

**ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO
ESCOLA MARECHAL CASTELLO BRANCO**

Cel QEM FC ANTONIO CARLOS **PAVÃO** MADUREIRA

Proposta de Estratégia para instalação de usinas fotovoltaicas nas Organizações Militares do Exército Brasileiro objetivando a substancial redução de seus custos com energia elétrica



Rio de Janeiro
2021

Cel QEM FC ANTONIO CARLOS **PAVÃO** MADUREIRA

Proposta de Estratégia para instalação de usinas fotovoltaicas nas Organizações Militares do Exército Brasileiro objetivando a substancial redução de seus custos com energia elétrica

Policy Paper apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ciências Militares, com ênfase em Política, Estratégia e Alta Administração Militar.

Orientador: Cel R1 Inf SERGIO WILTON LOPES DE BARROS

Rio de Janeiro
2021

M183p Madureira, Antonio Carlos Pavão

Proposta de Estratégia para instalação de usinas fotovoltaicas nas Organizações Militares do Exército Brasileiro objetivando a substancial redução de seus custos com energia elétrica /
Antonio Carlos Pavão Madureira - 2021.

45 f. : il. ; 30 cm.

Orientação: Sergio Wilton Lopes de Barros.

Policy Paper (Especialização em Política, Estratégia e Alta Administração Militar) - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2021.

Bibliografia: f. 44-45

1. RACIONALIZAÇÃO DE DESPESAS. 2. USINAS FOTOVOLTAICAS. 3. REDUÇÃO DE CUSTOS. 4. SUSTENTABILIDADE. 5. DISPONIBILIDADE DE RECURSOS. 6. EME. i. Título.

CDD 333.792

Cel QEM FC ANTONIO CARLOS **PAVÃO** MADUREIRA

Proposta de Estratégia para instalação de usinas fotovoltaicas nas Organizações Militares do Exército Brasileiro objetivando a substancial redução de seus custos com energia elétrica

Policy Paper apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ciências Militares, com ênfase em Política, Estratégia e Alta Administração Militar.

Aprovado em _____ de _____ de 2021.

COMISSÃO AVALIADORA

Sergio Wilton Lopes de Barros – Cel R1 Inf – Presidente
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Wanderley Monteagudo Rasga Junior – Cel R1 Art – Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Luiz Henrique Pedroza Mendes – Cel R1 Com – Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

SUMÁRIO EXECUTIVO

A racionalização das despesas e a máxima eficiência dos gastos públicos devem ser preocupações primordiais de um gestor público. Particularmente no caso do Exército Brasileiro (EB), o panorama atual, bem como o vindouro, de restrição orçamentária torna ainda maiores tais preocupações. As restrições orçamentárias correntes no orçamento destinado ao EB pelo Governo Federal vêm, cada vez mais, reduzindo as despesas com investimentos, tornando mister que as ações a serem implementadas pela Administração tornem os gastos com as atividades discricionárias cada vez mais eficazes. Nesse aspecto, a *CARTILHA Medidas de Racionalização de Despesas com Atividades de Apoio Administrativo*, por exemplo, cita o seguinte: “As despesas com energia elétrica são o maior “vilão” do apoio administrativo, correspondendo a mais de 10% de todas as despesas discricionárias do Comando do Exército. A DGO/SEF e a DOM/DEC estão buscando alternativas mais econômicas, como o Mercado Livre de Energia e o uso de energia fotovoltaica.” Isto posto, várias iniciativas para a redução dos gastos com energia elétrica têm sido verificadas em inúmeras Organizações Militares (OM), que vão desde ações comportamentais à implantação de usinas fotovoltaicas em suas instalações. Particularmente quanto à implantação de usinas fotovoltaicas, o desenvolvimento da indústria nacional nessa atividade, bem como o aumento da eficiência das placas solares e a comprovação da economia que as mesmas proporcionam, vem acelerando a instalação desses equipamentos em residências, indústrias e já em algumas OM do EB, como foi o caso do Quartel General do Exército (QGEx), em Brasília/DF, e da Comissão Regional de Obras/12 (CRO/12), em Manaus/AM. Sendo assim, o presente estudo objetiva apresentar uma proposta de estratégia visando custear a implantação de usinas fotovoltaicas em todas as OM do EB, de forma a obter a redução substancial das despesas relativas ao consumo de energia elétrica nas mesmas. Mais especificamente, este estudo dará ênfase às principais vantagens e desvantagens quanto à ação a ser proposta, principalmente quanto à redução de custo financeiro possível de ser alcançada. Ainda, o estudo proporá uma alternativa de redirecionamento da economia financeira gerada para o incremento do orçamento destinado à manutenção, adequação e construção das instalações (edificações) do EB pelo Estado-Maior do Exército (EME), atualmente insuficiente para atendimento às necessidades verificadas. Visando dar fundamentos acadêmicos e práticos à estratégia a ser proposta, será feita uma revisão bibliográfica

sobre a utilização de sistemas de geração de energia fotovoltaica, revisão esta possível por meio da pesquisa quantitativa e qualitativa do assunto em dissertações de mestrado, Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC), papers e relatórios periódicos, dentre outras publicações, além de dados obtidos junto a empresas especializadas no assunto. A partir do referencial prático e teórico pesquisado e a base de conhecimentos alcançada, será possível a emissão de recomendações práticas e factíveis a serem implementadas. Essas recomendações, transformadas em metas, poderão ser executadas e acompanhadas ao longo do tempo, culminando no alcance das vantagens requeridas ao EB.

Palavras-chave: Racionalização de despesas. Usinas fotovoltaicas. Redução de custos. Sustentabilidade. Disponibilidade de recursos. EME.

RESUMEN EJECUTIVO

La racionalización del gasto y la máxima eficiencia del gasto público deberían ser las principales preocupaciones de un gestor público. Particularmente en el caso del Ejército brasileño (EB), el panorama actual, así como el próximo, de la restricción presupuestaria hace que tales preocupaciones sean aún mayores. Las actuales limitaciones presupuestarias en el presupuesto para eb por el gobierno federal están reduciendo cada vez más los gastos de inversión, por lo que es necesario que las acciones a implementar por parte de la Administración hagan cada vez más efectivo el gasto en actividades discrecionales. En este sentido, el FOLLETO Medidas para racionalizar los gastos con actividades de apoyo administrativo, por ejemplo, cita lo siguiente: "Los gastos en electricidad son el mayor "villano" del apoyo administrativo, correspondiente a más del 10% de todos los gastos discrecionales del Comando del Ejército. DGO/SEF y DOM/DEC están buscando alternativas más económicas, como el Mercado Libre de la Energía y el uso de energía fotovoltaica". Dicho esto, se han verificado varias iniciativas para reducir el gasto en electricidad en numerosas Organizaciones Militares (OM), que van desde acciones conductuales hasta la implementación de plantas fotovoltaicas en sus instalaciones. Particularmente con respecto a la implementación de plantas fotovoltaicas, el desarrollo de la industria nacional en esta actividad, así como el aumento de la eficiencia de los paneles solares y la prueba de la economía que proporcionan, ha estado acelerando la instalación de este equipo en hogares, industrias y ya en algunos OM de la EB, como fue el caso del Cuartel General del Ejército (QGEx), en Brasilia / DF, y la Comisión Regional de Obras / 12 (CRO / 12), en Manaus / AM. Así, el presente estudio pretende presentar una propuesta de estrategia dirigida a costear la implantación de plantas fotovoltaicas en todos los OM de la EB, con el fin de obtener una reducción sustancial de los gastos relacionados con el consumo de electricidad en las mismas. Más concretamente, este estudio hará hincapié en las principales ventajas y desventajas en relación con la acción a proponer, especialmente en lo que se refiere a la reducción de los posibles costes financieros a realizar. Además, el estudio propondrá una alternativa para reorientar la economía financiera generada para incrementar el presupuesto para el mantenimiento, adecuación y construcción de eb instalaciones (edificios) por parte del Estado Mayor del Ejército (EME), actualmente insuficiente para atender las necesidades verificadas. Con el fin de dar fundamentos académicos y prácticos a la

estrategia a proponer, se realizará una revisión bibliográfica sobre el uso de sistemas de generación de energía fotovoltaica, una revisión que es posible a través de la investigación cuantitativa y cualitativa de la materia en tesis de máster, Trabajos de Finalización de Curso (TCC), trabajos e informes periódicos, entre otras publicaciones, así como datos obtenidos de empresas especializadas en la materia. A partir del marco práctico y teórico investigado y de la base de conocimientos alcanzada, será posible emitir recomendaciones prácticas y factibles para ser implementadas. Estas recomendaciones, transformadas en metas, pueden ser implementadas y monitoreadas a lo largo del tiempo, culminando en el logro de las ventajas requeridas para la EB.

Palabras clave: Racionalización de gastos. Plantas fotovoltaicas. Reducción de costes. Sostenibilidad. Disponibilidad de recursos. EME.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AO	Ação Orçamentária
CRO	Comissão Regional de Obras
CRO/12	Comissão Regional de Obras da 12ª Região Militar
C, T & I	Ciência, Tecnologia e Inovação
DAMEPLAN	Dado Médio de Planejamento
DEC	Departamento de Engenharia e Construção
DGO	Diretoria de Gestão Orçamentária
DOM	Diretoria de Obras Militares
EB	Exército Brasileiro
EME	Estado-Maior do Exército
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LOA	Lei Orçamentária Anual
OM	Organização Militar
OTT	Oficial Técnico Temporário
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PCTD	Pessoal Civil por Tempo Determinado
PIB	Produto Interno Bruto
PNR	Próprio Nacional Residencial
SEF	Secretaria de Economia e Finanças
SFV	Sistema Fotovoltaico
SRO	Seção Regional de Obras
UE	União Europeia
UG	Unidade Gestora

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. METODOLOGIA.....	11
3. USO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	11
3.1. INFORMAÇÕES GERAIS	11
3.2. CONSTITUIÇÃO DAS USINAS FOTOVOLTAICAS.....	14
3.2.1. TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS	14
3.2.2. PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO	15
3.2.3. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	16
3.2.3.1. SISTEMAS AUTÔNOMOS OU ISOLADOS (OFF GRID).....	16
3.2.3.2. SISTEMAS LIGADOS À REDE (ON GRID)	16
3.2.3.3. SISTEMAS HÍBRIDOS	17
3.3. GERAÇÃO DE EMPREGOS NO SETOR RENOVÁVEL NO MUNDO.....	17
3.4. INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA	17
3.4.1. INFLUÊNCIAS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS	17
3.4.2. RECURSOS SOLARES DISPONÍVEIS NO BRASIL	19
3.5. MEIO-AMBIENTE.....	20
4. VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL.....	22
5. VANTAGENS E DESVANTAGENS QUANTO AO USO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	23
6. GASTO COM ENERGIA ELÉTRICA NO EXÉRCITO BRASILEIRO.....	24
7. PROPOSTA DE ESTRATÉGIA PARA CUSTEIO DA INSTALAÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS NAS OM DO EXÉRCITO BRASILEIRO	24
8. PRAZOS PARA CONFEÇÃO DE PROJETO, CONTRATAÇÃO E EXECUÇÃO DAS OBRAS RESPECTIVAS À INSTALAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ORA PROPOSTOS	31
9. ESTUDO DE CASOS.....	32
10. CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS.....	38
.....	

