versión experimental, que es muy limitada respecto a los equipos que forman parte del Pelotón de Mantenimiento de Armamento<sup>3</sup>.

Otra limitación relevante fue encontrar empresas especializadas en el sector de instalación de paneles fotovoltaicos que proporcionaran voluntariamente los presupuestos necesarios para el alcance del trabajo.

### 3 MARCO TEÓRICO

Para poder medir la interrelación entre “generación fotovoltaica” y “racionalización del uso de generadores en campaña”, hay que comprender cómo la implantación de sistemas fotovoltaicos ha impactado, desde su surgimiento hasta hoy, la producción de energía eléctrica a pequeña escala en Brasil.

Comprender cómo se gestionan la necesidad de energía eléctrica en operaciones militares y los costos involucrados en este proceso es relevante para aclarar el problema presentado. A partir de esta “amplia” comprensión se abrirá la posibilidad de un enfoque analítico y, en consecuencia, un estudio detallado sobre el tema.

Para disertar acerca de las cuestiones propuestas, se dividirá esta sección en los siguientes temas: generación distribuida, energía fotovoltaica, sistemas fotovoltaicos, Módulo de Energía de Campaña y métodos de retorno convencionales.

3 Fracción integrante del B Mnt responsable de equipar y operar los Talleres de Mantenimiento de Armamento.

### 3.1 Generación distribuida

Históricamente, la generación de energía eléctrica brasileña se concentró en grandes centrales, responsables de producir electricidad, y se distribuyó a los consumidores finales a través de una extensa red de transmisión y distribución.

Sin embargo, este modelo centralizado presenta desafíos concretos que impactan la eficiencia, la resiliencia y la sostenibilidad del sistema energético. Se estima que las pérdidas de energía durante la transmisión pueden alcanzar hasta un 8% en líneas de alta tensión, lo que representa una cantidad significativa de energía desperdiciada a lo largo del recorrido, sobre todo debido a la gran extensión territorial de Brasil, donde la distancia entre las centrales hidroeléctricas en Amazonia y los centros urbanos puede superar los 2 mil km.

La vulnerabilidad a fallas en grandes centrales o líneas de transmisión quedó evidenciada en eventos recientes, como el apagón ocurrido en Brasil en 2009, que dejó aproximadamente 60 millones de personas sin energía durante varias horas debido a una falla en la transmisión de una línea de alta tensión.

Con el objetivo de dirimir estas cuestiones, el mundo se está moviendo rápidamente para adoptar más estructuras de generación de energía pequeñas y locales. Gobiernos de todo el mundo quieren acelerar la transición de un modelo de generación de energía totalmente centralizado a uno distribuido (Berrío; Zuluaga, 2014).

Otro aspecto relevante es el impacto ambiental provocado por la quema de combustibles fósiles: según datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE), las centrales termoeléctricas de carbón, gas natural y petróleo son las responsables de aproximadamente un 40% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. Un ejemplo emblemático en Brasil es la central de Belo Monte, que, aunque es una gran fuente de energía renovable, también plantea debates acerca de los impactos ambientales y sociales relacionados con su construcción y operación en Amazonia Legal.

En este contexto, la generación distribuida (GD) propone un enfoque descentralizado, en el que la generación de energía se produce a una escala menor y más localizada, y muchas veces cerca de los puntos de consumo. Barker, Raitt y Weisenmiller (2013) definen la GD como un sistema de generación que debe tener un tamaño de hasta 20 MW, compuesto por combustibles y tecnologías renovables y que se conecte a la red de baja tensión o que suministre energía directamente al consumidor final.

Finalmente, para la efectividad del emprendimiento, en cuanto a la generación de energía eléctrica a partir de fuentes solares, queda clara la necesidad de una comprensión más profunda de los conceptos acerca de la energía fotovoltaica.

### 3.2 Energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica es una forma de energía renovable que convierte la luz solar directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Dicho efecto se manifiesta en determinados materiales, denominados semiconductores, que son capaces de generar una corriente eléctrica cuando se exponen a la luz solar.

El uso directo de la luz solar representa técnicamente una alternativa viable y sostenible, que presenta soluciones para las demandas energéticas con un gran potencial para producir electricidad a través de la tecnología fotovoltaica (Tavares, 2020), que se puede emplear en proyectos conectados a la red (*on grid*) o en sistemas aislados (*offgrid*).

