

Implantação de projeto de energia solar fotovoltaica em edifício federal em São Paulo.

Adriana Santiago Souza Kroetz

Doutoranda, UNIP, Brasil.
adrianasantiagokroetz@gmail.com
ORCID iD 0009-0000-5618-9963

Raphael da Silva Onofre

Mestrando, UNIP, Brasil.
raphael.vasco.cn@hotmail.com
ORCID iD 0009-0003-0682-1598

Implantação de projeto de energia solar fotovoltaica em edifício federal em São Paulo.

Resumo:

Introdução: O direito a energia elétrica é um tema global e de suma importância, inclusive a Organização das Nações Unidas (ONU) destaca o tema do objetivo com o ODS 07 e, para atendimento dessa meta, são necessários esforços contínuos da comunidade científica na busca por alternativas renováveis, eficientes e econômicas para a geração de energia elétrica.

Objetivos: Analisar o projeto de energia solar fotovoltaica desenvolvido para um edifício federal.

Metodologia: Para o estudo, foi realizada uma pesquisa teórica a partir de uma revisão da literatura sobre energia solar fotovoltaica, posteriormente um estudo do projeto do CMSP.

Originalidade/Relevância: A revisão da literatura destaca a matriz elétrica brasileira como sustentável, porém extremamente dependente da fonte hidrelétrica. A partir desse cenário, é necessário analisar a diversificação da matriz para atender a demanda de energia elétrica.

Resultados: Os resultados demonstraram que o desenvolvimento de edifícios que incorporem em seu projeto a implantação do sistema solar fotovoltaico contribui com a economia dos cofres públicos, minimizando a utilização de energia elétrica proveniente do consumo convencional.

Contribuições Sociais/Para a Gestão: Ressalta-se a importância de políticas públicas para a diversificação da matriz e da implementação de projetos em edifícios públicos, servindo de exemplo para a sociedade.

Palavras-chave: energias renováveis, energia solar fotovoltaica, edifícios públicos.

Implementation of a photovoltaic solar energy project in a federal building in São Paulo.

Summary:

Introduction: The right to have access to electricity is a global issue of paramount importance, including the United Nations (UN) highlights the issue as a goal within SDG 07, and to meet this goal, continuous efforts are required from the scientific community in search for renewable, efficient and economical alternatives for electric power generation.

Objectives: To analyze the photovoltaic solar energy project developed for a federal building.

Methodology: For the study, a theoretical research was carried out from a literature review on photovoltaic solar energy, later a study of the CMSP project.

Originality/Relevance: The literature review highlights the Brazilian electrical matrix as sustainable, however extremely dependent on the hydroelectric source. Based on this scenario, it is necessary to analyze the diversification of the matrix to meet the demand for electricity.

Results: The results showed that the development of buildings that incorporate the implementation of the photovoltaic solar system in their design, contributes to savings of public investments, reducing the use of electricity from conventional consumption.

Social/Management Contributions: The importance of public policies for the diversification of the matrix and the implementation of projects in public buildings is highlighted, serving as an example for society.

Keywords: renewable energy, photovoltaic solar energy, public buildings.

Implementación de un proyecto de energía solar fotovoltaica en un edificio federal en São Paulo.

Resumen:

Introducción: El derecho a la electricidad es un tema global de suma importancia, incluso la Organización de las Naciones Unidas (ONU) destaca el tema como una meta con el ODS 07, y para cumplir con esta meta se requiere de continuos esfuerzos de la comunidad científica en la búsqueda de energías renovables, alternativas eficientes y económicas para la generación de energía eléctrica.

Objetivos: Analizar el proyecto de energía solar fotovoltaica desarrollado para un edificio federal.

Metodología: Para el estudio se realizó una investigación teórica a partir de una revisión bibliográfica sobre energía solar fotovoltaica, posteriormente un estudio del proyecto CMSP.

Originalidad/Relevancia: La revisión de la literatura destaca la matriz eléctrica brasileña como sostenible, aunque extremadamente dependiente de la fuente hidroeléctrica. A partir de este escenario, es necesario analizar la diversificación de la matriz para atender la demanda de energía eléctrica.

Resultados: Los resultados mostraron que el desarrollo de edificaciones que incorporan la implementación del sistema solar fotovoltaico en su diseño, contribuye a la economía de las arcas públicas, minimizando el uso de energía eléctrica proveniente del consumo convencional.

Aportes Sociales/Gestión: Se destaca la importancia de las políticas públicas para la diversificación de la matriz y la implementación de proyectos en edificios públicos, sirviendo de ejemplo a la sociedad.

Palabras clave: energías renovables, energía solar fotovoltaica, edificios públicos.

