ESTUDOS SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE NO EXÉRCITO BRASILEIRO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A INSTITUIÇÃO

Fernando Duncan Loureiro Pinheiro[1], Andrea Teresa Riccio Barbosa[2]

[1] Engenheiro de Fortificação e Construção pelo Instituto Militar de Engenharia e aluno de Mestrado no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Eficiência Energética e Sustentabilidade – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil (fernandoduncanp@gmail.com)

[2] Engenheira Eletricista, Dra., Professora do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Eficiência Energética e Sustentabilidade - Curso de Mestrado Profissional da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil (andrea.barbosa@ufms.br)

Resumo: Eficiência energética e sustentabilidade têm ganhado relevância diante da necessidade de se reduzir custos e impactos ambientais. Nesse contexto, o Brasil e o Exército Brasileiro vêm adotando regulamentações, programas e pesquisas voltados ao tema. Este trabalho revisa estudos desenvolvidos por engenheiros militares e suas contribuições ao EB, destacando a capacitação de militares, o aprimoramento de regulamentos, projetos mais eficientes, geração de subsídios técnicos e economia de recursos.

Palavras-chave: eficiência energética; sustentabilidade; obras militares; métodos construtivos eficientes.

INTRODUÇÃO

Segundo Didoné *et al.* (2014), houve elevado crescimento da demanda energética no Brasil nos últimos anos e a previsão é que tal demanda triplique até o ano de 2050. De acordo com EPE (2024), projeta-se uma participação do setor de edificações em 53% do consumo de energia elétrica do Brasil em 2034 e se prevê que o setor contribua com 66% dos ganhos de eficiência elétrica, equivalente a 27 TWh, no mesmo ano. Há, portanto, urgência no desenvolvimento de políticas públicas que visem o uso racional desse recurso, principalmente na área de edificações (EPE, 2016).

Mais enfaticamente a partir da promulgação da Lei n° 10.295/2001, têm-se observado uma diretriz do Governo Federal para criar uma Política Nacional de Conservação e Uso Racional da Energia. No ano de 2010, foi elaborada a Instrução Normativa n° 01, da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação (SLTI), do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), dispondo sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal, direta, autárquica e fundacional.

No ano de 2014, a Instrução Normativa n° 02 (SLTI/MPOG) dispôs que todos os Órgãos da Administração Pública Federal, direta, autárquica e fundacional, devem obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit.

Em 2021, foi publicada a Portaria nº 42-INMETRO, que aprovou novo método (INI-C) para avaliação e classificação de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas, que aperfeiçoa os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

Em setembro de 2022, foi publicada a Portaria Conjunta ME-INMETRO nº 309, que aprovou as Instruções Normativas e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas e Residenciais, de forma consolidada, que entrou em vigor em 1º de junho de 2024, por meio da Portaria nº 23/2024-INMETRO/MDIC.

Nesse contexto, em 26 de setembro de 25, foi promulgada a Resolução CGIEE nº 4-MME, que estabeleceu índices mínimos obrigatórios de eficiência energética para edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas em todo o território nacional, fixando o nível "A" como padrão mínimo para edificações públicas federais novas, a partir de 01 de janeiro de 2027.

No âmbito do Exército Brasileiro (Órgão da Administração Pública Federal), a partir do ano de 2003, por meio da Instrução Geral para o Planejamento e Execução de Obras Militares no

Exército n° 50, definiu-se que os projetos devem privilegiar técnicas para racionalização dos recursos naturais.

No ano de 2019, foram aprovadas as Instruções Reguladoras (IR) para a Elaboração, a Apresentação e a Aprovação de Projetos de Obras Militares no Comando do Exército (EB50-IR-03.001), constando que, no desenvolvimento de projeto ou anteprojeto, deve ser considerada a conformidade com as orientações sobre Eficiência Energética contidas nas IR, devendo todos os projetos apresentar análise de eficiência energética.