1. INTRODUÇÃO

Sabidamente, o orçamento do Exército vem sofrendo cada vez mais restrições nos últimos anos. Essas restrições orçamentárias correntes vêm reduzindo as despesas com investimentos, fazendo com que as ações a serem implementadas pela Administração tornem os gastos com as atividades de custeio e/ou discricionárias - aquelas sobre cujo montante o governo tem algum grau de decisão e que, de acordo com o último relatório de avaliação fiscal, representam apenas 9,2% da despesa primária do governo federal - cada vez mais eficazes.

Desta maneira, é de capital importância a eficiente gestão administrativa por parte de cada Unidade Gestora (UG), o que exige atuação efetiva de todos os integrantes das diversas Organizações Militares (OM) do Exército Brasileiro (EB).

Os Comandantes, Chefes e Diretores de UG devem, constantemente, implementar e aperfeiçoar medidas de racionalização de gastos em suas respectivas OM, mitigando, assim, desperdícios diversos nas mesmas, uma vez que tais desperdícios impactam diretamente o custeio das despesas do Apoio Administrativo em geral como, por exemplo, na quantidade de cotas de FUNADOM (PI - I3DAFUNADOM) destinadas a custear as atividades-meio das OM.

Nos últimos anos, o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil teve queda de 1,3% em 2017, queda de 1,8% em 2018, uma recuperação (aumento) de 1,4% em 2019 e uma queda de 4,1% em 2020, resultando, neste último ano, num valor de PIB de cerca de R\$ 7,4 trilhões ou U\$ 1,4 trilhões (Fonte: IBGE).

A queda sucessiva nos valores do PIB brasileiro nos últimos anos verificada nos dados supra acaba sendo refletida nos recursos repassados ao EB. Como será exposto nas tabelas a serem apresentadas a seguir, não tem havido ganho significativo de receita no orçamento do EB ao longo dos últimos anos.

Na Tabela 1, a seguir, verificam-se os valores descentralizados ao Comando do Exército nos últimos anos pelo Governo Federal. A Tabela 2 apresenta a representatividade, em %, de cada tipo de despesa dentro dos recursos repassados ao EB no ano de 2020. A Tabela 3 registra as despesas obrigatórias e discricionárias do EB previstas para o ano de 2021, enquanto a Tabela 4 explicita as despesas discricionárias do EB, exceto Programas Estratégicos, relativas ao período de 2015 a 2021.

ANO	VALORES DESCENTRALIZADOS PELO GOVERNO FEDERAL AO COMANDO DO EXÉRCITO (R\$)	% RELATIVO AO TODO	
2018	Pagamentos referentes ao orçamento próprio (despesas previstas)	39.349.876.152,62	97,2
	Pagamentos referentes ao orçamento de terceiros	1.132.604.469,89	2,8
	Total de pagamentos realizados	40.482.480.622,51	100,00
2019	Pagamentos referentes ao orçamento próprio (despesas previstas)	40.931.827.866,39	96,84
	Pagamentos referentes ao orçamento de terceiros	1.335.900.180,69	3,16
	Total de pagamentos realizados	42.267.728.047,08	100,00
2020	Pagamentos referentes ao orçamento próprio (despesas previstas)	44.366.814.126,73	97,55
	Pagamentos referentes ao orçamento de terceiros	1.095.461.054,43	2,44
	Total de pagamentos realizados	45.462.275.181,16	100,0

Tabela 1 – Valores descentralizados ao Comando Exército nos anos de 2018, 2019 e 2020. Fonte: site do Portal da Transparência, Controladoria Geral da União.

Tipo da Despesa	Pessoal	Obrigatórias	Discricionárias	Ressalvadas	Total
% Empregado	86,1	8,7	3,9	1,3	100,0

Tabela 2 - Detalhamento dos recursos repassados ao EB no ano de 2020, em %, com seus respectivos tipos de despesas. Fonte: Secretaria de Economia e Finanças (SEF).

Tipo da Despesa	Valor previsto na LOA 2021 (milhões de R\$)
Todas as despesas, exceto Pessoal	7.245,44
Obrigatórias	4.509,04
Discricionárias, inclusive Programas Estratégicos	2.736,4
Somente Programas Estratégicos	687,8
Discricionárias, exceto Programas Estratégicos	2.048,6
Administração de OM	600,7

Concessionárias	310,0
Para todo o EB	52.020,0
Para todo o MD	109.900,0

Tabela 3 - Despesas obrigatórias e discricionárias do EB previstas para o ano de 2021. Fonte: LOA 2021.

ANO	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Valor gasto, em bilhões de Reais	1,8	1,82	2,28	2,18	2,3	2,33	2,05 (LOA)

Tabela 4 - Despesas discricionárias do EB, em bilhões de Reais, exceto Programas Estratégicos, relativas ao período de 2015 a 2021. Fonte: EME.

Conforme constante na *CARTILHA Medidas de Racionalização de Despesas com Atividades de Apoio Administrativo* da DGO, em sua página 27: “ As despesas com energia elétrica são o maior “vilão” do apoio administrativo, correspondendo a mais de 10% de todas as despesas discricionárias do Comando do Exército. A DGO/SEF e a DOM/DEC estão buscando alternativas mais econômicas, como o Mercado Livre de Energia e o uso de energia fotovoltaica. “

As despesas relativas aos gastos com energia elétrica pelo EB, no ano de 2020, segundo a Diretoria de Gestão Orçamentária (DGO), para todas as suas 656 (seiscentas e cinquenta e seis) Unidades, onde 396 (trezentas e noventa e seis) são UG, giram em torno de 16,66 milhões de Reais por mês ou R\$ 200.000.000,00 (duzentos milhões de Reais) por ano.

Concomitantemente com as restrições verificadas no orçamento do EB nos últimos anos e com a necessidade de um responsável planejamento quanto ao gasto dos recursos financeiros sob sua responsabilidade, atualmente vem havendo grande preocupação com a preservação do meio-ambiente.

A preservação do meio-ambiente pode ser implementada de várias formas, tal como por meio da utilização responsável de materiais de consumo, destinação correta de resíduos e efluentes e pela utilização de energias sustentáveis, que vêm implementando uma diversificação na matriz energética e elétrica mundial.

O Brasil, por sua grande diversidade de recursos e por sua respeitável extensão territorial, apresenta diversas oportunidades na diversificação de sua matriz energética. Tal fato pode ser confirmado pela Resolução Normativa Nº 482, de 17 de

abril de 2012, a qual regulamenta a geração de energia por meio de usinas fotovoltaicas (ANEEL, 2012).

No mundo como um todo, decorrente do fato de ser uma forma de energia renovável e com custo final mais barato, quando comparada com outras formas de energia elétrica, a utilização da energia fotovoltaica tem apresentado evolução bastante significativa ao longo dos últimos anos.

A grande incidência de radiação solar atuante em todo o território brasileiro é o principal motivo pelo qual a tecnologia avança e os incentivos aumentam no país. Sendo assim, a implantação, no Brasil, de sistemas de placas fotovoltaicas, também denominadas usinas fotovoltaicas, vem tornando-se uma maneira eficaz para geração de energia de forma sustentável e de menor custo.

Dependendo da incidência solar local, pode-se obter energia para promover o abastecimento de toda a instalação a ser atendida e ainda ser gerado um excedente de energia. Este excedente produzido é reaproveitado e volta para a rede elétrica, gerando créditos para o consumidor / gerador. Assim, o uso de energia fotovoltaica vem tornando-se muito importante, pois trata-se de uma maneira de substituir o uso da energia provinda de hidroelétricas e termelétricas.

A economia no uso de energia elétrica, relativamente a empresas e indústrias, gera disponibilidade de energia complementar para as cidades, diminuindo a possibilidade de em eventual racionamento de energia e provendo maior disponibilidade de energia para outras áreas, notadamente aquelas de desenvolvimento social.

No caso do Brasil, a economia de energia promove a preservação de água em muitas de suas regiões. Ainda, a contenção no consumo da energia elétrica pode ajudar no manejo do ciclo hidrológico brasileiro, considerando que quase toda a energia elétrica gerada no país é feita por meio de usinas hidrelétricas.

Segundo a empresa alemã German Solar Industry Association (2015), o cenário mundial de produção de energia elétrica por meio de módulos solares fotovoltaicos mostra que, anualmente, pode-se alcançar uma capacidade instalada de 100 GW e, ainda, evitar-se a emissão de 70 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera, demonstrando a ordem de grandeza que os projetos solares fotovoltaicos podem alcançar no mundo de acordo com a tecnologia disponível atualmente.

No que tange à sua manutenção, o sistema fotovoltaico tem uma confiabilidade muito alta e apresenta uma manutenção baixa ao longo do tempo. Espera-se que com

uma instalação bem executada e o acompanhamento remoto frequente do sistema instalado, basta somente que seja realizada a limpeza periódica dos painéis e a inspeção termográfica dos quadros elétricos relativos àqueles painéis.

Isto posto, o presente trabalho objetiva propor ações para diminuir 2 (duas) das preocupações atuais do EB: a economia de custos com o consumo de energia elétrica e a responsabilidade ambiental. Essas ações baseiam-se, fundamentalmente, na implantação de usinas fotovoltaicas em todas as Unidades Militares do EB dentro de um período máximo de 15 (quinze) anos.

Com a proposta a ser apresentada, e se implementada, espera-se, como será mostrado nos tópicos a seguir, que haja a redução do custo com energia elétrica das OM do EB em até 90% do custo total após a conclusão de todas as implantações, aliado ao atendimento do apelo de utilização de energia renovável com grande redução do impacto ambiental promovido pelo uso das fontes de energia tradicionais.