1 INTRODUÇÃO

A globalização leva ao aumento da demanda global de energia, e a utilização de combustíveis fósseis para sua geração deve ser reduzido dado que estes são prejudiciais ao meio ambiente. Diante dessa situação, cientistas e pesquisadores procuram desenvolver alternativas de energia renováveis eficientes e econômicas em busca de um desenvolvimento sustentável (Ribeiro, 2014). O conceito de desenvolvimento sustentável consiste em priorizar a qualidade no uso dos recursos, o que exige mudanças de padrões a fim de estimular o uso das energias renováveis (Goldemberg; Lucon, 2007).

O tema de desenvolvimento sustentável é relevante no cenário atual, pois gerir os recursos de forma racional e buscar fontes renováveis e viáveis do ponto de vista econômico é uma meta da sociedade contemporânea (Costa; Prates, 2005), sendo inclusive, tema da 27ª Conferência da ONU sobre Mudanças Climáticas (COP 27- Organização das Nações Unidas - organização intergovernamental) realizada no Egito em 2022 (Além da energia, 2022). Pesquisas demonstram que cidades inteligentes devem considerar um “Meio Ambiente Inteligente”, usando parâmetros como a eficiência no uso de recursos como água e energia elétrica, e ações relacionadas a esta dimensão como o uso de fontes renováveis de energia (Kon; Santana, 2016). Quanto à energia elétrica, seu maior consumo é advindo das cidades urbanizadas, estas são importadoras de energia, sejam elas fósseis ou não, fornecidas entre outros por meio de usinas hidrelétricas e nucleares (Ferreira et al., 2015).

No cenário nacional, projeções apontam que o Brasil deve ter um aumento continuado no consumo de energia elétrica até 2026 (EPE, 2022), o que demonstra a necessidade de repensar a geração e o modo de fornecimento deste recurso. Em consequente, o futuro mostra-se favorável ao aproveitamento da energia solar para atendimento do consumo de energia elétrica no Brasil (MME, 2021). Ações governamentais podem incentivar a sua utilização, como regulações que beneficiem o usuário (Silva; Araújo, 2022) e a implantação de projetos em edificações públicas a fim de exemplificar e disseminar o uso de sistemas fotovoltaicos em solo brasileiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O sistema elétrico é composto por processos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. A base para pesquisa de geração de energia elétrica é a matriz elétrica, que é constituída pelo conjunto de fontes disponíveis para a geração desta em um determinado território para suprir a demanda energética (Pinho; Galdino, 2014). A matriz elétrica mundial demonstra que é alicerçada, sobretudo, em combustíveis fósseis como o carvão mineral, o qual representa a maior fonte na matriz mundial com 35% do total (IEA, 2025). Entretanto, a fonte renovável é uma oportunidade exequível para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e das usinas hidrelétricas, descentralizando o setor de energia elétrica (Bondarik et al., 2018).

A matriz elétrica brasileira, por sua vez, é renovável em comparação à matriz elétrica mundial, o sistema elétrico brasileiro é, essencialmente, hidrotérmico de grande porte com forte predominância de usinas hidrelétricas que respondem por 58,9% da matriz elétrica brasileira em 2023 (EPE, 2024). É importante ressaltar que, ao somarem-se as quantias

referentes à produção brasileira e as importações de origem renovável, as fontes renováveis representam 89,2% da oferta interna de eletricidade, ou seja, a matriz do Brasil é altamente renovável, com apenas 11,8% do total em combustíveis fósseis (EPE, 2024).

O atendimento da demanda de energia elétrica no Brasil deve considerar meios além das usinas hidrelétricas (Santos et al., 2012). Dados indicam que a geração da usina de Itaipu caiu cerca de 20 % em 2024 em relação a 2023, em função de estiagem e condições hidrológicas desfavoráveis, conforme Balanço Energético Nacional (Itaipu, 2025).

O sistema brasileiro é conectado por meio do Sistema de Transmissão (SIN), cuja atribuição é a de transmissão de energia elétrica. Este é constituído por quatro subsistemas que atendem todo o território nacional, com exceção de 212 localidades isoladas, em grande maioria na região Norte do país, cujo consumo de energia elétrica é extremamente baixo e representa cerca de 1% da carga total do Brasil, sendo suas demandas supridas por usinas térmicas de óleo diesel (ONS, 2021).

As perdas na transmissão de energia elétrica no mercado brasileiro são um problema recorrente e representam uma grande preocupação para as empresas do setor. Este prejuízo é referente à energia elétrica que transita pelas linhas de transmissão mas não é comercializada, seja por motivos técnicos ou comerciais. Essas perdas ocorrem, principalmente, devido a fatores como a resistência dos cabos, a falta de manutenção adequada das linhas de transmissão e a sobrecarga do sistema, conforme Relatório de Perda de Energia na Distribuição (ANEEL, 2021).