### 3.3 Sistemas fotovoltaicos

Existen varias aplicaciones para los sistemas fotovoltaicos, y las más comunes se relacionan con el bombeo de agua, telecomunicaciones, monitoreo remoto y suministro de electricidad para instalaciones, entre otros. **Debido al propósito de este estudio, vamos a analizar solamente las implicaciones relacionadas con el suministro de electricidad para instalaciones.**

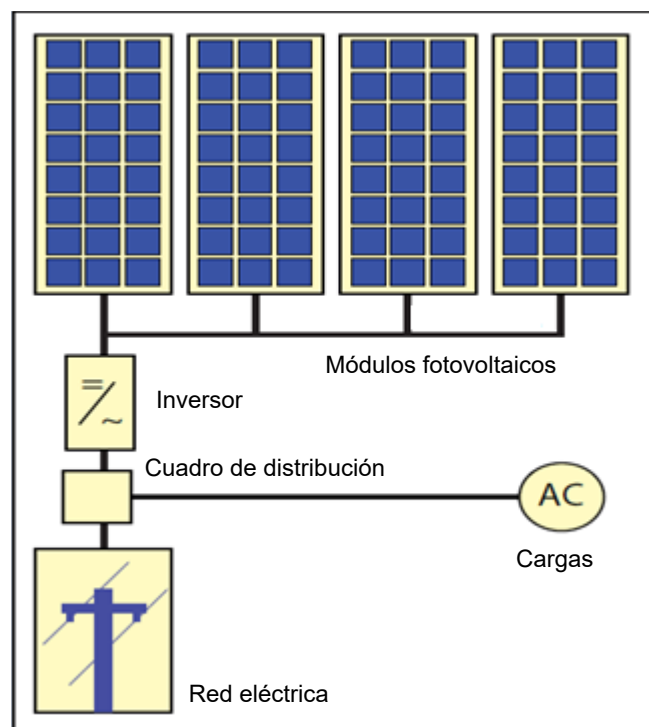
#### 3.3.1 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR)

La gran diferencia entre el SFCR y el sistema fotovoltaico aislado (SFA) es que no es necesario instalar baterías, ya que está conectado directamente a la red eléctrica, funcionando así como una fuente complementaria al sistema eléctrico al que está conectado.

La Nota Técnica EPE (Brasil, 2012) explica que, en un sistema conectado en paralelo a la red eléctrica, la corriente continua producida por los módulos debe convertirse en corriente alterna.

Así, los inversores deben formar parte del sistema no solo en función de los equipos electrónicos que podrán acoplarse a él, sino principalmente para ejecutar funciones específicas de reconocimiento de defectos internos de la instalación, protección contra sobretensión y sobrecorriente, ajuste continuo del punto de máxima potencia en función de la temperatura y adecuación del comportamiento dinámico de la generación en respuesta a las necesidades específicas de la red eléctrica. La Figura 1 ilustra un SFCR de forma simplificada.

Figura 1 – Esquema de representación de un sistema fotovoltaico conectado a la red



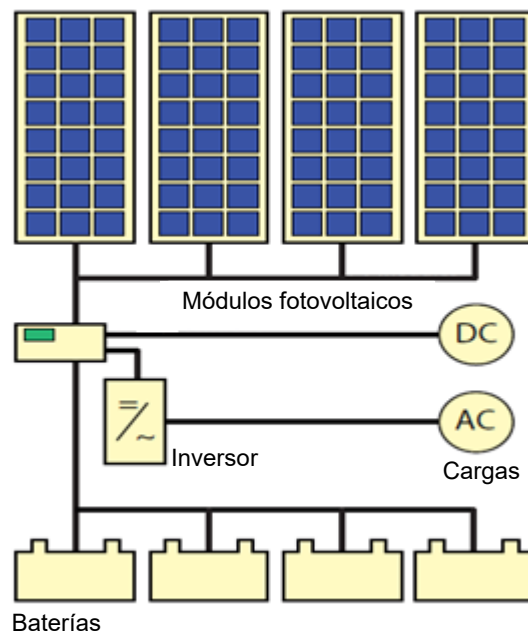
Fuente: Jäger *et al.* (2014, p.221).

### 3.3.2 Sistemas fotovoltaicos aislados (SFA)

Según Jäger *et al.* (2014), los sistemas fotovoltaicos aislados dependen exclusivamente de la energía solar. Estos sistemas pueden estar constituidos solamente por módulo fotovoltaico e inversor<sup>4</sup>, sin embargo, en este caso, solo sería posible el consumo proporcional a la radiación solar durante las horas de días soleados, y la unidad se quedaría sin energía durante el periodo nocturno y en los días con menor irradiación solar. Para solucionar este problema, hay que instalar baterías para almacenar energía.