Como consequência, poder-se-á reinvestir todo o recurso financeiro eventualmente economizado para atendimento de várias necessidades do EB, como, por exemplo, a melhoria da infraestrutura das diversas OM que o compõem.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho será confeccionado mediante a seleção de documentos diretos e indiretos sobre o assunto. Os instrumentos utilizados serão dissertações de mestrado, Trabalhos de Conclusão de Curso, informações obtidas junto a Órgãos de Direção Setorial, normas técnicas, artigos e monografias afins.

Sua metodologia será do tipo quantitativa, apoiada em dados numéricos e cálculos matemáticos que, apesar de simplórios, demonstram a viabilidade da proposição a ser feita ao final deste estudo.

Também será privilegiada a experiência profissional deste autor como Chefe da Comissão Regional de Obras da 12ª Região Militar (CRO/12), em Manaus/AM, de janeiro de 2018 a dezembro de 2020, e responsável pela execução de obras militares na região da Amazônia Ocidental naquele mesmo período, tal como a instalação de usinas de geração de energia fotovoltaica em OM do EB.

3. USO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA

3.1. INFORMAÇÕES GERAIS

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada pela conversão direta da radiação solar em eletricidade. Isto dá-se por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica, que atua utilizando o princípio do efeito

fotoelétrico ou efeito fotovoltaico (IMHOFF, 2007). Segundo Severino e Oliveira (2010), o efeito fotovoltaico é gerado por meio da absorção da luz solar, que ocasiona uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor. Complementando esta informação, Nascimento (2014, p.14) afirma que “Uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica. Apenas mantém um fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela. Este fenômeno é denominado “Efeito Fotovoltaico””.

A conversão de energia solar fotovoltaica em eletricidade é uma fonte de energia limpa, já que seu funcionamento não contém emissões desfavoráveis ao meio ambiente. Além disso, o processo de produção da energia ocorre por meio de semicondutores que não possuem partes móveis, não geram cinzas e nem resíduos que possam prejudicar o meio ambiente (BRAGA, 2008), sendo considerada como uma forma de energia renovável devido à luz solar ser um recurso inesgotável.

Aliado ao seu baixo impacto ambiental, a geração distribuída de energia fotovoltaica apresenta diversos benefícios ao sistema elétrico, tais como a redução das cargas na rede elétrica, a diversificação da matriz energética e a diminuição das perdas nas redes elétricas de distribuição e transmissão.

Apesar do enorme potencial de geração fotovoltaica no Brasil, a quantidade de energia produzida dessa forma ainda não é significativa no mesmo. No que diz respeito à geração e capacidade instalada de energia solar no país, tem-se o seguinte panorama ao final de 2020:

DESCRIÇÃO	2019	2020	Evolução (%)
% de energias renováveis na matriz elétrica do Brasil	83,0	84,8	2,17
Geração de energia elétrica (GWh), Total	626.328	621.198	- 0,82
Geração de energia elétrica (GWh), Energia solar	6.655	10.750	61,53
% Energia solar na matriz elétrica do Brasil (geração)	1,06	1,73	63,21
Capacidade Instalada de energia elétrica (MW), Total	170.118	174.737	2,72
Capacidade Instalada de energia solar (MW)	2.473	3.287	32,92
% Energia solar na capacidade total instalada	1,45	1,88	29,73

Tabela 5 - Geração e Capacidade Instalada de energia solar no Brasil ao final de 2020. Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN) 2021, Relatório Síntese.

Da análise da Tabela 5, acima, verifica-se que o Brasil apresenta, atualmente, a capacidade instalada de 3.287 MW de energia solar, representando cerca de 1,9%

do total da capacidade instalada de energia elétrica no país. Esse valor é bem inferior ao dos países líderes do ranking de produção de energia solar, como China, Japão, Estados Unidos e Alemanha. Pesquisas apontam o Brasil ocupando a 16ª colocação entre os maiores produtores mundiais de energia solar ao final de 2020.

Em 2015, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 687/2015, que acrescentou alguns benefícios aos microgeradores. Entre os benefícios gerados pela Resolução mencionada, vale citar a possibilidade de geração distribuída conjunta, isto é, a energia elétrica gerada pode ser repartida entre várias residências e/ou consumidores de acordo com seus interesses, desde que elas façam parte da mesma área de concessão. Estes sistemas, distribuídos e interligados à rede elétrica convencional, utilizam painéis solares para atender à demanda energética de uma edificação, em conjunto com a rede elétrica. Quando a energia solar gerada é superior ao consumo, o excedente é injetado na rede de energia e, caso seja inferior, é complementado pelo sistema interligado (WWF-Brasil, 2016).

Além dessas particularidades, a possibilidade da geração fotovoltaica ser utilizada de forma distribuída torna-se vantajosa pelo fato de promover o desenvolvimento social e econômico em todas as regiões, além de evitar gastos e impactos ambientais com linhas de transmissão de energia elétrica.

Além da vantagem supracitada gerada pela Resolução Normativa nº 687/2015, a validade dos créditos de energia passou de 36 para 60 meses, a potência máxima de geração por unidade aumentou de 1 MW para 5 MW e o processo de adesão para conectar a geração distribuída à rede de distribuição foi simplificado. Essa resolução normativa parece ter contribuído sobremaneira para o crescimento do número de instalações de sistemas fotovoltaicos no Brasil nos últimos 6 (seis) anos.

Atualmente, os Estados que apresentam o maior número de conexões à rede elétrica são Minas Gerais e São Paulo. Já os Estados da região Norte, e alguns da região Nordeste, não apresentam um número significativo de usuários com sistemas fotovoltaicos conectados.

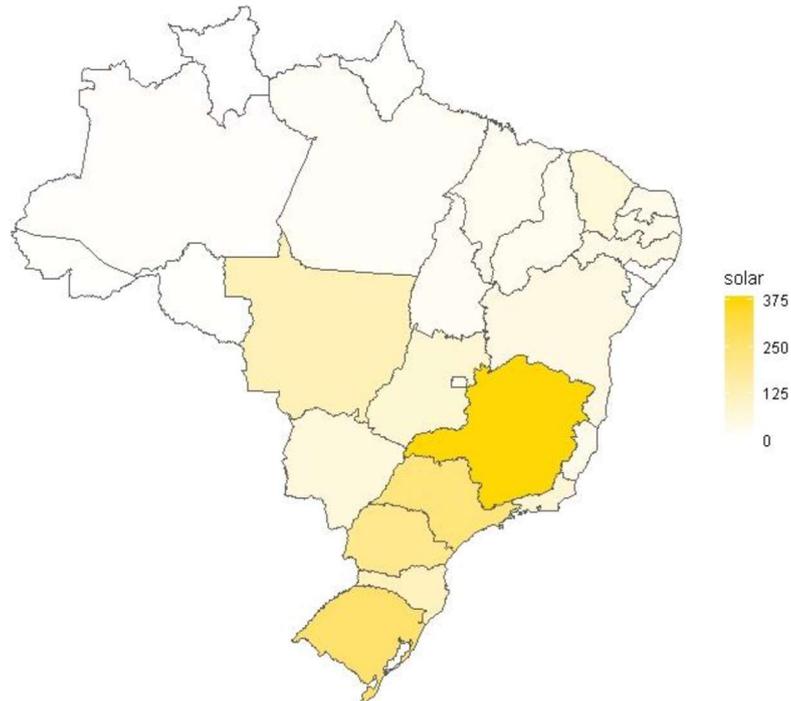


Figura 1 - Capacidade Instalada de Micro e Minigeração Distribuídas de energia solar por UF (MW). Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN) 2021, Relatório Síntese.

3.2. CONSTITUIÇÃO DAS USINAS FOTOVOLTAICAS

3.2.1. TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS

Os módulos fotovoltaicos são compostos de células fabricadas de silício, que é o segundo elemento químico mais abundante da natureza, ficando atrás apenas do hidrogênio. Ele é caracterizado como um material semicondutor e, em sua forma natural, é encontrado em rochas e minérios (SCHMIDT, 1983). O funcionamento das placas está ligado a uma junção de 2 (dois) tipos de material feito de silício, um positivo e um negativo de menor espessura.

Quando unidos, a sua ligação positivo-negativa gera um campo elétrico por conta dos elétrons excedentes no material de silício negativo unirem-se ao material do silício positivo. Quando ocorre a incidência de luz, os fótons presentes chocam-se com os elétrons das células, dando-lhes energia e transformando-os em semicondutores. Por conta do campo elétrico gerado na união positivo-negativo, os elétrons são orientados e fluem da camada positiva para a negativa. Devido a um condutor externo, ligam-se as duas camadas, gerando, assim, um fluxo de elétrons, o que também é conhecido como corrente elétrica (LORENZO, 1994).

Em busca de novas tecnologias para o uso de energias renováveis, os sistemas fotovoltaicos encontram-se em crescente utilização. Com isso, tem-se explorado

novos materiais e realizado pesquisas para o avanço desta tecnologia.(CEMIG, 2012). O silício (Si) é o principal material na fabricação das células fotovoltaicas (FV), sendo o mesmo explorado sob as formas cristalino, policristalino e amorfo (CEMIG, 2012).

Existem 3 (três) tecnologias aplicadas à produção de células fotovoltaicas, classificadas em 3 (três) gerações de acordo com seu material e suas características.

A primeira geração é composta por silício cristalino (c-Si), que se subdivide em silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), representando 85% do mercado, por ser uma tecnologia de melhor eficiência, consolidação e confiança (CEPEL & CRESESB, 2014).

A segunda geração, também chamada de filmes finos, é dividida em 3 (três) cadeias: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe).

A terceira geração é definida pelo IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) como “ Células que permitem uma utilização mais eficiente da luz solar que as células baseadas em um único band-gap eletrônico.” De uma forma geral, a terceira geração deve ser altamente eficiente, possuir baixo custo/watt e utilizar materiais abundantes e de baixa toxicidade. (IEEE, 2014).

Por fim, ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento, têm-se as células orgânicas ou poliméricas (CEPEL & CRESESB, 2014).

3.2.2. PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO

Os painéis solares, ou módulos, são os principais componentes do sistema fotovoltaico de geração de energia. Estes são formados por um conjunto de células fotovoltaicas associadas, eletricamente, em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes determinadas em projeto.

O conjunto destes módulos é chamado de gerador fotovoltaico e constituem a primeira parte do sistema, ou seja, são os responsáveis no processo de captação da irradiação solar e a sua transformação em energia elétrica (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011). A Figura 2, a seguir, representa um diagrama elétrico de um sistema fotovoltaico.