Ainda em 2019, o Exército Brasileiro (EB), por meio da Diretoria de Obras Militares (DOM), durante o Seminário de Sustentabilidade em Obras Militares – Soluções Energéticas, lançou o Programa "EB Sustentável". O Programa visa atender à demanda de sustentabilidade no Exército, em especial nas obras militares, contemplando não somente a vertente energética, mas também relacionada a água, resíduos, materiais, sistemas construtivos e poluição (Defesanet, 2026).

No mesmo ano e no contexto do Programa "EB Sustentável", a DOM lançou o Caderno de Orientações - Ações para Redução de Custos com Energia Elétrica e Água em Organizações Militares (OM) e Próprios Nacionais Residenciais do Exército (DOM.CO.01.2019), visando nortear os agentes da administração das OM em ações práticas, administrativas e técnicas, que tragam impactos positivos nos custos vinculados às despesas ordinárias.

Em 2021, foi aprovada a Política de Desenvolvimento Sustentável do EB, por meio da Portaria nº 505 – EME/C Ex (EB20-P-05.001), que visa equilibrar a prontidão operacional com a eficiência energética, gestão de resíduos, conservação de recursos naturais e conformidade com a legislação ambiental.

Nesse contexto, o EB tem se esforçado para capacitar seus engenheiros a fim de atender às diretrizes nacionais e da própria instituição. Sobre o tema eficiência energética, têm ocorrido palestras, cursos de extensão e pós-graduação.

Dentre as pesquisas realizadas, cabe destacar: Rodrigues (2015), que avaliou eficiência energética de edificações residenciais do Exército Brasileiro, pelo método descritivo e também pelo simulacional; Rachid (2018), que implementou técnicas de eficiência energética no projeto de um Pavilhão Companhia de Comando e Apoio do 9° Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica (9° B Com GE), localizado no município de Campo Grande, MS; e, Pimentel (2020), que realizou avaliação de eficiência energética de edificação militar de acordo com as diretrizes da recém criada Instrução Normativa do INMETRO para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). Tais estudos mostraram a viabilidade técnica e financeira da aplicação de medidas de Eficiência Energética em Edificações Militares.

Além das supracitadas, foram realizadas pesquisas por Santana Junior (2019), na área de implantação e avaliação de sistemas fotovoltaicos junto ao Comando Militar do Oeste (CMO); Silva Neto (2021), sobre sistemas fotovoltaicos e sistemas de armazenamento de energia para instalações militares de energia zero; Mulano (2022), a respeito de ações de retrofit para a obtenção do nível "A" de eficiência energética em uma edificação militar; e, De Deus (2022), que tratou da otimização multiobjetiva do desempenho termoenergético da envoltória de contêiner para uso como edificação militar.

Além disso, o Exército Brasileiro, por meio do Departamento de Engenharia e Construção (DEC), tem incentivado a adoção de metodologias construtivas inovadoras consorciadas com a implementação de medidas de eficiência energética. Nesse contexto, a Comissão Regional de Obras da 9ª Região Militar (CRO/9ª RM) contratou a primeira obra do Exército Brasileiro a ser construída com a metodologia *Steel Frame*, em Corumbá, MS, que permite maior eficiência, velocidade e sustentabilidade à construção.

Observa-se, portanto, interesse do Exército em estudos sobre o tema de eficiência energética e conforto ambiental, além do emprego de métodos construtivos eficientes.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar as principais pesquisas relacionadas a eficiência energética e sustentabilidade realizadas por engenheiros militares no Exército Brasileiro e suas contribuições para a Instituição.

MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente, buscou-se na literatura e em conversas com militares atuantes na área de eficiência energética, trabalhos de pesquisa desenvolvidos na área no âmbito do EB.

As buscas foram realizadas no Portal de Periódicos da CAPES (https://www.periodicos.capes.gov.br/), no site do PPGEES (Programa de Pós-graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade), da UFMS (https://ppgees.ufms.br/repositorio-ppgees/dissertacoes/), e no repositório de produção científica e intelectual da Unicamp (http://repositorio.unicamp.br).