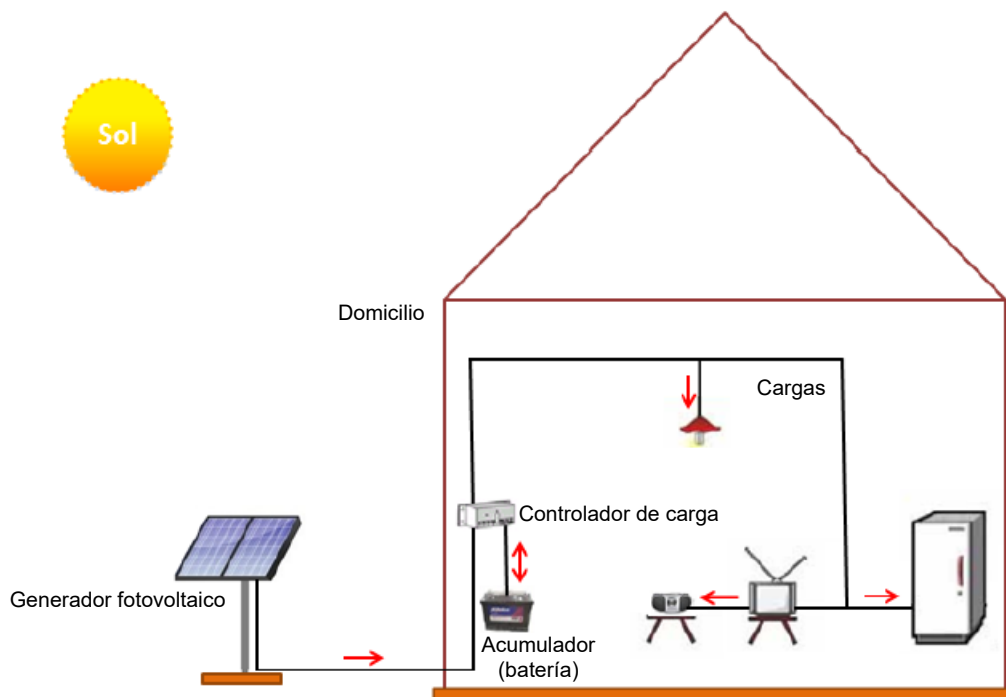
En los sistemas con baterías, hay que instalar un controlador de carga que desconecte el módulo fotovoltaico del sistema cuando la batería esté cargada y vuelva a conectarlo cuando la batería llegue a un determinado límite de descarga, aumentando el rendimiento del conjunto y prolongando la vida útil del sistema. Además, se debe dimensionar correctamente la batería para que acumule carga suficiente de la energía producida durante el día, de modo que pueda ser utilizada durante la noche y en períodos de condiciones climáticas desfavorables. La Figura 2 ilustra un sistema fotovoltaico aislado de forma simplificada, y la Figura 3 ilustra un sistema fotovoltaico domiciliario.

Figura 2 – Esquema de representación de un sistema fotovoltaico aislado simple



Fuente: Jäger *et al.* (2014, p.220).

<sup>4</sup> El circuito inversor es un dispositivo que convierte la corriente eléctrica continua en corriente alterna. En el SFA, este circuito es necesario para conectar equipos electrónicos al sistema, una vez que dichos equipos necesitan corriente alterna para funcionar correctamente.

**Figura 3 – Diagrama simplificado del sistema fotovoltaico domiciliario aislado**

**Fuente:** Pinho y Galdino (2014, p.259).

### 3.4 Módulo de Energía de Campaña

Operaciones Militares demandan energía eléctrica. En este contexto, el Departamento del Ejército de los Estados Unidos (United States Department of the Army, 2024, p.VII) subraya que las guerras modernas se sostienen en sistemas alimentados por electricidad, haciendo la energía eléctrica un elemento esencial para todas las funciones de combate. Su doctrina establece una serie de estructuras capaces de generar, transmitir y distribuir energía eléctrica en los más diversos niveles.

El Departamento del Ejército de los Estados Unidos (United States Department of the Army, 2024, p.1-5) explica que los sistemas tácticos de energía tienen capacidad limitada para generar y distribuir energía, pero posibilitan una mayor movilidad a las tropas. El manual añade que se dimensionan estos sistemas según los requisitos de la unidad y que las fuentes de energía eléctrica incluyen dispositivos de energía individual, generadores, pilas de combustible, energía híbrida, energía almacenada y fuentes alternativas y renovables de energía.

El Ejército Brasileño, diferente del Ejército Norteamericano, todavía no dispone de elementos específicos con la misión y capacidad de proveer energía eléctrica en combate. En general, las propias unidades son responsables de proveer la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de sus estructuras y equipos, pudiendo, en casos especiales, ser atendidas por tropas de apoyo logístico.



A la vez, la DTM trabaja el Concepto Operativo del Ejército dentro de un entorno operativo en un amplio espectro de conflictos. El Ejército Brasileño (Brasil, 2017, p.2-16) define que la actuación de la Fuerza Terrestre está sujeta a la combinación simultánea o sucesiva de operaciones ofensivas, defensivas y de cooperación y coordinación con agencias, que pueden ocurrir en situaciones de guerra o de no guerra.