Figura 2 – Diagrama elétrico fotovoltaico, Sistema on grid; Fonte: Mppt Solar (2016)

Atualmente, são vários os exemplares de módulos solares produzidos, podendo ser rígidos ou flexíveis, de acordo com o tipo de célula empregada (PINHO & GALDINO, 2014). Em relação à fabricação dos painéis, torna-se importante ressaltar que, de acordo com Pinho & Galdino (2014), a produção dos módulos solares tem sofrido grande interferência governamental a partir de incentivos fiscais e ambientais. Com isso, o aumento da produção destes componentes tem reduzido bastante os custos para a efetivação do sistema.

3.2.3. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

3.2.3.1. SISTEMAS AUTÔNOMOS OU ISOLADOS (OFF GRID)

São sistemas que não dependem da rede elétrica convencional para funcionar, sendo possível sua utilização em localidades carentes de rede de distribuição elétrica. Existem 2 (dois) tipos de sistemas autônomos: com armazenamento e sem armazenamento. O primeiro pode ser utilizado em carregamento de baterias de veículos elétricos, em iluminação pública e, até mesmo, em pequenos aparelhos portáteis (VILLALVA & GAZOLI, 2012). Já o segundo sistema apresenta maior viabilidade econômica, já que não utiliza instrumentos para o armazenamento de energia (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

3.2.3.2. SISTEMAS LIGADOS À REDE (ON GRID)

São aqueles sistemas que trabalham concomitantemente à rede elétrica da distribuidora de energia. Sucintamente, o painel fotovoltaico gera energia elétrica em

corrente contínua e, após convertê-la para corrente alternada, é injetada na rede de energia elétrica. Tal conversão dá-se pelo uso do inversor de frequência, que realiza a interface entre o painel fotovoltaico e a rede elétrica. (PEREIRA & OLIVEIRA, 2013).

3.2.3.3. SISTEMAS HÍBRIDOS

A associação de sistemas fotovoltaicos com demais fontes de energia fundamenta-se no sistema híbrido. O seu maior benefício é proporcionar eletricidade (armazenada nas baterias) na privação de sol, ou seja, em dias de baixa, ou nenhuma, geração. No entanto, é apontado como um sistema complexo, já que necessita integrar diversas formas de produção de energia elétrica, como motores à diesel ou gás, ou por geradores eólicos (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

3.3. GERAÇÃO DE EMPREGOS NO SETOR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

A redução dos custos no setor fotovoltaico tem conduzido a um aumento do consumo na geração distribuída, aumentando a criação de empregos no setor. Globalmente, as instalações fotovoltaicas tiveram, em 2015, um acréscimo de 20% em relação ao ano anterior, com a China, o Japão e os Estados Unidos na liderança dessas instalações. Consequentemente, o setor fotovoltaico foi novamente o maior empregador de energia renovável, com 2,8 milhões de empregos em 2015, um aumento de 11% em relação ao ano anterior (IRENA, 2016).

A China foi o principal empregador de energia solar fotovoltaica no mundo, com 1,7 milhão de empregos em 2015, devido à sua liderança tanto na fabricação de placas quanto nas instalações. No Japão, houve um aumento de 28% para chegar a 377.100 postos de trabalho em 2014. Nos Estados Unidos, altas taxas de implantação trouxeram criação de emprego para níveis recorde.

Em contrapartida, o emprego no setor fotovoltaico na União Europeia (UE) caiu 13% em 2014, principalmente devido a uma diminuição na fabricação dos itens envolvidos. A Índia surgiu como um importante mercado em grande e pequena escala. A região testemunhou o crescimento de empregos nesse setor, particularmente no segmento de fabricação, na Malásia e na República da Coreia e, no processo de instalação, no Paquistão (IRENA, 2016).

3.4. INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA

3.4.1 INFLUÊNCIAS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A forma geométrica e a inclinação da Terra fazem com que o sol incida em cada uma de suas partes de forma distinta, fazendo com que a melhor captação do nível

de insolação incidente numa localidade seja tanto melhor quanto mais próxima à linha do equador for, pois não haverá grande variação da duração de horas de brilho solar devido à inclinação do eixo da Terra. Ainda, esta incidência de luz também dependerá da latitude local e do instante de tempo (dia do ano e horário do dia) (Greenpro, 2004).

Outro fator responsável pela variação da insolação recebida em um determinado local da superfície terrestre é a nebulosidade (Silva, 2011), já que as nuvens fazem com que ocorra uma variação na intensidade da radiação solar incidente na superfície e, por conta dessa variação de radiação, explica-se a variabilidade de radiações incidente de uma região (Bastos et al., 2002).

Adicionalmente, cita-se, ainda, que a transmissividade atmosférica faz com que somente parte da radiação solar atinja a superfície terrestre (Pereira e Oliveira, 2011). Assim, antes de atingir o solo, as características da radiação solar (intensidade, distribuição espectral e angular) são afetadas. Estas modificações são dependentes da espessura da camada atmosférica, também identificada por um coeficiente denominado Massa de Ar (AM, do inglês Air Mass), do ângulo zenital do sol, da distância Terra-Sol e das condições atmosféricas e meteorológicas, influenciando o desempenho das placas solares (Silva, 2011).

Os problemas causados por condições climáticas podem surgir em praticamente todas as estações do ano. Durante o inverno, por exemplo, o tempo com claridade (de incidência solar maior) é menor e quanto menos exposição de uma superfície ao sol, menor a conversão energética.

Embora as chuvas sejam fiéis colaboradoras, ajudando na limpeza dos painéis fotovoltaicos, a nebulosidade que a acompanha é uma vilã que diminui os níveis de radiação e acaba dificultando a geração de energia fotovoltaica.

Durante o outono existem fatores, como o sombreamento causado por acúmulo de folhas secas, resíduos de pássaros e acúmulo de poeira, que podem causar grande impacto na conversão de energia fotovoltaica, podendo reduzir em até 15% a taxa de conversão de energia solar. Assim, para regiões com longos períodos de estiagem, recomenda-se a limpeza periódica dos painéis para que estes trabalhem de forma mais eficaz (ENGIE, 2017).

Ao contrário do pensamento popular, não é o calor do sol que gera a energia elétrica fotovoltaica. Para que haja a geração de energia solar, as placas necessitam captar a luz solar. As altas temperaturas acabam por prejudicar a eficiência do

equipamento, sendo os coeficientes de temperatura ideais para uma placa fotovoltaica de 0,25 a 0,47%, e um diferencial dos materiais de boa qualidade (ENGIE, 2017).

3.4.2. RECURSOS SOLARES DISPONÍVEIS NO BRASIL

Pelo exposto no item anterior, torna-se óbvio perceber que a posição geográfica brasileira influencia, diretamente, as condições climáticas existentes, que, por sua vez, podem afetar de forma significativa a produção de energia fotovoltaica.

Segundo relatórios do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2015), os cenários climáticos futuros sugerem um aumento dos eventos extremos de secas e estiagens prolongadas, principalmente nos biomas da Amazônia, Cerrado e Caatinga, sendo que tais mudanças acentuam-se a partir da metade e final do século XXI. A redução das chuvas afeta diretamente a geração hidrelétrica. Assim, a não estacionariedade das séries de vazões pode ter impacto significativo no cálculo da energia assegurada ao país.

O Brasil conta com condições bastante favoráveis à conversão de energia solar em energia elétrica. Os níveis de radiação no país chegam a ser maiores que em muitos países onde a tecnologia já se encontra consolidada. Assim, embora o clima do país beneficie o desenvolvimento do seu setor fotovoltaico, no caso de instalação de um sistema deste tipo é muito importante atentar às condições climáticas pontualmente locais, que podem afetar, de forma significativa, a geração de energia solar.

Apesar das diferentes características climáticas observadas no Brasil, pode-se observar que a média anual de irradiação global apresenta boa uniformidade, com médias anuais relativamente altas em todo país.

De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar, publicado pelo INPE, a irradiação solar média diária no país varia de 4,1 a 6,5 kWh/m²/dia, enquanto que os valores de irradiação solar global incidente no território brasileiro (1500-2500 kWh/m²/ano) são superiores aos da maioria dos países da UE, como Alemanha (900 a 1250 kWh/m²/ano), França (900 a 1650 kWh/m²/ano) e Espanha (1200 a 1850 kWh/m²/ano), onde projetos para aproveitamento de recursos solares, alguns contando com fortes incentivos governamentais, são amplamente disseminados (INPE, 2006).

No Brasil, a região que mais possui recurso solar é o Nordeste, com irradiação global diária média de 5,9 kWh/m²/dia a 6,1 kWh/m²/dia.

Já no Distrito Federal, por exemplo, constata-se que a sua irradiação global diária média situa-se entre 5,25 kWh/m²/dia e 5,95 kWh/m²/dia, (INPE, 2006). Além

disso, a sua temperatura média do ar é em torno de 23,84 °C, uma temperatura média inferior à da região Nordeste, e seus índices de nebulosidade e pluviometria são baixos (ABSOLAR, 2015), parâmetros estes que tornam favoráveis a implementação e o bom desempenho de sistemas de geração solar fotovoltaica nesta região.

3.5. MEIO-AMBIENTE

Apesar da energia solar advir de uma fonte limpa e renovável, os materiais utilizados na produção de energia elétrica por meio do sol podem causar danos ao meio ambiente e aos seres humanos, caso sejam descartados de forma inadequada, pois possuem metais pesados em sua composição. Além de causar danos ao meio ambiente, vale destacar que os metais pesados, tais como o chumbo e o cádmio, constituintes de alguns módulos fotovoltaicos, são extremamente danosos à saúde.

Os painéis de silício contêm chumbo. O chumbo é bastante conhecido como sendo um metal que apresenta certo grau de toxicidade, sendo extremamente danoso ao corpo humano, afetando o sangue, os ossos e podendo atingir os sistemas nervoso, imunológico, reprodutor e cardiovascular (COELHO; SERRA, 2018).

As placas fotovoltaicas são classificadas como resíduos sólidos perigosos do tipo classe I (de acordo com a norma NBR 10004). Dessa forma, esses resíduos devem passar por um processo de reciclagem ou serem descartados como resíduos industriais perigosos (BETTANIN, 2017).