De acordo com o relatório síntese 2024, as perdas totais no SIN em 2023 foram de 13.510 GWh, representando 13,5% da energia gerada, esse percentual é ligeiramente superior ao de 2023, que foi de 13,3%, indicando um pequeno aumento nas perdas (EPE, 2024). O valor das perdas é repassado para os consumidores na forma de aumento das tarifas de energia elétrica. Com o objetivo de reduzir as perdas na etapa de transmissão, as empresas do setor têm investido em tecnologias mais eficientes, como cabos de alta tensão e sistemas de monitoramento remoto das linhas de transmissão. Além disso, a ANEEL tem estabelecido metas de redução de perdas para as empresas do setor, incentivando a eficiência energética e a redução dos custos para os consumidores (ANEEL, 2021).

Dada à contextualização do cenário brasileiro de energia elétrica, este estudo volta-se para o mercado em expansão de energias renováveis, mais especificamente, de energia solar fotovoltaica, como uma opção para atendimento da demanda de no Brasil. A tendência para o futuro é de mudanças na oferta de energia com o aumento da contribuição de outras fontes, como a solar, considerando que o Brasil possui condição natural de apresentar altos níveis de irradiação global horizontal, fator que contribui para a implantação da tecnologia de geração de energia por meio da energia solar fotovoltaica (ANEEL, 2015). O potencial solar brasileiro é expresso por meio dos níveis de irradiação apresentados no mapa de irradiação no Brasil, o qual demonstra tal condição natural, sendo inclusive possível verificar uma maior irradiação na região Norte do estado da Bahia, Minas Gerais e São Paulo, com 2350 kWh/m² de irradiação global horizontal anual (Rosa; Gasparin, 2016).

O setor de energia solar fotovoltaica está em crescimento, cenário este que tem como indicador o crescimento da geração distribuída por meio da fonte solar fotovoltaica (Souza, 2016). Exemplos deste crescimento são as implantações destes sistemas no setor industrial, pois se observa um aumento de indústrias instalando usinas solares a fim de reduzir o alto custo com energia elétrica. Estabelecimento de unidades solares de companhias como a

Renner, instaurada em Vassouras (RJ); a Claro, com uma usina em Timon (MA); a Metalúrgica Visconti na cidade de Porto Alegre (RS), cujo sistema de energia solar visa suprir 100% da demanda de energia elétrica da companhia; a construtora MRV, no município de Uberaba (MG), cuja usina possui capacidade de geração de 1 milhão de kWh; e o Banco do Brasil, que é a primeira instituição bancária no país a ser abastecida por energia solar, instalou sua usina no município de Porteirinha (MG), destinada a atender 100 agências do banco (Além da energia, 2021).

As instalações de sistemas de geração fotovoltaica somaram 300 mil unidades no ano de 2020, categoria que consiste em todo o tipo de geração de energia em pequena escala, somando a marca de 3GW (Exame, 2020). Esse número aumentou ao longo dos anos graças aos benefícios das ações regulatórias e incentivos fiscais quanto à importação para o setor (WM, 2019), uma vez que os recursos para produzir energia renovável recebem redução estratégica de impostos, gerando uma oportunidade para este setor em desenvolvimento.

Em consonância com o objetivo do governo em fomentar o setor de energia solar, foi sancionada a lei nº 14.300, cujo destaque é o marco legal da microgeração e minigeração distribuída (BRASIL. Lei nº 14.300, 2022). Esta lei permite às unidades consumidoras a permanência dos benefícios concedidos por mais 25 anos, assim como define normas para o período de transição, além das regras a serem seguidas após o ano de 2045 (Bezerra, 2022). O abatimento atual se aplica ao valor geral da conta de luz e não apenas sobre a tarifa de energia. Pesquisas apontam que é essencial utilizar os programas governamentais de incentivo à geração de eletricidade a partir de fontes limpas (Reidi, 2021).

Como principais benefícios obtidos pelo consumidor com a adoção de energia solar, ressalta-se o barateamento de 76% em relação à energia produzida pelas usinas hidrelétricas (Boso et al, 2015). Conforme informações do Portal Solar, o custo de um sistema fotovoltaico varia entre 12 e 15 mil reais, valor estimado para pequenos imóveis com instalação via sistema on grid, ou seja, ligado à rede de distribuição de energia (Portal solar, 2022). Dados afirmam que o retorno do investimento ao consumidor é gerado em aproximadamente 5 anos, ou seja, este é o período estimado em que consumidor tem o retorno do montante investido (Nascimento, 2017).

É importante salientar que a utilização de energia fotovoltaica apresenta um crescimento lento, porém considerável no Brasil. Também há de se considerar, no panorama de geração de energia elétrica, “novas vias” de uso de fontes solares no mercado brasileiro, como mecanismos de compartilhamento, nos quais há colaboração entre usuários e proprietários, a fim de otimizar os custos e os recursos utilizados para produzi-los (ENEL, 2021). Salienta-se que mecanismos de compartilhamento se valem de fazendas solares, o que não se trata de uma inovação, mas sim do uso de painéis solares em larga escala, auxiliando os consumidores que gostariam de produzir energia elétrica, mas esbarram em dificuldades como o custo dos equipamentos ou local para a instalação das placas (Canal bioenergia, 2018). Pesquisas mostram que 90% das pessoas gostariam de gerar a própria energia elétrica com sistemas em suas residências e empresas e, pensando nesses consumidores, a ANEEL desenvolveu a geração compartilhada, que possibilita aos interessados que se unam em consórcio ou cooperativa, a fim de instalar sistemas e utilizar a energia gerada para reduzir seus custos tarifários (ANEEL, 2012).