Este concepto abarca la demanda de las unidades que integran la Fuerza Terrestre, las cuales requieren flexibilidad y modularidad en la aplicación de sus medios. En este sentido, sobre todo a nivel táctico, de forma similar al Ejército de Estados Unidos, el Ejército Brasileño también necesita sistemas de energía provistos de alta movilidad y que sean capaces de generar y distribuir energía eléctrica.

El Módulo de Energía de Campaña es un sistema de energía fotovoltaica, de pequeño porte, que no necesita conectarse con la red de energía del concesionario y funciona como un sistema eléctrico aislado (Debastiani, 2023, p.2). Se puede configurar este dispositivo según la necesidad de generación de energía eléctrica, además de tener tamaño y peso compatibles con la estructura y operación en la que se emplee.

El Departamento del Ejército de los Estados Unidos (United States Department of the Army, 2024, p.2-6) demuestra que, dependiendo de las variables de la misión y de las condiciones ambientales, las fuentes alternativas de energía pueden complementar o sustituir los conjuntos convencionales de generación energética, lo que reduce la necesidad de adquisición externa de combustible fósil.

Este documento señala que los módulos fotovoltaicos conectados a un conjunto de baterías y a un panel de control son un ejemplo común de fuente de energía alternativa que se utiliza a nivel táctico. La Figura 4 ilustra dicha configuración para la generación eléctrica en campaña.

**Figura 4 – Dispositivos de fuente fotovoltaica en campaña**



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

El Ejército Brasileño, a través del Departamento de Ingeniería y Construcción (DEC), ha buscado alternativas para insertarse en esta realidad de generación energética mediante el uso de fuentes alternativas y autosostenibles.

El Cuadro 1 describe la especificación técnica de un prototipo de Módulo de Energía de Campaña, desarrollado por la Dirección de Obras Militares, con una capacidad de generación de energía fotovoltaica de aproximadamente 9 kWh al día y con un almacenamiento de 5 kWh.

**Cuadro 1 – Configuración del prototipo del Módulo de Energía de Campaña**

Nº	Equipos	Cant.	Función
1	Módulo fotovoltaico de 550 Wp	4	Generación de energía eléctrica de origen solar fotovoltaica.
2	Inversor <i>off grid</i> de 3kW, con controlador de cargas integrado	1	El inversor permite convertir la energía generada por los módulos fotovoltaicos, de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA). Mientras el controlador de cargas integrado permite gestionar la energía almacenada y proteger la batería, lo que evita sobretensiones y subtensiones.
3	Batería de litio, con capacidad de almacenamiento de 5kWh	1	Almacena la energía producida durante el día para utilizarla durante la noche.
4	Transformador 127V/220V	1	Permite suministrar energía a tensiones de 127V y 220V, posibilitando el uso del Módulo de Energía de Campaña en todas las regiones brasileñas.
5	Estructura de lastre solar	1	Permite fijar los módulos fotovoltaicos.
6	<i>String box</i>	1	Proporciona la gestión de la energía producida.
7	Dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS) y disyuntores	8	Gestiona las protecciones contra sobretensiones en CC y CA, así como el apagado general del cuadro, de los tomacorrientes (127V y 220V) y del sistema de extractores.
8	Sistema de ventilación forzada (extractor y ventilador)	1	Permite el control interno de la temperatura de trabajo del cuadro eléctrico, evitando el sobrecalentamiento. Está compuesto por un ventilador en la parte inferior y un extractor en la parte superior, instalados en lados opuestos del cuadro eléctrico para maximizar el intercambio de calor.
9	Cuadro eléctrico autoportante	1	Abriga el inversor, <i>string box</i> , transformador, sistema de extractor/ventilador, los DPS y disyuntores. También permite la instalación externa de la batería de litio. Está dotado de un sistema de estacionamiento, con cuatro apoyos y dos ruedas para facilitar su traslado.

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

### 3.5 Métodos de retorno convencionales

Wantroba (2007) presenta varios métodos para evaluar inversiones y toma de decisiones acerca de su aceptación o rechazo. En este sentido, el estudio destaca los siguientes métodos:

- *Payback*;
- *Payback* descontado;
- Valor presente neto;
- Tasa interna de retorno;
- Tasa interna de retorno modificada.

Como el análisis matemático del costo de la inversión, en el ámbito de este estudio, sirve como un medio auxiliar para analizar los datos recopilados, y no un objetivo en sí, vamos a destacar los dos primeros métodos, porque son más simples y adecuados a nuestras necesidades.

### 3.5.1 Payback

Según Wantroba (2007), se puede definir como el número de años o meses necesarios para recuperar el valor de la inversión, y es el primer método formal utilizado para determinar el tiempo de retorno que una inversión tarda en amortizarse.

Se calcula a través de la razón entre la inversión y los ingresos, sumando los flujos de caja futuros de cada año hasta que al menos se cubra el costo inicial del proyecto de capital. Es decir, cuanto mayor es el tiempo de retorno, menos atractiva se vuelve la inversión (Wantroba, 2007).