De acordo com Tolmasquim (2004), os componentes de um sistema fotovoltaico, considerados também como resíduos sólidos, podem apresentar os seguintes aspectos negativos ao meio-ambiente caso destinados de forma incorreta ou durante sua fabricação e operação:

- pode haver a produção de gases tóxicos durante o processo de fabricação dos módulos, podendo, inclusive, serem produzidos materiais cancerígenos;
- apesar de um sistema fotovoltaico poder ser instalado em áreas urbanas, inclusive em residências, muitas vezes pode ser necessária a disponibilidade de um lugar para instalação de sistemas maiores, podendo vir a afetar o habitat ao seu redor;
- se o sistema fotovoltaico ora tratado estiver em lugares de áreas públicas ou urbanas (sensíveis), pode vir a provocar impactos visuais negativos;
- é importante direcionar corretamente eventuais materiais tóxicos usados na fabricação das placas, tais como arsênico, gálio e cádmio, assim como outros tipos de materiais, inclusive o ácido sulfúrico utilizado em baterias;

- as baterias utilizadas em projetos de geração fotovoltaica off-grid também precisam ser destinadas corretamente, uma vez que estes tipos de materiais são considerados tóxicos e radioativos devido a todos os componentes que os constituem.

Apesar de existirem leis nacionais, estaduais e municipais impostas acerca da destinação final de resíduos sólidos, que podem partir de coletas seletivas, vazadouros, aterros, usinas de compostagem, incinerações, reciclagem, biogásificação, dentre outros, faz-se mister a criação de leis específicas à destinação do resíduo fotovoltaico, de forma que as empresas atuantes neste ramo sejam obrigadas a obter soluções por meio do sistema de logística reversa adequada, sobretudo após a devolução aos seus fabricantes/importadores, para destinação correta dos resíduos eventualmente gerados.

Outrossim, apesar da necessidade de regulação supramencionada, por meio da revisão expedita de literatura sobre o assunto este autor constatou que existem poucos estudos sobre a destinação final dos módulos fotovoltaicos. Dentre as propostas de destinação encontradas, destaca-se aquela registrada a seguir, que se refere à reciclagem e tratamento de painéis fotovoltaicos a serem descartados.

A primeira etapa da reciclagem e tratamento propostos a módulos fotovoltaicos a serem descartados começa com a desmontagem do painel fotovoltaico. Conforme mostrado na Figura 4, a seguir, o painel fotovoltaico é formado por camadas como um “sanduiche”. Desta forma, o processo de desmontagem do painel consiste, inicialmente, em separar as bordas de alumínio e cabos/caixa de junção das camadas de células fotovoltaicas, vidro e polímeros. Adiante, são separados os vidros das camadas restantes e os painéis solares são aquecidos para facilitar esse processo.

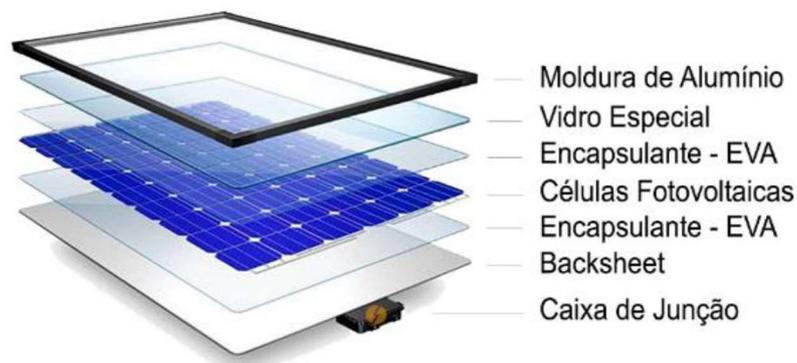


Figura 3 - Principais materiais usados na fabricação de módulos fotovoltaicos, formados por camadas como um “sanduiche”. Fonte: SOLAR, 2016.

O que resta do “sanduiche” é incinerado, dando origem a um composto de cinzas que contém silício e alguns outros metais. A cinza passa por um processo de peneiração e o resíduo obtido da peneiração passa pelo processo de lixiviação ácida, que tem como finalidade fazer a separação do silício dos outros materiais existentes nessas cinzas. Com esse processo, é possível recuperar até 95% do silício como metal de silício em grau metalúrgico, como também uma parte de prata e cobre. Por fim, terminados esses processos, o restante dos resíduos que não servirem para serem reaproveitados seguem para descarte em aterro sanitário apropriado.

4. VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL

Considerando-se a utilização da energia solar (fotovoltaica) apenas por questões econômicas, deve-se ter em mente que a tecnologia leva certo tempo para começar a dar retorno financeiro no caso do sistema ser do tipo on-grid, retorno este chamado de “payback”.

O “payback” é traduzido por meio de uma fórmula matemática que determina o tempo necessário para que a economia obtida com a instalação do sistema seja equivalente ao custo de instalação do sistema e, a partir de então, comece a gerar lucro. Para realizar este cálculo, é necessário levantar o custo total do investimento e dividi-lo pela economia média proporcionada mensalmente (produção de energia a partir das placas, em kWh/mês): Assim:

$$\text{Payback (meses)} = \text{Investimento (R\$)} / (\text{Energia gerada (kWh/mês)} \times \text{Valor da tarifa})$$

Para facilitação da presente análise e considerando-se os objetivos deste estudo, uma vez que os sistemas fotovoltaicos apresentam baixo custo de manutenção e seus equipamentos possuem um bom tempo de vida (BRITO et al., 2006), não serão considerados fatores como o custo de manutenção do sistema de placas, a projeção de possíveis aumentos nas tarifas de energia e, se for o caso, o custo de financiamento do projeto respectivo.

Não há muitos estudos comprovados e padronizados acerca do *payback* de um sistema fotovoltaico, além daqueles informados pelos fabricantes de placas e instaladores daqueles sistemas.

Assim, considerando-se a bibliografia pesquisada, os contatos realizados com fornecedores e instaladoras de sistemas fotovoltaicos, as imprecisões incorridas no presente estudo e, ainda, em relação a este tipo de sistema, adotar-se-á, na sequência deste trabalho, um prazo para *payback* ocorrendo em **4 (quatro) anos**.

5. VANTAGENS E DESVANTAGENS QUANTO AO USO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA

Existe uma série de vantagens e desvantagens que podem ser listadas quando é considerado o uso da energia solar, conforme explicado no artigo “Energia Solar”, Universidade de São Paulo (USP), 2013, pág. 18~20, e no “MUNDO EDUCAÇÃO”.

- Vantagens:

- o processo para geração de energia fotovoltaica é simples e livre da emissão de gases poluentes e de resíduos sólidos, favorecendo ao meio ambiente;
- é renovável e inesgotável;
- ocupa pouco espaço em comparação com outras fontes energéticas, como a hidrelétrica, por exemplo;
- a eficiência dos painéis fotovoltaicos está ficando cada vez maior e seu custo final diminuindo, bem como o prazo para o *payback*;
- os painéis fotovoltaicos necessitam de poucas manutenções;
- o sistema pode gerar energia em locais onde não há linhas de transmissão, como em regiões remotas do nordeste brasileiro e da região amazônica;
- diminui significativamente a conta de energia elétrica do usuário;
- o sistema é instalado próximo à carga, evitando, assim, custos com transmissão de energia em alta tensão;
- em países tropicais, é viável em praticamente todo o território respectivo.

- Desvantagens:

- o sistema não possui a capacidade de gerar energia no período noturno, de forma que caso requeira-se consumir energia solar durante a noite, será necessário interligar baterias ao sistema, encarecendo bastante o custo da sua instalação;
- o clima ou local influencia muito na quantidade de energia gerada, e fatores tais como chuva, neve, temperatura e variação da incidência solar poderão prejudicar a eficiência da geração (principalmente em países com inverno rigoroso);
- apesar do barateamento crescente do custo do sistema fotovoltaico, seu custo inicial ainda é alto, principalmente em países menos desenvolvidos, devido ao alto valor do silício (material de composição das placas);
- vida útil curta das baterias de armazenamento (cerca de cinco anos);
- possibilidade de prejuízos ambientais em caso de descarte inadequado das baterias e da produção do silício.

6. GASTO COM ENERGIA ELÉTRICA NO EXÉRCITO BRASILEIRO

Como já dito anteriormente, o custo com energia elétrica no EB representa um percentual bastante considerável do orçamento gasto com despesas discricionárias (cerca de 10%). Isto posto, para o presente estudo utilizar-se-á, como valor médio anual gasto com energia elétrica, **R\$ 200.000.000,00** (duzentos milhões de Reais).

7. PROPOSTA DE ESTRATÉGIA PARA CUSTEIO DA INSTALAÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS NAS OM DO EXÉRCITO BRASILEIRO

Para que seja feita uma proposta acerca da instalação de usinas fotovoltaicas nas OM do EB, deverão ser feitas algumas considerações preliminarmente.

Inicialmente, conforme informado pelas empresas instaladoras de sistemas fotovoltaicos, adotar-se-á, como tempo de vida útil dos conjuntos a serem instalados, **20 (vinte) anos** a partir de sua instalação.

Tendo em vista estudos e dados apresentados nos capítulos anteriores, adotar-se-á, como *payback* para recuperação do recurso investido para a instalação dos sistemas fotovoltaicos, o prazo de **4 (quatro) anos**, já inclusos neste caso o valor relativo à aquisição e instalação dos painéis propriamente ditos e os custos relativos à manutenção e limpeza de todo o sistema durante a sua vida útil.

Assim, se considerarmos que se gastam anualmente R\$ 200.000.000,00 com despesas com energia elétrica no EB, que se levariam 4 anos (*payback*) para que sejam recuperados os eventuais investimentos a serem realizados e que, para facilidade de cálculo, com a instalação dos sistemas fotovoltaicos as contas de energia seriam zeradas, fica fácil concluir-se que seria necessária a disponibilização de um valor total de R\$ 800.000.000,00 para custeio de todos aqueles sistemas, pois:

Payback (meses) = Investimento (R\$) / (Energia gerada (kWh/mês) x Valor da tarifa)

Payback (anos) = Investimento (R\$) / (Energia gerada (kWh/ano) x Valor da tarifa) ou

Investimento (R\$) = Payback x Valor atualmente gasto e a ser economizado =>

Investimento (R\$) = 4 x R\$ 200.000.000,00 =>

Investimento (R\$) = R\$ 800.000.000,00.

Uma vez determinado o custo total estimado dos sistemas a serem instalados nas OM do EB, a presente proposta limita-se a propor formas de como poderiam ser obtidos os recursos necessários para tal ação.

O custo financeiro total acima verificado poderá ser atendido, dentre várias alternativas, através de 2 (duas) origens parciais de recursos: uma decorrente de valores financeiros provenientes do orçamento do EB e a segunda decorrente do

reinvestimento dos valores eventualmente economizados pelo uso dos sistemas fotovoltaicos já instalados na oportunidade a ser considerada.