O último relatório brasileiro de energia mostra que a geração distribuída nesta categoria (micro e minigeração) atingiu 5.269 GWh e potência instalada de 4.768 MW.

Destacando os números referentes à fonte solar fotovoltaica, os números chegam a 4.764 GWh e 4.635 MW de geração e potência, respectivamente (BEN, 2021). A adesão desta categoria foi bastante positiva em decorrência dos impactos financeiros nos consumidores brasileiros causados pela pandemia da Covid -19, pois este cenário levou a uma revisão dos meios de produção gerais em todo o mundo, acrescentando-se que a energia solar é uma fonte de energia mais barata e busca um consumo consciente atrelado à sustentabilidade (Durão et al., 2020). Devido a esses fatores, esta pode ser considerada parte da recuperação da economia brasileira, a exemplo das crises de 2015 e 2016, período no qual houve crescimento no setor de 104% e 125%, respectivamente, contribuindo para o aquecimento econômico (Portal Solar, 2020).

Outro benefício da energia renovável são os inúmeros empregos gerados por esta indústria em diversas áreas, como desenvolvimento de projetos, fabricação, instalação, vendas, distribuição, entre outros. Em 2016, a indústria de energia renovável gerou 9,8 milhões de empregos em todo o mundo, de acordo com a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, 2017). Outra oportunidade de desenvolvimento deste setor é a disponibilidade de recursos naturais, tais como grandes jazidas de quartzo de boa qualidade e de um parque industrial que extrai e beneficia esse mineral, transformando-o em silício, matéria-prima dos painéis fotovoltaicos (Rella, 2017). A partir destes recursos minerais, é possível sustentar a proteção ao meio ambiente, sendo validada a sua importância com relação às energias renováveis e análise da sustentabilidade na geração da energia elétrica.

3 METODOLOGIA

A pesquisa proposta possui a abordagem qualitativa. Neste estudo, é possível identificar a procedência das informações e a relação dos dados, os quais não necessariamente são compostos de um único documento, mas de conjunto de publicações analisadas entre artigos científicos, dados técnicos, notícias e outros materiais (Poupart et al. 2008).

A primeira etapa do estudo traz de uma revisão da literatura, abordando os temas de energia elétrica no Brasil (geração, distribuição e mercado) e sustentabilidade na geração de energia elétrica. Posteriormente, são incluídas informações e análise de contexto e atualidade, dados de fontes governamentais, sobre o cenário e valores referentes ao tema. Para a segunda etapa, a premissa consiste em desenvolver um estudo de caso sobre o projeto de energia solar fotovoltaica na Construção do Colégio Militar de São Paulo.

3.1 Área de estudo da pesquisa

Considerando o delineamento da pesquisa e seus critérios, foi escolhido como estudo de caso a obra da Construção do Colégio Militar de São Paulo (CMSP). Por se tratar de pesquisa única, foi necessária uma investigação cautelosa, a fim de reduzir as margens de erro, desta forma, a pesquisa procura obter o maior número de evidências de estudos, com uma extensa coleta de dados para subsidiar a pesquisa.

Este estudo incorpora o uso da energia solar fotovoltaica, o qual foi requisitado por procedimentos licitatórios para a contratação de uma empresa especializada para a elaboração de projetos executivos de engenharia e construção das edificações que compõem o CMSP, conforme quantidades, condições e exigências descritas em edital, projetos, e

memorandos específicos. A área de estudo compreende a localização do objeto de estudo, ou seja, o Colégio Militar de São Paulo, localizado na Avenida Olavo Fontoura, 1200/1300, São Paulo/SP, nas coordenadas -23.51454134889413, -46.64149620256961 como apresenta a figura 01.

Figura 01: Mapa de localização do CMSP.

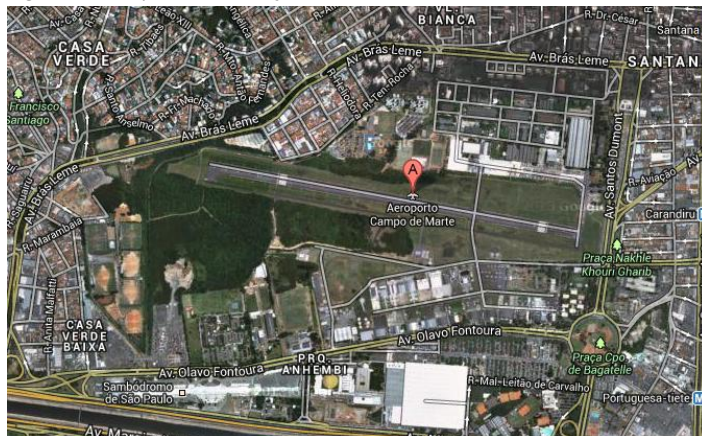


Figura 01: GOOGLE. Imagem de satélite da localização na cidade de São Paulo, SP.