### 3.5.2 Payback descontado

Según Wantroba (2007), la principal crítica al cálculo del *payback* siempre ha sido que no tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo. El *payback* descontado tiene en cuenta este factor, y utiliza flujos de caja expresos en valores presentes. Para ello, utiliza la fórmula del valor presente con interés compuesto.

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

Donde “VP” es el valor presente, “VF” es el valor futuro, “k” es la tasa de interés y “n” es el número de periodos comprendidos entre la fecha actual y la de liquidación del emprendimiento (Wantroba, 2007).

Como solo se analizan los flujos de caja durante el periodo de *payback*, sin tener en cuenta los flujos posteriores a dicho periodo, puede que el proyecto se considere inviable por tardar demasiado en pagarse (Wantroba, 2007).

Así, se puede concluir que la inversión necesaria para adquirir el MEC debe tener un costo adecuado al ahorro que proporcionará en el consumo de combustible y a la reducción en la necesidad de compra de generadores, bajo el riesgo de que dicha inversión no sea económicamente viable.

## 4 RESULTADOS

A continuación, se presentan y discuten los resultados de la investigación realizada mediante revisión literaria, estimación de gastos con combustible, dimensionamiento del Módulo de Energía de Campaña y de los presupuestos de las empresas especializadas, con el fin de obtener argumentos, informaciones y datos concluyentes acerca del problema planteado.

### 4.1 Consumo de gasóleo en el Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero

Este tema se centró en cuantificar el consumo promedio diario de gasóleo para el funcionamiento de un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero en el contexto de una operación militar. También se estimó el gasto promedio con la adquisición de dicho combustible en este mismo contexto, además de cuantificar los generadores de campaña utilizados y los costos involucrados en su adquisición.

Como el objetivo del MEC es satisfacer totalmente la demanda de electricidad de la estructura logística, eliminando la necesidad de usar generadores de campaña para este propósito, el consumo promedio diario se calculó en una situación de máximo esfuerzo logístico, cuando la necesidad de mantenimiento de armamento es la mayor admitida.

El cálculo del consumo de combustible se basó en el generador de menor potencia disponible en el mercado y previsto en la base doctrinaria del Ejército Brasileño, con capacidad de generación suficiente para satisfacer la demanda energética de la estructura analizada en ese momento. Además, se consideró el escenario en el que no existe ninguna otra fuente de energía, requiriendo el uso del generador durante las 24 horas del día.

Se estimaron los gastos para el costeo energético en el funcionamiento del Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero en campaña mediante los precios disponibles en el Proceso de Licitación nº 00017/2022(SRP), del Centro de Adquisiciones del Ejército, Organización Militar que integra el Comando Logístico (COLOG), Organismo de Dirección Sectorial (ODS) que realiza las grandes adquisiciones logísticas en el ámbito del Ejército Brasileño.

De manera análoga, se extrajo la cuantía necesaria para adquirir generadores de campaña del Resultado de Compra 007/2023 del Comando de la 1ª Brigada de Caballería Mecanizada –proceso de licitación más reciente realizado por el Ejército Brasileño, disponible en el Panel de Compras del Gobierno Federal– el cual tuvo en cuenta los generadores de campaña previstos en el CDM experimental presente en la base doctrinaria del Batallón de Mantenimiento.

#### 4.1.1 Estimación del consumo de combustible

La Tabla 1 presenta una configuración de los equipos eléctricos que componen un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero estándar del Batallón de Mantenimiento, así como una estimación del tiempo de funcionamiento y el consumo de energía eléctrica de dichos equipos durante un día de operaciones, en una situación de máximo esfuerzo logístico.

**Tabla 1 – Consumo eléctrico de un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero**

Nº	Descripción del equipo	Cant.	Potencia	Tiempo de uso	Consumo eléctrico
1	Taladradora y roscadora de bancada industrial trifásico 380V	1	750 W	4 horas	3 kWh
2	Compresor de Aire 60 Pies 200 Litros con Motor Abierto Trifásico 220/380V	1	5 HP / 3,75 kW	4 horas	15 kWh
3	Esmeriladora de bancada 1HP Trifásico 220/380V 60Hz	1	1 HP / 750 W	2 horas	1,5 kWh
4	Ordenador portátil 14"	2	60 W	12 horas	1,44 kWh
5	Bombilla led	4	20 W	12 horas	0,96 kWh
6	Cargador de teléfono móvil	4	50 W	06 horas	1,2 kWh
7	Climatizador de aire industrial 220V	2	210 W	12 horas	5,04 kWh
CONSUMO TOTAL					28,14 kWh

**Fuente:** Elaboración propia.

Al analizar la Tabla 1 podemos estimar el consumo promedio diario de energía eléctrica a través de la siguiente fórmula:  $\text{Consumo (kWh)} = \text{Potencia (W)} \times \text{Tiempo de uso (h)} / 1000$ , en la que debe calcularse el consumo de cada equipo de manera individual, teniendo en cuenta las informaciones del fabricante con respecto a la potencia y a la cantidad y tiempo de uso empleado.