Após o estudo desses trabalhos, buscou-se avaliar suas contribuições para a Instituição, tanto no desenvolvimento de pesquisas como em aplicações práticas, por meio de conhecimentos prévios deste

autor, de pesquisas na internet e em consulta a militares atuantes no setor de obras militares do EB.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão discutidos os estudos supracitados, desenvolvidos por engenheiros militares do Exército Brasileiro, abordando suas contribuições para a eficiência energética e a sustentabilidade no âmbito institucional.

A dissertação de mestrado apresentada pelo Tenente-Coronel Paiva Rodrigues, na Unicamp, de 2015, foi o primeiro estudo científico sobre o tema conduzido no EB, tendo sido intitulada: "Avaliação da eficiência energética de edificações residenciais em fase de projeto: análise de desempenho térmico pelo método prescritivo e por simulação computacional aplicados a estudo de caso de projeto-tipo do Exército Brasileiro", (Rodrigues, 2015).

No escopo do estudo, foi realizada análise de eficiência energética de uma edificação residencial, utilizando-se os métodos prescritivo, do RTQ-R (Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais), e de simulação, predominantemente com o Software Energy Plus.

O trabalho propõe a adoção de medidas de eficiência energética no projeto-tipo avaliado, entre elas: o aumento do número e dimensões das aberturas, sombreamento e emprego de venezianas em aberturas, a melhor orientação de fachadas, a adoção de materiais construtivos que conferem melhor desempenho térmico, a implementação de ventilação mecânica e um sistema de aquecimento de água por energia solar. A partir dessas ações, foi possível elevar o nível de eficiência energética da edificação de "D" para "A" e reduzir o consumo energético de forma estimada em 25%.

Entre as contribuições para a instituição desse projeto, que trouxe a discussão sobre o tema de eficiência energética e sustentabilidade em nível mais aprofundado para o EB, destacam-se: a aprovação pela DOM em 2019, das Instruções Reguladoras (IR) para a Elaboração, a Apresentação e a Aprovação de Projetos de Obras Militares no Comando do Exército (EB50-IR-03.001), constando que, no desenvolvimento de projeto ou anteprojeto, deve ser considerada a conformidade com as orientações sobre Eficiência Energética contidas nas IR, devendo todos os projetos apresentar análise de eficiência energética e sustentabilidade prevista nos Anexos "E" e "F" do regulamento; a capacitação de militar do Quadro de Engenheiros Militares (QEM); e, a criação do programa "EB Sustentável", em 2019, visando atender à demanda de sustentabilidade no Exército, em especial nas obras militares, contemplando não somente a vertente energética, mas também relacionada a água, resíduos, materiais, sistemas construtivos e poluição.

A segunda pesquisa sobre o tema foi elaborada pelo Tenente-Coronel Rachid. Tratou-se da primeira realizada no programa mestrado em eficiência energética e sustentabilidade da UFMS, no ano 2018, e apresentou o título: implementação da eficiência energética em uma edificação militar do Exército Brasileiro.

Rachid (2018), realizou um estudo de eficiência energética do projeto do Pavilhão Companhia de Comando e Apoio (CCAp) do 9° Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica (9° B Com GE), localizado no município de Campo Grande, MS, pelo método prescritivo do RTQ-C, aplicado a edificações públicas.

A pesquisa desenvolvida analisou a implementação de técnicas de Eficiência Energética em Edificações (EEE), no Pavilhão CCAp citado, que trata-se de um pavilhão tipo "H", muito utilizado para os Pavilhões Companhias do EB, e avaliou sua viabilidade técnica e econômica.

Entre os resultados obtidos, frisa-se que as providências propostas para alteração do projeto em relação à versão anterior em eficiência energética, viabilizaram uma redução de 84,19% (14.966,06 KWh por mês) em relação ao consumo de energia elétrica e uma redução de 13,95% no custo de construção. Além disso, o nível de EEE calculado para a edificação passou de "D" para "A", após as melhorias de projeto.