3.2 Procedimento de coleta de dados

A coleta de dados é a etapa na qual é realizada a aplicação dos instrumentos e técnicas selecionadas, a fim de promover o desenvolvimento da teoria como parte essencial da pesquisa (Dias, 2000). A coleta foi realizada a partir de uma análise documental, entrevistas e visitas in loco do projeto em questão. As entrevistas e análises dos documentos foram realizadas na CRO/2 e in loco no CMSP, nos anos de 2021 e 2022. Conforme Creswell (2017), é importante a inclusão no estudo da coleta de informações por meio da observação de documentos, assim como entrevistas, a fim de promover o estabelecimento do protocolo para o registro das informações.

3.3 Análise Documental

A análise teórica sustentou a fundamentação da pesquisa, sendo primordial para a análise documental do projeto de implementação do CMSP. Para esta análise, seguiu-se o conceito de Vergara (2006), que determina que o levantamento de dados documentais é crucial na obtenção de informações, para o qual se utilizam materiais institucionais, públicos, privados, oficiais ou extraoficiais, a exemplo: regulamentos, normas, leis, projetos de leis e relatórios técnicos. Este levantamento foi feito junto aos responsáveis técnicos que participaram das entrevistas deste estudo e que pertencem ao quadro militar, equipe de administração e gerenciamento da obra.

3.4 Entrevistas semiestruturadas

Após a pesquisa teórica e, com base na análise documental, foram feitas entrevistas para validar e complementar as informações do estudo. Conforme Creswell (2015), os pesquisadores qualitativos almejam compreender o fenômeno em seu contexto natural, e a

utilização de um roteiro semiestruturado permite expandir a coleta de dados, combinando perguntas abertas e fechadas, com questões previamente definidas (Vergara 2006).

Como premissa da estruturação da pesquisa, foi elaborado um estudo inicial com base nos objetivos da pesquisa, posteriormente o desenvolvimento do roteiro de perguntas para as entrevistas e, por fim, a revisão do material com foco nas informações centrais e secundárias a serem recolhidas (Alegria et al., 2011). A pesquisa foi conduzida com a devida autorização do comandante da Comissão Regional de Obras de São Paulo (CRO/2). O roteiro de entrevista contempla blocos de questões desenvolvido para as entrevistas, somando 30 perguntas, divididas em 2 grupos, a fim de alcançar os objetivos específicos definidos neste estudo, sendo a estrutura de entrevista baseada em Oliveira (2021).

As entrevistas foram realizadas no CMSP e tiveram duração média de 60 minutos. A equipe do projeto do CMSP é composta por militares, engenheiros, arquitetos e técnicos e, por determinação interna, não serão citados seus nomes ou cargos, respeitando as diretrizes internas e a privacidade de cada indivíduo. Desta forma, o levantamento de dados trará uma transcrição das entrevistas com as respostas das questões e demais informações pertinentes ao projeto do CMSP. Por se tratar de uma pesquisa qualitativa, o objetivo do estudo não foi o somatório das entrevistas, mas a saturação do conteúdo empírico, conforme objetivos elencados no referencial teórico usado e pelo recorte do objeto.

3.5 Análise dos resultados

A análise foi conduzida por meio da análise do conteúdo, técnica utilizada para análise de dados qualitativos, com as etapas de pré-análise, estudo do material e, posteriormente, tratando os resultados obtidos (Bardin, 2011). Ressalta-se que a pesquisadora não se responsabiliza por alegações posteriores quanto a alterações de projeto, pois este estudo ocorre em tempo atual e não contempla conhecimento de instalações futuras, assim como dúvidas posteriores de quaisquer serviços, sem ônus à administração ou à pesquisadora provenientes de estudos decorrentes desta pesquisa.

Os direitos autorais deste projeto, inclusive especificações técnicas, documentações e de todos os demais produtos gerados, ficam proibidos de serem utilizados sem prévia autorização expressa da Comissão Regional de Obras de São Paulo (CRO2), sob pena de multa, sem prejuízo das sanções civis e penais cabíveis, conforme previsto no subitem 6.1, “a” e “b”, do Anexo VII – F da Instrução Normativa SEGES/MP nº 5, de 25/05/2017 (FALCÃO, 2023).

4 APRESENTAÇÃO DO PROJETO DE CONSTRUÇÃO DO CMSP

Apresentação das premissas do projeto (planejamento, tempo e custo), e a descrição de suas características (especificidades do projeto), advindos da análise documental (editais, memoriais, cronograma, orçamento e projeto), assim como da transcrição das entrevistas realizadas com a equipe responsável pelo projeto.