Así, el consumo promedio total se consolidó mediante la suma de las potencias de los equipos enumerados, presentes en el Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero, lo que permitió determinar un consumo eléctrico de aproximadamente 28 kWh. La potencia máxima demandada, con todos los equipos conectados simultáneamente, es de aproximadamente 5,8 kW.

La Tabla 2 demuestra las relaciones matemáticas para convertir la potencia máxima demandada, en kW, a kilovolt-amperio (kVA), unidad de medida establecida por el Sistema Internacional de Unidades (SI) y en la que se comercializan los generadores de campaña. Como no es el objetivo de este estudio, no vamos a profundizar en los aspectos físicos involucrados en el proceso.

**Tabla 2 – Conversión de potencia útil a potencia del generador**

Potencia útil (kW)	5,8 kW*
Factor de potencia	0,8
Potencia del generador (kVA) = potencia útil/factor de potencia	7,25kVA

**Fuente:** Elaboración propia.

\* Valor extraído de la Tabla 1.

La Tabla 2 demostró que es necesario un generador de 7,25kVA para satisfacer la potencia útil de los equipos utilizados en el Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero. Según el CDM experimental del Batallón de Mantenimiento, están previstos para el Pelotón de Mantenimiento de Armamento generadores de 4 a 15kVA. Sin embargo, la Ordenanza nº 275-EME (Brasil, 2019) estandariza la adquisición de generadores para el Ejército Brasileño con potencias de 5kVA, 10kVA, 15kVA, 35kVA, 50kVA, 75kVA, 100kVA, 200kVA, 300kVA, 400kVA, 500kVA y 750kVA y de los fabricantes Agrale, Yamaha, Honda, Toyama, Sthil, Caterpillar, Cummins, Motomil, Scania, MWM, Stemac, GeraPower, Branco, Heimer e YANMAR.

Así, un generador disponible en el mercado con menor potencia y que satisface todos estos requisitos es el generador de energía de 10 kVA de la marca Toyama. Este equipo, según los datos recopilados en el sitio web Click Geradores<sup>5</sup>, especializado en vender sistemas de generadores de energía, tiene un consumo promedio aproximado de 4,5 litros de diésel por hora trabajada. Teniendo en cuenta que se utilizará el generador durante las 24 horas del día, tenemos un consumo de 108 litros de combustible en la operación del Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero.

#### *4.1.2 Estimación de los gastos para el costeo energético*

El Resultado por Proveedor (Anexo A), documento extraído del Pregón nº 17/2022 del Centro de Adquisiciones del Ejército, sector responsable de las compras en el ámbito del COLOG,

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

nos muestra que el Ejército Brasileño paga alrededor de R\$7,20 por litro de gasóleo adquirido. En este sentido, estimamos un gasto en el costeo energético de un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero en campaña del orden de R\$ 777,60 por día de operación.

#### 4.1.3 Estimación de la inversión con adquisición de generadores

El Resultado de la Investigación de Compras (Anexo B), obtenido del Panel de Precios del Gobierno Federal, herramienta de publicidad implementada a través de la Ley de Acceso a la Información (Brasil, 2011), indicó que el proceso de adquisición más reciente del Ejército Brasileño para un equipo de este tipo costó R\$ 15.926,08.

Finalmente, según la sistemática de uso y mantenimiento de equipos del Ejército Brasileño, es inviable el uso ininterrumpido de un generador de campaña, que funciona con un motor de combustión interna, durante las 24 horas de un día de Operaciones Militares. Así, para dimensionar correctamente el sistema de suministro eléctrico de un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero, se necesitan al menos dos generadores, lo que aumenta el costo de adquisición para R\$31.852,16.

#### 4.2 4.2 Configuración del Módulo de Energía de Campaña<sub2>

En el mercado brasileño ya están disponibles algunas soluciones que permiten generar energía renovable en sistemas *off grid* capaces de satisfacer las necesidades de suministro de energía eléctrica durante el despliegue de la tropa.

Se plantearon dos opciones modulares que presentan la misma capacidad y tecnología de generación fotovoltaica y de almacenamiento de energía con la misma tecnología de inversor. La principal diferencia entre ellas consiste en la forma de instalar y montar el sistema: mientras el módulo 1 es autotransportable (Figura 5), instalado sobre un remolque y traccionado por un vehículo no especializado, el módulo 2 (Figura 6) necesita instalarse sobre un lastre solar, y debe transportarse desmontado en el interior de un vehículo tampoco especializado.