Por se tratar de um estudo de caso real, de projeto que estava em desenvolvimento na então Comissão de Obras do 3º Grupamento de Engenharia (CO/3º Gpt E), atual Comissão de Obras da 9ª Região Militar (CRO/9ª RM), as medidas propostas no estudo puderam ser aplicadas no projeto e, posteriormente, na construção da edificação, contratada por execução indireta, que foi concluída no início de 2026. A construção foi a primeira obra militar etiquetada com nível de EEE "A" no âmbito do Comando Militar do Oeste.

A dissertação desenvolvida pelo Major Adelmo, também na UFMS, de 2019, tratou da implantação e avaliação de sistemas fotovoltaicos junto ao Comando Militar do Oeste.

O estudo avaliou a implantação de sistema fotovoltaico isolado (*off-grid*), para aproveitamento da energia solar em pelotões de Fronteira do Exército (PEF), mais especificamente para o PEF de Porto Índio, em Corumbá, MS, abastecido energeticamente por geradores a diesel.

Cabe destacar a relevância do estudo, considerando que o PEF de Porto Índio, de forma similar a outros do EB, está instalado em local bastante isolado do país,

na ilha Ínsua, no alto Pantanal, na fronteira com a Bolívia, com acessibilidade exclusiva por via fluvial, há cerca de 36h de barco de Corumbá, ou aérea (por helicópteros), sem qualquer possibilidade de abastecimento de energia pela rede de distribuição, no momento.

Com o trabalho, foi possível quantificar a previsão de redução de custos de manutenção de equipamentos, redução de custos de combustíveis, diminuição da emissão de poluentes, além da viabilidade econômica para a implementação da usina, com retorno do investimento previsto em 2019 a partir do terceiro ano da implantação, com economia estimada de R$ 427 mil anuais ao erário.

Atualmente, a usina fotovoltaica *off-grid* do PEF de Porto Índio se encontra em fase de implementação, com previsão de conclusão ainda em 2026.

Entre as contribuições alinhadas com o estudo, o EB divulgou, em novembro de 2024, que as usinas fotovoltaicas já instaladas em PEF geram uma economia anual de 360 mil litros de óleo diesel e que (Exército Brasileiro, 2024) "além do benefício ecológico, a energia elétrica produzida nesses pelotões também atende às comunidades indígenas da região, combinando a preservação ambiental e promoção da cidadania".

Em complemento, foi divulgado na mesma publicação que o EB havia instalado, nos últimos 7 anos, 27 usinas fotovoltaicas, com potência total instalada de 6,3 MW, com um investimento total de cerca de R$ 43 milhões e uma economia de R$ 7,8 milhões por ano, (Exército Brasileiro, 2024).

A pesquisa elaborada pelo Capitão R/2 Pontes, no PPGEES da UFMS, de 2020, foi intitulada: etiquetagem energética de edificação do Exército Brasileiro pela INI-C.

O estudo desenvolveu-se como um complemento do realizado por Rachid (2018), por meio do qual foi efetivada a avaliação de eficiência energética do mesmo Pavilhão CCAp do 9º B Com GE, de acordo com as diretrizes da recém criada Instrução Normativa do INMETRO para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), em fase de consulta pública à época, em substituição ao método prescritivo do RTQ-C, empregado na pesquisa prévia.

Dessa forma, a pesquisa propôs uma realização da eficiência energética da edificação, pelos métodos simplificado e simulacional previstos na INI-C, de forma que fosse possível também comparar os resultados obtidos.

Foram calculadas as ENCE Parciais para a envoltória, sistema de iluminação, de condicionamento de ar e de aquecimento de água. Com a aplicação da metodologia da INI-C verificou-se melhora da classe da Envoltória do lado Leste, que passou de classe "B" pelo método do RTQ-C para classe "A" pela INI-C. As outras ENCE parciais mantiveram-se equivalentes para os dois métodos, conforme tabelas 1 e 2.

Na avaliação do sistema de aquecimento de água pela INI-C verificou-se que o ganho proveniente dos coletores foi insuficiente para melhorar o nível de eficiência energética, enquadrando-se na ENCE parcial "D". Como a representatividade da utilização de água quente é baixa no consumo total de energia, a classificação ruim não prejudicou a classificação ENCE Geral, mantida como nível "A".