4.1 Contextualização do caso

O colégio CMSP é uma proposta para a necessidade de ampliar a capacidade educacional do Sistema Colégio Militar do Brasil (SCMB), no contexto do Sistema de Educação

e Cultura do Exército, dotando-o de mais um Colégio Militar, localizado na área do Campo de Marte. O desenvolvimento de ações de apoio à família militar, na área do Comando Militar do Sudeste (CMSE), no escopo do Projeto Estruturante “Força da Nossa Força”, contribui para a ampliação das oportunidades de acesso à carreira militar, em especial, à Escola Preparatória de Cadetes do Exército, e às universidades públicas e privadas, além do nível de integração do Exército à sociedade em geral.

4.2 Descrição do objeto de pesquisa

Para a construção do CMSP foi realizada licitação relacionada a obras e serviços de engenharia conforme evidenciado nos editais de licitação do CMSP, e em conformidade com a determinação do art. 7º, § 2º, I, da Lei nº 8.666/93. Dentre as edificações disponíveis, foi selecionado o ginásio para a implantação da usina fotovoltaica, a partir de análises da arquitetura e da sua alocação no terreno, por sua orientação em relação ao norte geográfico, pela sua edificação mais alta, e pela menor propensão a sombreamentos ao longo do ano.

A usina foi dimensionada para cobrir toda a área útil disponível na cobertura do Ginásio, onde não haverá restrições de impacto no visual e na estética da edificação. Sendo escolhido um sistema on-grid, pois o colégio terá como fonte de energia principal a rede da concessionária. Caso a produção de energia da usina supere o consumo em algum período, essa energia será injetada na rede, gerando créditos. A entrega da energia gerada para a rede de distribuição em média-tensão é de 13,8kV para a concessionária de energia. Quanto à rede distribuidora de energia, o local não fez nenhuma recomendação ou impedimento considerando a justificativa da redução da flexibilidade de operação.

Durante o planejamento, foi utilizado como modelo o ginásio do Comando Militar do Planalto, em Brasília/DF, o qual possuiu uma usina consideravelmente menor, não ocupando toda a cobertura. Entretanto, o Exército já implementou diversas soluções de aproveitamento de energia solar fotovoltaica. O projeto completo do CMSP foi faseado conforme prescreve a Diretriz para Implantação do Colégio Militar de São Paulo no Campo de Marte: Fase 1 – serviços de demolição; Fase 2 – obras de infraestrutura; e Fase 3 – edificações. Para tanto, foram aplicados os fundamentos de ordem técnica e econômica para o parcelamento do objeto da construção proposto, previsto no documento de Diretriz para a Implantação do Colégio Militar de São Paulo no Campo de Marte (código de identificação do documento de Diretriz: EB20-D-03.044). Em suma, as motivações que levaram ao faseamento proposto na Diretriz foram o princípio da livre concorrência entre as empresas, viabilidade técnica de execução e o atendimento às demandas educacionais.

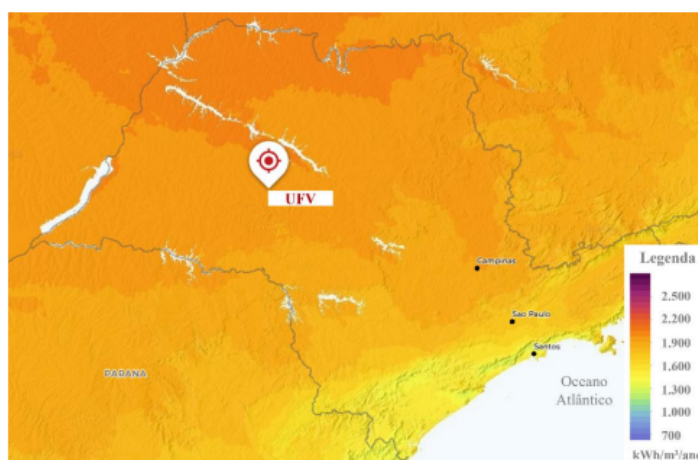
Em princípio, o faseamento se dará em 3 etapas: a primeira contemplando a demolição das edificações existentes (serviço concluído), a segunda contemplando toda a infraestrutura (em fase de construção), e a terceira contemplando as obras de construção das edificações do Colégio. Esta última etapa está subdividida em: edificações dos blocos administrativos e de ensino (em fase de construção) e complexo esportivo. A fase de edificações, por questões técnicas e administrativas, foi dividida em Fase das Edificações (blocos administrativos e de ensino) e a Fase do Complexo Esportivo. A solução abrange a construção de todas as benfeitorias que constituem o Complexo Esportivo do Colégio Militar de São Paulo, as quais incluem as edificações do ginásio, vestiário, cantina, quiosques,

complexo de piscinas e vestiário, pista de atletismo, campo de futebol, quadra poliesportiva descoberta, implantação, paisagismo e urbanismo.