Desta forma, considerando-se o vulto de recurso total necessário - R\$ 800.000.000,00 - e um prazo total julgado aceitável para implementação total de todos os sistemas ora tratados, uma proposta físico-financeira inicial entendida por este autor como razoável, seria, de modo geral, a seguinte:

- investimento anual de R\$ 20.000.000,00;

- prazo de investimento de 7 (sete) anos;

- como antecipado, o restante de recurso financeiro necessário para alcance da meta de R\$ 800.000.000,00 seria proveniente das economias a serem obtidas sucessivamente por meio dos sistemas fotovoltaicos instalados.

A Tabela 6, a ser apresentada na página seguinte, traz a proposta de investimento financeiro total, considerando-se tanto o recurso originalmente proveniente do EB, quanto aquele proveniente das economias consequentes do funcionamento dos sistemas de geração de energia fotovoltaica a serem instalados.

Outrossim, por meio de consulta feita à Diretoria de Obras Militares (DOM) e ao Sistema OPUS, utilizado para controle das obras militares realizadas no âmbito do EB, obtiveram-se os valores disponibilizados pelo Departamento de Engenharia e Construção (DEC), por meio das diversas Ações Orçamentárias (AO), para manutenção, adequação e construção de instalações no EB, nos anos de 2018 a 2020, apresentados, na sequência, nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 6 - Proposta de investimento financeiro total, considerando tanto o recurso originalmente proveniente do EB, quanto aquele proveniente das economias consequentes do funcionamento dos sistemas de geração de energia fotovoltaica a serem instalados.

AO	DESCRIÇÃO	RECURSOS EMPREGADOS		
		EM 2018	EM 2019	EM 2020
4450	Obras diversas	20.288.706,71	-	-
20X6	Pjt Calha Norte	965.562,38	3.204.110,95	4.506.361,61
147F	Def. Cibernética	3.105.267,67	4.818.528,24	5.306.817,77
2000	Mnt OM/PNR	9.947.021,64	20.889.488,86	14.321.719,31
14T4	Guarani	2.416.959,58	3.902.826,12	8.828.331,48
13DB	Defesa Antiaérea	47.003,97	-	6.314.661,00
14T6	Proteger	11.598.702,22	18.774,05	-
2452	PCN – Mnt PEF	223.659,98	577.571,45	1.060.235,48
20XJ	DCT	708.603,79	171.135,99	-
2004	DSau – GND 4	13.968.095,08	6.892.528,58	17.636.890,94
156N	OCOP	5.175,64	462.262,23	-
20XH	TransOlímpica	4.823.427,36	1.709.808,77	5.504.996,53
156M	Amz Protegida	2.561.521,86	3.837.917,83	5.714.448,42
156M	Sent. Pátria PO 4	22.649.340,04	17.482.317,72	18.381.642,40
20PY	Emenda Parlamentar	4.425.000,00	-	-
4450	CMP	50.000,00	-	-
4450	PENEC	15.715.674,34	-	-
4450	Força da Nossa Força	504.892,30	-	-
156M	COTer	874.070,00	2.588.139,03	4.346.903,85
4450	CIOpEsp	9.000.000,00	9.582.361,25	-
13CA	DESFT PRF	176.600,00	-	-
4450	AFT	-	5.777.391,43	-
4450	PNR	-	41.842.977,68	-
20PY	Custeio	48.812.472,41	-	-
20PY	Investimento	3.418.263,15	-	-
219D	GND 3	-	62.803.982,92	58.601.503,17
156M	PNR	-	-	28.990.061,99
156M	PENEC	-	11.933.674,63	5.651.422,62
156M	Obras Diversas	-	41.173.327,66	42.194.115,73
219D	GND 4	-	5.442.314,41	7.749.106,24
2004	DSau – GND 3	-	9.317.302,48	5.052.377,02

20XK	CoLog	-	-	60.251,50
156M	DPIMA	-	2.336.113,50	37.943,56
219D	Emenda Parlamentar	-	5.040.000,00	8.911.504,79
21BT	Petrobras / Lava-jato	-	6.857.439,82	9.689.913,54
156M	CIOpEsp	-	-	6.571.272,04
156M	PENEC (CMSP) PO 8	-	-	17.920.106,10
156M	Mod SAA AMAN	-	-	4.338.185,67
156M	Extra PDR	-	-	14.011.637,75
156M	San VM Deodoro	-	-	17.519.326,13
3138	Aviação do Exército	89.459,88	1.999.967,40	3.384.752,00
2000	Fotovoltaica	-	-	12.020.148,01
14UO	Fiocruz	-	-	1.080.388,11
20X6	PCN (Extra PDR)	-	-	132.498,00
2000	Extra	-	-	3.257.513,67
2452	PCN PEF (Extra PDR)	-	-	299.282,80
14LW	Astros 2020	27.768.292,99	33.320.109,67	10.673.060,60
15F1	FEx	15.084.496,00	12.000.015,00	11.519.632,87
156M	CMS	-	-	4.165.528,62
14T5	SisFron	21.633.518,58	22.956.114,01	34.715.241,90
	TOTAL (R\$)	240.861.791,57	343.937.001,67	400.569.783,20

Tabela 7 - valores detalhados por Ação Orçamentária (AO), disponibilizados pelo DEC, para manutenção, adequação e construção de instalações no EB, nos anos de 2018 a 2020. Fonte: Sistema OPUS.

ANO	VALOR TOTAL DISPONIBILIZADO PELO DEC (R\$)	VALOR DISPONIBILIZADO PELO DEC POR MEIO DAS AO 20 PY E 219D (R\$)		
		GND 3 (Custeio)	GND 4 (Investimento)	TOTAL
2018	240.861.791,57	48.812.472,41	3.418.263,15	52.230.735,56
2019	343.937.001,67	62.803.982,92	5.442.314,41	68.246.297,33
2020	400.569.783,20	58.601.503,17	7.749.106,24	66.350.609,41
MÉDIA	328.456.192,15	56.739.319,50	5.536.561,27	62.275.880,77

Tabela 8 - Valores disponibilizados pelo DEC para manutenção, adequação e construção de instalações no EB (AO 20PY e 219D). Fonte: Sistema OPUS.

Relativamente aos valores gastos com energia elétrica no âmbito do EB, sabidamente estes recursos são repassados às OM consumidoras pela Diretoria de Gestão Orçamentária (DGO). Por sua vez, estes recursos são repassados àquela Diretoria pelo EME.

Sendo assim, uma opção para custeio das instalações ora estudadas seria aquela em que todo o recurso a ser utilizado numa 1ª fase seria totalmente custeado pelo EME, isto é, 7 (sete) parcelas anuais de R\$ 20.000.000,00 (vinte milhões de Reais), acrescidas posteriormente dos valores financeiros a serem economizados consequentes da operação dos sistemas de geração de energia fotovoltaica a serem instalados.

Assim, caberia apresentar a presente proposta à 6ª Subchefia do EME, que é a responsável pela gestão do recurso financeiro do EB a nível Comando, de forma que fosse obtido recurso específico para custeio dessa estratégia.

Outra proposta seria o DEC dividir o custo com o EME, de tal forma que cada órgão dispusesse, por exemplo, de 7 (sete) parcelas anuais de R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de Reais), cada, acrescidos posteriormente dos valores financeiros a serem economizados consequentes da operação dos sistemas de geração de energia fotovoltaica a serem instalados.

No caso da participação inicial do DEC, o valor anual proposto - R\$ 10.000.000,00 - corresponderia a cerca de 15% dos recursos anuais normalmente disponíveis na Ação 219D, de controle do próprio DEC, que em média tem sido de R\$ 62.000.000,00 (sessenta e dois milhões de Reais), como consta na Tabela 8 acima.

Como pode ser verificado na Tabela 6, anteriormente apresentada, a instalação dos sistemas fotovoltaicos traria uma economia total de cerca de R\$ 4.200.000.000,00 (quatro bilhões e duzentos milhões de Reais) num prazo total de 22 (vinte e dois) anos, correspondendo a um valor médio anual economizado de cerca de R\$ 190.000.000,00 (cento e noventa milhões de Reais).

Assim, se esse valor total previsto a ser economizado, com média anual de R\$ 190.000.000,00, fosse reinvestido na melhoria da infraestrutura das OM do EB, e em se considerando o valor médio de recursos anuais geridos pela DOM - R\$ 328.456.192,15, Tabela 7 - haveria um aumento substancial de cerca de 58% do valor total atualmente investido neste centro de custo.

Se considerada somente a AO 219D, que é aquela especificamente gerida pelo DEC e dedicada à infraestrutura das OM do EB, que nos últimos 3 (três) anos teve

uma média de R\$ 62.275.880,77, a economia ora tratada, se reinvestida pelo EME/DEC, traduzir-se-ia num aumento de cerca de 300% sobre esse valor.

Para um melhor entendimento do que significa o valor previsto a ser economizado, suponhamos que este valor pudesse ser empregado na construção de novos PNR. O custo médio de construção de um bloco de PNR com 24 apartamentos, já dotado de usinas fotovoltaicas para geração de energia alternativa, é de R\$ 12.000.000,00 (doze milhões de Reais), já com sua infraestrutura. Assim, se reinvestido todo o valor economizado - R\$ 4.200.000.000,00 - seria possível a construção de 350 blocos de apartamentos ou 8.400 (350 x 24) apartamentos num período de 22 anos, ou cerca de **380 apartamentos anualmente**.

Noutra opção, suponhamos a construção de pavilhões em OM. A um custo médio aproximado de R\$ 5.000.000,00 (cinco milhões de Reais) para construção de um pavilhão com área de cerca de 2.000 m², seria possível construir-se 840 pavilhões num período de 22 anos, ou seja, cerca de **38 pavilhões anualmente**.

Outra aplicação possível para os recursos eventualmente economizados seria na manutenção física de quartéis, particularmente quanto à renovação de sua rede elétrica, o que se traduziria na maior segurança daquelas instalações, em virtude da diminuição de riscos quanto a curtos elétricos e consequentes incêndios, bem como na economia de recursos, resultante da eventual diminuição de perdas em cabos e fios antigos e sistemas elétricos ultrapassados e pouco eficientes.

O aumento substancial do número de obras executadas relativas à instalação de sistemas fotovoltaicos traria grande incremento econômico neste setor, bem como grande benefício social por meio da geração de empregos, podendo, ainda, provocar o barateamento do preço final daquelas obras em decorrência do ganho de escala.