Os resultados obtidos por Rachid (2018), são apresentados na Tabela 1, abaixo:

Tabela 1. ENCE Parcial - Pav CCAp - método RTQ-C. Fonte: Rachid (2018).

Sistema Avaliado	Lado Leste	Lado Oeste
Pré-requisitos Gerais	Atende	Atende
Envoltória	B	B
Sistema de Iluminação	A	A
Sistema de Condicionamento de Ar	A	A
Sistema de Aquecimento de Água	N/A	N/A
Bonificações	01 Ponto	01 Ponto
Pontuação Total	5,92	5,77
ENCE Geral Nível	A	A

Os resultados obtidos por Pimentel (2020), são apresentados na Tabela 2, abaixo:

Tabela 2. ENCE Parcial e Geral - Pav CCAp - Método INI-C. Fonte: Pimentel (2020).

Sistema Avaliado	Lado Leste	Lado Oeste
Pré-requisitos Gerais	N/A	Atende
Envoltória	A	B
Sistema de Iluminação	A	A
Sistema de Condicionamento de Ar	A	A
Sistema de Aquecimento de Água	D	N/A
Bonificações	Economia de Água de 57,42% (Caráter informativo apenas)	
% Economia	43%	40%
ENCE Geral Nível	A	A

Assim, por se tratar de projeto materializado no terreno, verifica-se como contribuição a ratificação da etiquetagem geral de EEE da edificação como nível "A", de acordo com a nova metodologia da INI-C, aprovada pela Portaria nº 42/2021-INMETRO e ratificada na Portaria Conjunta ME-INMETRO nº 309/2022.

A pesquisa do Capitão Luiz Pereira, realizada no PPGEES da UFMS, em 2021, tratou do tema: instalações militares de energia zero: avaliação técnica para quartéis do Exército Brasileiro com sistemas fotovoltaicos e sistemas de armazenamento de energia.

O trabalho realizou analise técnica do desempenho de sistemas fotovoltaicos integrados em coberturas de edificações militares do Exército Brasileiro acoplados

a sistemas de armazenamento de energia elétrica, considerando o conceito de energia zero. Foram considerados no estudo de caso três quarteis, nas cidades de Manaus, AM, Campo Grande, MS, e Ponta Grossa, PR, e os resultados foram obtidos por meio de simulação computacional com o software SAM, versão 2020.11.29.

O estudo apresentou comparativo entre sistemas de células fotovoltaicas, CdTe e mc-Si, concluindo sobre as vantagens do primeiro para ambientes mais quentes, com maior nível de irradiação, e do segundo para climas mais frios. Além disso, concluiu-se que (SILVA NETO, 2021) "quando há oneração da energia injetada na rede da distribuidora pelos prossumidores, a deserção parcial da rede pela utilização dos sistemas de armazenamento com grandes capacidades e período de despacho ampliado (Cenário Dia) é uma forma de tornar os sistemas renováveis atrativos, pois reduz muito a energia importada da rede e a energia exportada é suficiente de compensá-la completamente. Dessa forma, os prossumidores podem se tornar de energia positiva".

Entre as contribuições do estudo para o Exército Brasileiro (EB), destaca-se sua adequação ao atual contexto energético da instituição. Grande parte das organizações militares encontra-se em processo de migração para o Mercado Livre de Energia (MLE), incluindo o Comando Militar do Oeste, que conta com 37 Unidades Consumidoras nessa transição. Esse movimento implica a necessidade de implantação de sistemas do tipo grid-zero, nos quais não é permitida a injeção de energia gerada na rede de distribuição. Nesse contexto, o conceito de energia zero torna-se cada vez mais relevante e alinhado à realidade da Força, especialmente quando associado ao uso de fontes renováveis de energia.

A dissertação de mestrado do Tenente-Coronel R/1 Riva, apresentada no PPGEES da UFMS, de 2022, utilizou o título: ações de retrofit para a obtenção do nível "A" de eficiência energética em uma edificação militar.