4.3 Viabilidade

Com base na análise da equipe do CMSP o referido projeto básico é considerado viável por diversos aspectos: 1) aspecto social - a implantação de uma nova instituição de ensino de qualidade reconhecida que possui a capacidade de impactar positivamente toda a comunidade; 2) o tipo de serviço e métodos construtivos empregados na construção das edificações não são complexos a ponto de inviabilizar a participação de empresas locais, pelo contrário, estima-se a participação de um número expressivo de empresas do ramo durante a construção; 3) a cidade de São Paulo é a cidade mais desenvolvida do país, que concentra uma quantidade de empresas, meios e profissionais altamente qualificados; 4) empreendimentos de grande vulto contribuem para uma economia de escala e para a redução do preço da tecnologia fotovoltaica; 5) a posição geográfica da instalação no mapa solarimétrico do estado de São Paulo é ilustrada na figura 02, que demonstra o recurso solar disponível do terreno, cuja localização da UFV está instalada à usina do CMSP, este local recebe uma média de irradiância solar global no plano horizontal de aproximadamente 6.966,8 MJ/m²/ano (1.935,2 kWh/m²/ano), dos quais 2.619,5 MJ/m²/ano (727,6 kWh/m²/ano) provenientes da irradiação difusa (Projeto Básico CMSP).

Figura 02: Média de energia solar no plano horizontal no estado de São Paulo (kWh/m²/ano) e a localização da UFV.



Fonte: Projeto Básico CMSP.

4.4 Detalhamento executivo

A execução da obra possui a seguinte dinâmica: seis meses para elaboração dos projetos executivos adotando a Modelagem da Informação da Construção (BIM) e com as entregas previstas nos apêndices do Caderno de Encargos e Especificações. Para a execução da obra, a construtora assegura todos os materiais e equipamentos, nas quantidades previstas no orçamento e conforme qualidade descrita na especificação técnica ou projeto.

Os serviços e materiais controlados são especificados por meio do Memorial de Especificação de Materiais e de Serviços. A conformidade com o estabelecido no Projeto

Básico é verificada por meio de documentos que descrevem a relação com quantidades e especificações técnicas, tais como: marca, qualidade e forma de uso, descritas nas notas fiscais de compra. Importante destacar que durante as visitas na obra foram observadas prestações de serviços dentro dos parâmetros de quantidade, qualidade e tecnologia apropriadas conforme recomendações aceitas pela boa técnica, normas e legislação.

Em todas as etapas, o desenvolvimento de soluções busca o equilíbrio entre a viabilidade econômica da obra, seu atendimento ao objetivo social e a garantia de atendimento aos requisitos ambientais, inclusive a análise do licenciamento ambiental de usinas fotovoltaicas (Perazzoli, 2017). Especificam-se as soluções de projeto de forma ambientalmente responsável, primando pela durabilidade, economia, eficiência, mitigação do impacto ambiental e estabelecimento de ambientes saudáveis e confortáveis aos ocupantes e usuários do imóvel. A inserção da sustentabilidade nos projetos é realizada desde a sua concepção, considerando entre outros fatores a localidade da construção e o clima local (considerar a zona bioclimática correspondente), obtendo o empreendimento o licenciamento ambiental.

O edifício atende, desde a fase de projeto, a todos os índices que garantem a sua classificação como construção sustentável, segundo o que prevê o Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE e a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia do PROCEL-Edifica (ENCE Nível A), isto é, o projeto deve estar apto a ser certificado em nível, de acordo com a metodologia do PROCEL-Edifica, o que é garantido por meio de Relatórios Técnicos que comprovam por meio de textos, cálculos, modelos e outros, o atendimento a todos os requisitos.

4.5 Desenvolvimento do projeto CMSP

Todas as informações contempladas no Projeto Básico foram elaboradas por profissionais legalmente habilitados e devidamente acompanhado do registro de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).

O dimensionamento do projeto utilizado neste estudo tem como base o projeto básico devido à etapa de construção do CMSP, este é caracterizado por plantas, com desenhos do objeto, assim como memoriais detalhados, especificações de materiais e serviços, orçamento com quantidades e valores, cronograma com prazo e demais elementos técnicos a fim de atender às normas técnicas e à legislação vigente, elaborado com base em estudos que visam garantir a viabilidade e o adequado tratamento ambiental do objeto. Congrega todos os elementos demandados e previsíveis para a execução, dentro de boa técnica e orçamento compatível. Todos os documentos e arquivos (incluindo os modelos) e entregues ao longo do processo referente ao CMSP para desenvolvimento deste estudo são de propriedade da CRO/2, os quais somente poderão ser divulgados mediante prévia autorização da CRO/2.