Os valores ora propostos, constantes na tabela 6 anteriormente apresentada, podem sofrer qualquer tipo de adequação achada conveniente, a depender do recurso julgado disponível pelo EME e pelo DEC.

Tendo em vista o vulto dos valores envolvidos, poderia ser criada uma Ação Orçamentária específica para esta atividade, com o intuito de facilitar o seu controle e a obtenção de recursos externos específicos.

Assim, caso a estratégia ora proposta seja julgada válida pelo Alto Comando do EB, faz-se mister a participação da 6ª Subchefia do EME, mais especificamente a sua Seção de Planejamento e Programação Orçamentária, que é a responsável pela

criação e/ou alteração de Ações Orçamentárias, de tal forma que sejam implementadas as ações necessárias para criação da nova ação.

8. PRAZOS PARA CONFEÇÃO DE PROJETO, CONTRATAÇÃO E EXECUÇÃO DAS OBRAS RESPECTIVAS AOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PROPOSTOS

Uma atividade imprescindível para a instalação dos sistemas fotovoltaicos ora em estudo é o projeto de engenharia relativo aos mesmos.

Um Dado Médio de Planejamento (DAMEPLAN) levantado por este autor enquanto Chefe da CRO/12, é o de que o projeto completo de um sistema de geração de energia fotovoltaica, relativo a uma OM Tipo 1, pode ser confeccionado, por 1 (um) engenheiro eletricista, num prazo médio de cerca de 1 (um) mês.

Assim, é perfeitamente possível assumir que o projeto completo de engenharia relativo a um sistema de geração de energia fotovoltaica para uma OM Batalhão Tipo 2 pode ser confeccionado, em média, em 2 (dois) meses de trabalho ou, de outra forma, serem confeccionados, anualmente, 6 (seis) projetos do tipo supracitado por profissional.

De uma forma geral, a obra relativa à instalação do sistema supramencionado custaria cerca de R\$ 1.200.000,00, considerando-se, também, a experiência deste autor. De uma outra forma, o custo de um Sistema Fotovoltaico (SFV) poderia ser calculado, estimativamente, considerando-se o seguinte:

$$\text{Valor SFV} = \text{Valor total considerado} / \text{n}^\circ \text{ OM} = 800.000.000,00 / 656 \text{ OM}$$

Assim: Valor SFV = R\$ 1.219.512,2 / OM, aproximando-se bastante do valor acima informado.

Considerando-se que o profissional responsável pelo projeto do SFV seria um Oficial Técnico Temporário (OTT) ou um servidor contratado do tipo PCTD (Pessoal Civil por Tempo Determinado), seu salário mensal, com encargos sociais, pode ser estimado em cerca de R\$ 12.000,00 (doze mil Reais). Assim, a representatividade deste valor frente ao custo total de instalação do sistema seria de:

$$12.000,00 / 1.200.000,00 = 1\%.$$

Em suma, o impacto do custo dos projetos de engenharia perante os investimentos apresentados e necessários, se considerarmos o objetivo deste trabalho, é desprezível.

Por sua vez, se considerarmos que o EB possui, no total, cerca de 656 OM e que todas as usinas de geração de energia fotovoltaica seriam instaladas nas mesmas

num prazo máximo de 7 (sete) anos, seria necessária a confecção de cerca de 94 (noventa e quatro) projetos anualmente:

$$656 \text{ OM} / 7 \text{ anos} = 93,7 \text{ projetos} / \text{ano}.$$

Como descrito anteriormente, foi assumido que um projeto seria confeccionado em 2 (dois) meses, ou seja, 6 (seis) projetos por ano por profissional. Assim, seria necessária a contratação de cerca de 16 (dezesesseis) projetistas, pois:

$$(94 \text{ projetos/ano}) / (6 \text{ projetos} / \text{profissional} \times \text{ano}) = 15,7 \text{ profissionais}$$

Considerando-se que o Sistema de Obras Militares (SOM) é composto por 12 OM, incluídas aí as CRO e SRO, bastaria que fosse contratado em média, portanto, apenas 1 (um) profissional por CRO / SRO, sendo complementado o número total requerido (16) por profissionais das próprias CRO/SRO. Desta forma, seria possível a confecção de todos os projetos relativos aos sistemas fotovoltaicos necessários no período sugerido de 7 (sete) anos, o que se mostra uma ação bastante razoável se considerada a substancial economia financeira a ser obtida.

Relativamente à contratação e execução das obras respectivas aos sistemas a serem instalados, uma vez que o projeto do sistema já prevê a confecção dos documentos necessários à contratação (licitação) das obras correspondentes, 1 (um) ano é um prazo suficiente à consecução das 2 (duas) etapas citadas, isto é, contratação e execução, desde que a obra seja confirmada à CRO respectiva no ano anterior para um melhor planejamento.

9. ESTUDO DE CASOS

Enquanto Chefe da CRO/12, mais especificamente no final do ano de 2018, este autor implementou a instalação de um pequeno conjunto fotovoltaico naquela OM, a um custo total de R\$ 26.400,00, objetivando acompanhar, ao longo do tempo, o comportamento do sistema instalado, podendo comparar, inclusive, as medições da energia gerada pelo conjunto com aqueles valores inicialmente projetados pela empresa contratada para a sua instalação e especializada no assunto.

Isto posto, a Tabela 9, a seguir, apresenta as medições de energia elétrica gerada, em 2019/2020, pelo conjunto fotovoltaico instalado na CRO/12, em Manaus:

ANO	kWh GERADO	ANO	kWh GERADO	Média Anual
2019	6.809,21	2020	6.322,84	6.566,03

Tabela 9 - Medições de energia elétrica gerada, em 2019 e 2020, por conjunto fotovoltaico instalado na CRO/12, em Manaus. Fonte: Amazonas Energia SA.



Figura 4 - Medições de energia elétrica gerada, em 2019 e 2020, por conjunto fotovoltaico instalado na CRO/12, em Manaus. Fonte: Amazonas Energia SA.

Analisando-se as contas de energia elétrica relativas ao sistema fotovoltaico instalado, obteve-se o valor do kWh cobrado e pago pela concessionária, de 0,886453 R\$/kWh. Assim, o custo financeiro total relativo à energia fotovoltaica gerada e, portanto, economizada pelo EB (CRO 12), num período de 1 (um) ano será o seguinte:

$$6.566,03 \text{ kWh/ano} \times 0,886453 \text{ R\$/kWh} \times 1 \text{ ano} = \text{R\$ } 5.820,48.$$

Assim, ter-se-á, para o conjunto fotovoltaico em análise, o seguinte payback:

$$\text{Payback (anos)} = \text{Investimento (R\$)} / (\text{Energia gerada (kWh/ano)} \times \text{Valor da tarifa})$$

$$\text{Payback (anos)} = 26.400,00 / 5.820,48 = 4,5 \text{ anos}$$

Pelo acima calculado, pode-se admitir que o período assumido anteriormente para o *payback* de um sistema fotovoltaico completo a ser instalado em uma OM, de 4 (quatro) anos, pode ser julgado como satisfatório e mantido no presente estudo.

A afirmação acima encontra amparo no fato de que sistemas fotovoltaicos maiores acabam sendo mais eficientes que sistemas menores, domiciliares, aliado ao fato de que a nebulosidade média anual na região amazônica é maior que nas demais regiões do Brasil, tornando a eficiência de sistemas fotovoltaicos instalados em Manaus menor e seu prazo para *payback* maior. Desta forma, parece lógico que o

prazo de *payback* para os sistemas a serem instalados nas OM do EB, em média, seja menor que aquele calculado para o sistema já instalado na CRO/12 (4,5 anos).

Outro exemplo prático de determinação do prazo para *payback* é o referente ao sistema fotovoltaico atualmente em fase de implantação na sede da CRO/12, em Manaus, desta vez a fim de atender à demanda da OM como um todo.

Por meio de uma licitação realizada em 2020, a CRO/12 contratou a implantação de um sistema fotovoltaico para atendimento de toda a sua demanda de energia elétrica. Por meio do levantamento de necessidades e observação das contas de energia da OM, verificou-se um consumo médio de 15.491 kWh/mês.

O menor preço total obtido na licitação foi de R\$ 577.000,00, incluídos aí todos os custos com materiais e serviços para a execução de todas as atividades previstas. Assim, teremos como previsão de prazo de *payback* para este sistema o seguinte:

$$\text{Payback (anos)} = \text{Investimento (R\$)} / (\text{Energia gerada (kWh/ano)} \times \text{Valor da tarifa})$$

$$\text{Payback (anos)} = 577.000,00 / [(15.491 \times 12) \times 0,886453 \text{ R\$/KWh}]$$

$$\text{Payback teórico} = 3,5 \text{ anos.}$$

Assim, o valor encontrado acima corrobora, uma vez mais, para a manutenção, neste estudo, do prazo de 4 (quatro) anos como sendo um valor aceitável de *payback*.



Figuras 5 e 6 – Instalação de sistema fotovoltaico na CRO/12, em Manaus/AM

10. CONCLUSÃO

O sol, como recurso energético possível de gerar energia elétrica, vem ganhando reconhecimento e representatividade na matriz energética brasileira. Uma das tecnologias que utilizam tal recurso, como já apresentado anteriormente, é a energia solar fotovoltaica. Com o incremento de recentes incentivos econômicos concedidos pelos governos, o sistema fotovoltaico já vem sendo utilizado em grande escala, tanto em instalações residenciais quanto comerciais e industriais.

O Brasil, país de clima tropical e com grande insolação e pouca nebulosidade em grande parte do ano e em praticamente todo o seu território, mostra-se como um ambiente bastante favorável à utilização da energia fotovoltaica.

O aumento da demanda por sistemas fotovoltaicos e de benefícios cedidos por parte do governo vêm reduzindo sensivelmente o custo final do sistema fotovoltaico. Aliado à redução do seu custo final, o apelo ambiental da energia fotovoltaica, que se mostra limpa e renovável, tem incrementado ainda mais a sua procura.

O custo do EB com energia elétrica é bastante expressivo, chegando a R\$ 200.000.000,00 (duzentos milhões de Reais) anualmente, representando cerca de 10% do total das suas despesas discricionárias.

Assim, considerando-se o alto custo de energia elétrica nas OM do EB, a grande disponibilidade de energia solar e a excelente relação custo x benefício quanto à instalação do sistema fotovoltaico no Brasil, é bastante viável a instalação de conjuntos fotovoltaicos nas OM do EB.