A pesquisa desenvolvida visou a implementação de técnicas de eficiência energética em retrofit de edificações militares, com avaliação de viabilidade técnica e financeira. No estudo, foram utilizados os softwares Design Builder e PVSyst, utilizando-se do método simulacional previsto na INI-C.

A partir das medidas adotadas nos sistemas de ar condicionado e iluminação, foi possível elevar a etiquetagem ENCE da edificação do nível "B" para o "A". Além disso, o estudo propôs sistemas de geração de energia fotovoltaica para atender à demanda da edificação e de aquecimento de água solar, visando menor consumo energético externo.

Obras de reforma, adequação e retrofit são recorrentes no âmbito do EB, considerando o caráter secular da instituição e a predominância de edificações antigas em seu patrimônio. Nesse contexto, estudos como o mencionado podem orientar projetistas na adoção de soluções e técnicas voltadas à melhoria da eficiência energética das edificações.

Por fim, o estudo apresentado pelo Major Edmilson, no PPGEES da UFMS, de 2022, tratou da otimização multiobjetiva do desempenho termoenergético da envoltória de contêiner para uso como edificação militar.

O trabalho promoveu análise do desempenho termoenergético de contêineres marítimos, para o emprego militar, com diversas configurações construtivas e locais, utilizando métodos de otimização. As modelagens foram realizadas por meio do software EnergyPlus considerando-se o método simulacional da INI-C, e o processo de otimização com o software jEPlus+EA.

Os resultados indicaram que as configurações construtivas que obtiveram maior eficiência energética variaram de acordo com as localidades, o que implica na recomendação de se realizar análise termoenergética de contêineres especifica para a cidade onde será instalado, dificultando a definição de um projeto padrão nível nacional.

A pesquisa apresenta relevância para o EB, uma vez que a discussão acerca do emprego de contêineres é recorrente em diversas possibilidades de utilização. Destacam-se, por exemplo, os pelotões especiais de fronteira (PEF), onde há dificuldades de acesso para construções convencionais, além de canteiros de obras da engenharia e operações militares em geral. Nesse contexto, sobressaem características desses dispositivos, como a modularidade e a mobilidade, que favorecem sua adaptação a diferentes cenários e permitem sua reutilização em outras demandas.

CONCLUSÃO

Os estudos realizados por militares do EB foram precursores no setor de pesquisa de eficiência energética e sustentabilidade no âmbito da instituição e trouxeram diversas contribuições diretas e indiretas.

Entre as contribuições dos estudos, destacam-se: a capacitação de militares do QEM para a elaboração, fiscalização e análise de projetos; o aprimoramento de regulamentos voltados à eficiência energética e à sustentabilidade; o aumento da relevância institucional do tema, evidenciado por iniciativas como o programa "EB Sustentável"; a viabilização de projetos e obras mais eficientes, com classificação ENCE nível "A", além de soluções economicamente vantajosas, a exemplo do pavilhão CCAp do 9º B Com GE; o fornecimento de subsídios técnicos, baseados em dados, acerca da implantação de sistemas de

geração de energia fotovoltaica, aplicáveis tanto aos PEF quanto ao conceito de edificações de energia zero, incluindo intervenções de retrofit e o emprego de contêineres energeticamente eficientes em cenários militares; e, economia de custos com energia elétrica ou combustível para abastecimento de geradores à instituição e ao país.

Por fim, recomenda-se que pesquisas futuras, que considerem o emprego de diferentes metodologias construtivas em edificações militares, possam gerar dados relevantes para subsidiar novas obras no âmbito do EB, tornando-as mais eficientes do ponto de vista energético, mais sustentáveis e capazes de proporcionar melhores condições de conforto ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e ao Exército Brasileiro pelo apoio institucional e pela infraestrutura disponibilizada para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Instrução Normativa nº 01/2010-SLTI, de 2010. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal (APF), Direta, Autárquica e Fundacional. Distrito Federal, DF.