Figura 5 – Módulo 1: Módulo de Energía de Campaña autotransportable



Fuente: Los autores.

Figura 6 – Módulo 2: Módulo de Energía de Campaña sobre lastre solar (ejemplo con cuatro módulos)



**Fuente:** Debastiani, 2023.

Las soluciones, según la Tabla 3, se componen de la siguiente manera:

Tabla 3 – Configuración del Módulo de Energía de Campaña

Equipos	Cantidad		Vida útil
	Módulo 1	Módulo 2	
Módulo fotovoltaico monocristalino 600Wp	6	6	25 años
Inversor híbrido, con controlador de cargas integrado, marca Growatt, con potencia de 5 kW	1	1	13 años
Batería de litio-ferrofosfato (LiFePO <sub>4</sub> ), marca Growatt – capacidad de 5kWh	2	2	5000 ciclos
<i>String box</i>	1	1	-
Transformador 127V/220V	-	1	-
Enganche tipo ojal para enganchar en vehículo	1	-	-
Rueda y neumático militar	1	-	-
Cuadro autotransportable	-	1	-
Estructura de lastre solar	-	1	-
Promedio de generación diaria por módulo	14,4 kWh	14,4 kWh	-
Almacenamiento de energía por módulo	10 kWh	10 kWh	-

**Fuente:** Elaboración propia.

Ambas opciones serán capaces de generar más energía eléctrica que la capacidad total de almacenamiento, haciendo que parte de la energía demandada por el taller durante el día se consuma de forma inmediata, sin necesidad de almacenarse para su posterior consumo.

### 4.3 Presupuestos para la adquisición del Módulo de Energía de Campaña

Se envió la configuración del Módulo de Energía de Campaña, para proveer la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero, a dos empresas, que aquí se denominarán Empresa A y Empresa B, ambas son especializadas en el sector fotovoltaico.

La Empresa A presentó el presupuesto (Anexo C) del módulo 1, instalado sobre una plataforma tipo vehículo remolque. Con este proyecto, no es necesario capacitar al personal para montarlo y desmontarlo, además de facilitar el traslado del equipo, una vez que basta con engancharlo a cualquier vehículo que cuente con un gancho de remolque. Por otro lado, como cada módulo, con potencia nominal idéntica a la propuesta de la Empresa B, cuesta R\$ 135 mil, sería necesario invertir R\$ 270 mil para satisfacer el Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero.

La Empresa B envió su propuesta comercial (Anexo D) del módulo 2, transportable y que se puede instalar en una base de montaje del tipo lastre solar. Esta opción requiere un personal capacitado para montar y desmontar el equipo, que se puede transportar en un vehículo operativo, siempre que esté correctamente acondicionado. Sin embargo, cada módulo con potencia nominal de 3,6 kW cuesta R\$ 71.011,53, un valor atractivo. Así, según los datos recopilados en el alcance de este trabajo, se necesitan dos módulos, totalizando una inversión del orden de R\$142.023,06.

**Como la instalación logística que motivó este estudio suele ubicarse en la retaguardia de la Zona de Combate, la velocidad de montaje y traslado del Módulo de Energía de Campaña no es algo prioritario. De esta forma, seleccionamos el presupuesto de la Empresa B, que es el más barato y está mejor alineado con el principio de economía de la administración pública, para verificar la viabilidad económica de este proyecto.**

### 4.4 Cálculo del retorno de la inversión

En este tema, a través del método *payback* descontado, se calculó el retorno de la inversión necesaria para adquirir dos módulos de energía de campaña para satisfacer el 100% del consumo eléctrico de un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero en operaciones.

Según el presupuesto (Anexo D), la inversión necesaria es de R\$142.023,06. Como no es necesario adquirir dos generadores, el ahorro resultante, calculado en el punto 4.1.3, es de R\$ 31.852,16. De la misma manera, hay un ahorro debido a la reducción en la compra de combustible fósil, calculado en el punto 4.1.2, del orden de R\$ 777,60 por día de operación.

Se adoptará la Tasa Selic como tasa de atraktividad, que hasta junio de 2024 estaba en un 10,40% anual, según datos del Banco Central de Brasil (Tasas..., 202-). La Tabla4 presenta el *payback* descontado para adquirir el Módulo de Energía de Campaña, utilizando todos los parámetros presentados.



Tabla 4 – *Payback* descontado para el Módulo de Energía de Campaña

Días Op	Valor de caja	Flujo de caja/ahorro	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

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la Tabla 4, concluimos que el *payback* se producirá con aproximadamente 150 días de operación, lo que comprueba la viabilidad económica del proyecto, una vez que los módulos fotovoltaicos tienen una vida útil de 25 años con una eficiencia mínima del 80%, según *datasheet* del módulo, emitido por el fabricante. Mientras tanto, se estima la vida útil de las baterías y el inversor en 5000 ciclos diarios y 13 años, respectivamente, lo que permite aplicar esta solución a largo plazo.