Como demonstrado anteriormente neste estudo, a instalação dos sistemas fotovoltaicos em todas as OM do EB custaria algo em torno de R\$ 800.000.000,00.

Isto posto, o presente estudo propõe uma estratégia de implantação de sistemas fotovoltaicos nas OM do EB, custeada por um investimento inicial de cerca de R\$ 140.000.000,00 (cento e quarenta milhões de Reais), distribuídos num período sugerido por este autor de 7 (sete) anos, e complementada pelo reinvestimento sucessivo dos valores financeiros economizados e resultantes da instalação daqueles sistemas fotovoltaicos, totalizando R\$ 800.000.000,00 de investimento.

Este autor projeta que a presente proposta traria uma economia total ao EB de cerca de R\$ 4.200.000.000,00 (quatro bilhões e duzentos milhões de Reais) num prazo total de 22 (vinte e dois) anos, correspondendo a um valor médio anual economizado de cerca de R\$ 190.000.000,00 (cento e noventa milhões de Reais).

Assim, se o valor acima citado e a ser economizado fosse reinvestido na melhoria da infraestrutura das OM do EB, traria um aumento substancial de cerca de 58% do valor total médio atualmente investido neste centro de custo considerando-se todas as Ações Orçamentárias (AO) mantidas pelo EME. Outrossim, caso considerada somente a AO 219D, que é aquela especificamente gerida pelo DEC e dedicada à infraestrutura das OM do EB, que nos últimos 3 (três) anos teve uma média de investimento de R\$ 62.275.880,77, a economia ora tratada, se reinvestida pelo EME/DEC, traduzir-se-ia num aumento de cerca de 300% sobre esse valor.

A fim de entender-se a magnitude do valor previsto a ser economizado, suponhamos que este valor fosse investido na melhoria da infraestrutura das OM do EB, mais particularmente, que fosse possível a construção de novos PNR. O custo médio da construção de um bloco de PNR com 24 apartamentos (inclusive com usinas fotovoltaicas) pelo SOM é de R\$ 12.000.000,00 (doze milhões de Reais), inclusa aí a sua infraestrutura. Assim, se reinvestido nesta atividade todo o valor economizado, seria possível a construção de 350 blocos de 24 apartamentos ou 8.400 apartamentos, num período de 22 anos, ou cerca de **370 apartamentos anualmente**.

Ainda, a um custo médio aproximado de R\$ 5.000.000,00 (cinco milhões de Reais) para um pavilhão de 2.000 m², seria possível construir-se 840 pavilhões desse tipo num período de 22 anos, ou cerca de **37 pavilhões anualmente**.

Caso o valor a ser economizado seja investido na manutenção de aquartelamentos, particularmente na adequação de suas respectivas redes elétricas, além do aumento da segurança das instalações, em razão da diminuição do risco de curtos elétricos e consequentes incêndios, poderá haver economia de recursos, resultante da redução de perdas de energia decorrentes de fios e cabos antigos e sistemas elétricos ultrapassados e pouco eficientes.

Além do benefício social a ser gerado pelas construções supramencionadas, a intensificação do número de obras relativas à instalação de sistemas fotovoltaicos e à construção de edificações por todo o Brasil traria incremento econômico nestes setores, com boa geração de empregos, podendo, ainda, baratear o preço final daquelas obras, no âmbito do SOM, devido ao ganho de escala.

Outro benefício gerado ao EB seria em relação ao apelo ambiental, traduzido pela intensificação na utilização de uma energia limpa e sustentável por parte de seus integrantes, trazendo grande visibilidade à boa imagem do EB junto à sociedade. Como parâmetro, vale citar que, segundo pesquisas, 1 U\$ investido em energia renovável resulta em 8 U\$ economizados em gastos ambientais.

Isto posto, caso a estratégia ora proposta seja julgada válida pelo Alto Comando do EB, faz-se mister a participação do EME para realizar a programação financeira necessária à implantação dos sistemas tratados no presente estudo. É conveniente, inclusive, a criação, por parte do EME, de uma AO específica objetivando a instalação dos sistemas fotovoltaicos tratados no presente estudo.

Aliado a todos os benefícios trazidos pelo uso de sistemas fotovoltaicos nas OM do EB, o reinvestimento majoritário dos recursos a serem economizados na

melhoria da sua infraestrutura mostra-se uma ação de extrema significância, podendo vir a atenuar, a curto prazo e em boa intensidade, a contenção de recursos orçamentários a que já se mostra assolado. Além disso, promoveria significativo impacto social, econômico e ambiental na sociedade e no mercado como um todo, criando oportunidade para o fortalecimento da imagem do EB e amplificando a sua dimensão informacional.

Por fim, uma vez que a presente proposta trata-se de uma possível estratégia a ser implementada pelo EB em suas OM, vale registrar que a mesma estaria alinhada com vários dos Objetivos Estratégicos do Exército (OEE), que segundo o Sistema de Planejamento Estratégico do Exército são objetivos que traduzem as suas prioridades estratégicas, alinhamentos estes assim demonstrados:

OEE	DESCRIÇÃO	JUSTIFICATIVA
OEE 1	Contribuir com a Dissuasão Extrarregional	A independência das OM assistidas por energia fotovoltaica no que diz respeito a infraestruturas críticas (energia hidrelétrica) contribuiria com a estratégia da dissuasão extrarregional
OEE 3	Contribuir com o Desenvolvimento Sustentável e a Paz Social	A energia fotovoltaica é uma forma de energia altamente sustentável, contribuindo para a conservação do meio-ambiente e reforçando a responsabilidade ambiental do Exército Brasileiro
OEE 8	Aperfeiçoar o Sistema Logístico Militar Terrestre	A utilização deste tipo de energia garantiria prontidão logística ao EB
OEE 9	Aperfeiçoar o Sistema de C, T & I	Demonstraria uma cultura de inovação e produção moderna de energia
OEE 10	Aumentar a Efetividade na Gestão do Bem Público	Materializaria a boa gestão do bem público pelo EB por meio do exercício de uma Governança garantidora do uso racional dos bens a ele disponibilizados
OEE 12	Aperfeiçoar o Sistema de Educação e Cultura	Criaria condições necessárias à inovação em assuntos relacionados à geração de energia, não se apresentando como simples “criacionismo”
OEE 13	Fortalecer a Dimensão Humana	Valorizaria os recursos humanos do EB por meio da melhoria da qualidade de vida da Família Militar e da valorização da sua Força de Trabalho
OEE 14	Ampliar a Integração do Exército à Sociedade	Promoveria a integração do Exército Brasileiro com a sociedade por meio da demonstração de sua preocupação sócio-ambiental, apresentando-se como mais uma entrega feita pelo Exército
OEE 15	Maximizar a Obtenção de Recursos do Orçamento e de Outras Fontes	Aumentaria a eficiência do emprego dos recursos financeiros por parte do EB, já que seria sempre uma fonte geradora de créditos financeiros, facilitando, assim, a obtenção de mais recursos

Tabela 10 – Alinhamento da estratégia de implantação de sistemas fotovoltaicos nas OM do EB com vários de seus Objetivos Estratégicos. Fonte: o Autor.

REFERÊNCIAS

Cartilha: medidas de racionalização de despesas com atividades de apoio administrativo. Secretaria de Economia e Finanças. 2020

Balço Energético Nacional 2021, Relatório Síntese / Ano Base 2020. 2021.

Caderno de Orientações - Ações para Redução de Custos com Energia Elétrica e Água em Organizações Militares e Próprios Nacionais Residenciais do Exército. Secretaria de Economia e Finanças. 2021

NETO, Inácio Miranda. **Custos e benefícios da aplicação de sistemas de coleta de água de chuva e de placas fotovoltaicas.** Curso de bacharelado de engenharia civil. 2020.

ALMEIDA, Eliane; ROSA, Anna Clara; DIAS, Fernanda Cristina Lima Sales; BRAZ, Kathlen Thais Mariotto; LANA, Luana Teixeira Costa; SANTO, Olívia Castro do Espírito; SACRAMENTO, Thays Cristina Bajur. **Energia solar fotovoltaica. Revisão bibliográfica.** 2019.

SILVA, Leyla Rosane de Oliveira Raphaela; TESHIMA, Hikari Lima. **Estudo sobre a utilização de fontes de energias renováveis e suas principais tendências.** 2018.

RODRIGUES, G. O.; NEGRINI, F.; EIDT, W.; SIMONETTO, E. O.; BARROS, R. S. **Geração solar fotovoltaica como proposta para redução do custo da energia elétrica de uma instituição de ensino superior.** Revista Brasileira de Administração Científica. Brazilian Journal of Scientific Administration Abr a Jun 2019, v.10, nº 2, p.125-136. 2019.

DIAMANTE, André Luiz. **Estudo sobre a implementação de placas fotovoltaicas.** Curso de Graduação em Engenharia Elétrica. 2020.

CAMPOS, Mayara Soares; ALCANTARA, Licinius D.S. **Interpretação dos efeitos de tempo nublado e chuvoso sobre a radiação solar em Belém/PA para uso em sistemas fotovoltaicos.** Curso de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis. 2016.

GONSALVES, Guilherme Castro; KURTZ, Marcelo; OLIVEIRA, Bruno Smolniakof de; VOLANIN, Fernando; MAZURECHEN, Sandro Roberto. **Eficiência energética: Análise da viabilidade econômica na utilização de placas fotovoltaicas em empresa de Guarapuava, Paraná.** 2019.

COSTA, Raycam Evaristo de Oliveira. **O uso de placas fotovoltaicas: uma revisão bibliográfica.** Universidade Federal Rural do Semi-árido. 2020.

STEINER, Kátia Helena. **Estudo sobre o impacto ambiental decorrente da utilização e descarte de placas fotovoltaicas.** Universidade do Sul de Santa Catarina. 2020.

BARROS André Gomes. **Análise da viabilidade econômica de instalações de placas fotovoltaicas.** Universidade Candido Mendes (UCAM). Curso de Mestrado em Engenharia de Produção. 2018.

FONTELES, Ananda Tinno. **Viabilidade econômica na utilização de painéis solares fotovoltaicos em uma empresa do agronegócio de Itaporã – MS.** Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). 2019.

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico.** Working Paper. 2018.

BATISTA, Washington André. **Energias sustentáveis: a viabilidade econômico-financeira da utilização de energia solar no Brasil.** UFMG. 2020.

SOUZA, Márcia Pires de. **Análise da viabilidade de utilização da energia solar como fonte alternativa de geração de energia na cidade de Manaus.** Universidade Federal do Amazonas. 2016.