BRASIL. Instrução Normativa nº 02/2014-SLTI, de 04 de junho de 2014. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores pela APF Direta, Autárquica e Fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Distrito Federal, DF.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Portaria nº 23, de 25 de abril de 2024. Altera a Portaria Inmetro nº 309, de 6 de setembro de 2022, que dispõe sobre a eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas e residenciais. Brasília, DF, 2024.

BRASIL. EXÉRCITO BRASILEIRO. ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO. Portaria nº 505 – EME/C Ex, de 2021 (EB20-P-05.001). Estabelece diretrizes relacionadas à eficiência energética e sustentabilidade no âmbito do Exército Brasileiro. Brasília, 2021.

BRASIL. Lei nº 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia e dá outras providências. Distrito Federal, DF.

BRASIL. Ministério da Economia; Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Portaria Conjunta ME/INMETRO nº 309, de 6 de setembro de 2022. Aprova as Instruções Normativas e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas e Residenciais (consolidado). Brasília, DF, 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE). Resolução CGIEE nº 4, de 26 de setembro de 2025. Aprova o regulamento que define os índices mínimos de eficiência energética para as edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas. Brasília, DF: MME, 2025. Disponível em: Resolução CGIEE nº 4/2025 – MME. Acesso em: 21 abril 2026.

DE DEUS, E. M. Otimização multiobjetiva do desempenho termoenergético da envoltória de contêiner para uso como edificação militar. Dissertação (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2022.

DEFESANET. Departamento de Engenharia e Construção lança programa EB Sustentável durante seminário. 2021. Disponível em: https://www.defesanet.com.br/terrestre/departamento-de-engenharia-e-construcao lanca-programa-eb-sustentavel-durante-seminario/. Acesso em: 02 abril 2026.

EXÉRCITO BRASILEIRO. Exército realiza transição energética com geração fotovoltaica. 2024. Disponível em: https://www.eb.mil.br/web/noticias/w/exercito-realiza-transicao-energetica-com-geracao-fotovoltaica. Acesso em: 21 abril 2026.

DIDONÉ, E. L.; WAGNER, A.; PEREIRA, F. O. R. Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 27-42, jul./set. 2014. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

DIRETORIA DE OBRAS MILITARES. Instruções Gerais para o Planejamento e Execução de Obras Militares no Exército (IG 50-03). 2003.

DIRETORIA DE OBRAS MILITARES. Instruções Reguladoras para a Elaboração, a Apresentação e a Aprovação de Projetos de Obras Militares no Comando do Exército (EB50-IR-03.001). 2019.

DIRETORIA DE OBRAS MILITARES. Caderno de Orientações - ações para redução de custos com energia elétrica e água em organizações militares e próprios nacionais residenciais do exército (DOM.CO.01.2019). 2019.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Nota técnica DEA 13/15: Demanda de Energia 2050. 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 19 janeiro 2019.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Caderno de ações norteadoras para o avanço da Eficiência Energética no Brasil. 2024. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 21 abril 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Portaria nº 42, de 2021. Aprova a Instrução Normativa para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). Rio de Janeiro, 2021.

MULANO, G. R. Ações de retrofit para a obtenção do nível "A" de eficiência energética em uma edificação militar. Dissertação (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2022.

PIMENTEL, B.P. Etiquetagem Energética de Edificação do Exército Brasileiro pela INI-C. Dissertação (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2020.

RACHID, M.N. Implementação da Eficiência Energética em uma Edificação Militar do Exército Brasileiro. Dissertação (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2018.

RODRIGUES, M.V.P. Avaliação da eficiência energética de edificações residenciais em fase de projeto: análise de desempenho térmico pelo método prescritivo e por simulação computacional aplicados a estudo de caso de projeto-tipo do Exército Brasileiro. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2015.

SANTANA JUNIOR A. B. Implantação e avaliação de sistemas fotovoltaicos junto ao Comando Militar do Oeste. Dissertação (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2019.

SILVA NETO, L. P. Instalações militares de energia zero: avaliação técnica para quartéis do Exército Brasileiro com sistemas fotovoltaicos e sistemas de armazenamento de energia. Dissertação (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2021.