Finalmente, usar el Módulo de Energía de Campaña también reduce la emisión de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, lo que contribuye a preservar el medio ambiente y mejorar la imagen del Ejército Brasileño ante la sociedad civil brasileña, así como mitigar la huella de carbono de la actividad militar.

## 5 CONCLUSIÓN

Este trabajo se desarrolló con la intención de solucionar el siguiente problema: **¿En qué medida la implementación de un Módulo de Energía de Campaña en un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero reduciría el consumo de combustible fósil resultante de la necesidad de usar generadores de campaña para producir energía eléctrica durante las operaciones militares?**

Caminando en este sentido, se planteó el siguiente objetivo general de estudio, que condujo el trabajo de manera a responder, positiva o negativamente, a la pregunta anterior: **verificar la viabilidad técnica y económica para implementar un Módulo de Energía de Campaña en un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero, al desplegarse en Apoyo Conjunto al Batallón de Mantenimiento, durante operaciones militares.**

Guiada por este objetivo, se realizó una revisión de literatura que buscó, entre otros aspectos, comprender cómo ocurre la generación y el consumo de energía eléctrica en Brasil, cómo funciona y debe dimensionarse un Módulo de Energía de Campaña y cómo se calcula el retorno de una inversión.

Además, se identificó los equipos eléctricos que deben componer un Taller de Mantenimiento de Armamento Ligero y su consumo energético cuando se utilizan en una operación militar. El estudio también se basó en cuantificar el gasto con combustible y la adquisición de generadores necesarios para sostener esta instalación logística.

Además, sirvió como fundamentación para solucionar el problema del dimensionamiento del Módulo de Energía de Campaña, realizado a partir de los datos recopilados, y los presupuestos enviados por dos empresas especializadas en soluciones fotovoltaicas.

Los resultados obtenidos fueron consistentes con los esperados, lo que confirmó las expectativas de llegar a un modelo de autoproducción energética, a partir de la energía fotovoltaica, que fuera técnica y económicamente viable y que sirviera como modelo a implementarse por otras estructuras operativas del Ejército Brasileño.

Sin embargo, se verificó que, aunque el *payback* es reducido al compararlo con el ciclo de vida del equipo, la inversión necesaria para implementar un proyecto de este tamaño es elevada, lo que dificulta su realización por parte de la administración pública, sobre todo debido a la gran cantidad de instalaciones militares que demandan energía eléctrica en una operación militar. También se verificó, a lo largo de este proyecto, que todavía no existe, en el ámbito del Ejército Brasileño, una sistemática para suministrar energía eléctrica durante las operaciones militares.

Así, se propone que futuros trabajos estudien la posibilidad de crear una infraestructura, tanto en material como en personal especializado, documentación técnica y legislación, que tenga la responsabilidad de satisfacer las demandas eléctricas durante las operaciones militares, las cuales se muestran crecientes en el escenario actual, tal como ya existe en otros ejércitos, como el de los Estados Unidos.

## REFERENCIAS

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  
**Marcas:** 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**

### **Propuesta de la empresa A**

#### **ASPECTOS COMERCIALES:**

- Valor unitario para comprar un Generador Solar Móvil (GSM): R\$ 135.000,00
- Cantidad: 2 unidades

#### **ASPECTOS FISCALES:**

- Impuestos incluidos: exento de IPI (Impuesto sobre Productos Industrializados) e ICMS (Impuesto sobre la Circulación de Mercancías y Servicios)

#### **ASPECTOS LOGÍSTICOS:**

- Freight: EXW Belo Horizonte

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**

- Generador Solar Móvil (GSM)
- Enganche tipo ojal
- 6 módulos solares de 600Wp
- 2 baterías de Litio LiFePO<sub>4</sub> – 100Ah 48V
- 1 inversor cargador 5kW
- Entrada para generador diésel/red AC
- Rueda y neumático militar
- Dimensión en posición de transporte: (Ancho x Largo x Alto) 2,45 X 3,00 X 2,75m
- Dimensión en posición de operación: (Ancho x Largo x Alto) 7,00 X 3,00 X 18m
- Programación visual: color verde militar

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



## ANEXO D

## Propuesta de la 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>06 PAINEL SOLAR HONOR SOLAR HY-M15/144H 600W  01 INVERSOR GROWATT SPF3500ES - 230V - 1MPPT  01 STRING BOX 1000 18KA 1-2E/2S  01 GROWATT SHINE WPI-F - OFF GRID 3KW  01 CABO PV BATERIA AXE  01 BASE PV BATERIA AXE  02 BATERIA GROWATT AXE 5.5L 50WH  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 Sebber / Diretor Comercial / CREA-SC 109838-7