O orçamento da obra inclui o detalhamento do preço, da descrição, quantidades e custos unitários, inclusive as composições de custos unitários, primordiais à execução da obra. Nas obras e serviços de engenharia, os regimes mais utilizados são as empreitadas por preço global ou unitário. Considerando que a escolha entre os regimes de empreitada terá impacto significativo no curso da execução da obra, foi adotado o regime de execução empreitada por preço unitário. Em relação ao planejamento de recursos para a referida contratação, cabe destacar o Plano de Descentralização de Recursos para Atividades de Engenharia (PDRAEng –

EME - DEC 2022), que prevê a descentralização de recursos específicos para a construção do Colégio Militar de São Paulo. O documento supracitado tem como finalidade estabelecer o planejamento do Exército Brasileiro em relação às obras a serem realizadas em cada ano.

As especificações técnicas apresentam todas as características dos serviços, materiais e equipamentos, atendem às normas aplicáveis e sua elaboração garante a completa correspondência às informações contidas nos demais documentos do projeto. Dentre as normativas contempla, as normas do Sistema de Obras Militares, em especial a EB50-IR-03.001 (EB50-IR-03.001 – Instruções Reguladoras para a Elaboração, a Apresentação e a Aprovação de Projetos de Obras Militares no Comando do Exército). Não obstante, são utilizados como modelo os cadernos de encargos de uso corrente no mercado, como: Manuais e Cadernos do sistema SINAPI-CEF, Práticas da – SEAP - Manual de Obras Públicas e Edificações e Caderno de Encargos da PINI.

4.6 Desenvolvimento da obra CMSP

As premissas de controle de execução do serviço são feitas de modo a possibilitar o gerenciamento dos recursos e das atividades das obras de maneira eficaz, conforme estabelece o procedimento documentado, para que os serviços executados sejam inspecionados de modo a assegurar o controle do serviço. A equipe que realiza o controle da obra monitora constantemente o atendimento dos requisitos e dos contratos de serviços agindo para que este seja validado somente mediante o cumprimento de todos os itens da inspeção. As inspeções e ensaios no processo de produção são realizados de acordo com os requisitos normativos, tendo como função controlar a execução e a liberação dos serviços definidos como serviços controlados. Para isso, uma equipe de engenheiros e técnicos ligados à gerência da obra acompanha diariamente sua realização.

5 RESULTADOS

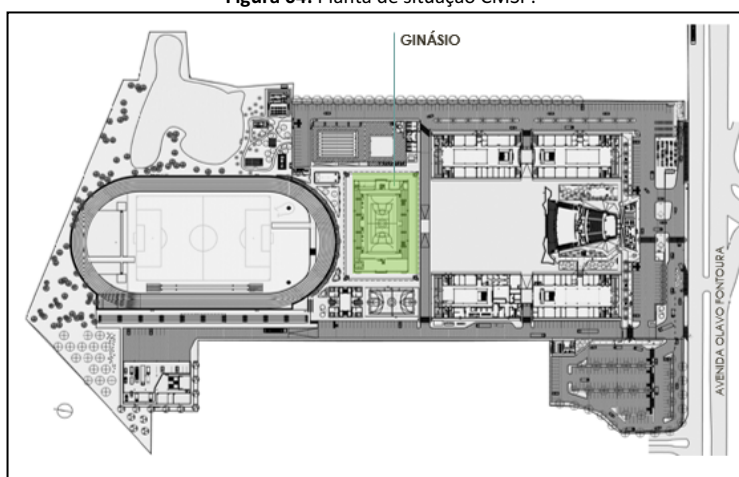
O presente estudo de caso referente ao projeto de sistema solar fotovoltaico do CMSP, conforme figuras 03 e 04, tem como pilar o referencial teórico e o Projeto Básico. Ressalta-se que os documentos que compõem o Projeto Básico são estabelecidos com precisão, por meio de seus elementos constitutivos, nos quais constam todas as características, especificações, dimensões e as quantidades de serviços e materiais, bem como o custo e tempo necessário para execução do CMSP.

Figura 03: Ilustração do colégio CMSP.



Fonte: CRO/2 (2022).

Figura 04: Planta de situação CMSP.



Fonte: CRO/2 (2022).

A partir do projeto básico, é possível realizar uma projeção do futuro sistema solar fotovoltaico, cujo projeto foi iniciado em 2020 e sua construção em 2026. A composição de documentos do projeto básico inclui plantas, memorial de especificações técnicas e orçamento, que constituem elementos suficientes para caracterizar a obra ou serviço a ser executado, informações relevantes sobre a viabilidade e a conveniência técnica e econômica do sistema examinado.

O estudo analisou o projeto e acompanhou parcialmente as execuções dos serviços durante as visitas in loco, observando o exímio monitoramento pela Administração quanto ao nível de qualidade dos serviços a fim de evitar a sua degeneração, intervir para prevenção de faltas, falhas e irregularidades constatadas, por meio de avaliação da execução do objeto. A forma de trabalho empregada neste estudo incluiu planejamento das ações e dos procedimentos necessários à sua elaboração, para cada etapa e especialidade do projeto, tais como visita ao local da obra, levantamento das necessidades e análises de sustentabilidade das soluções.

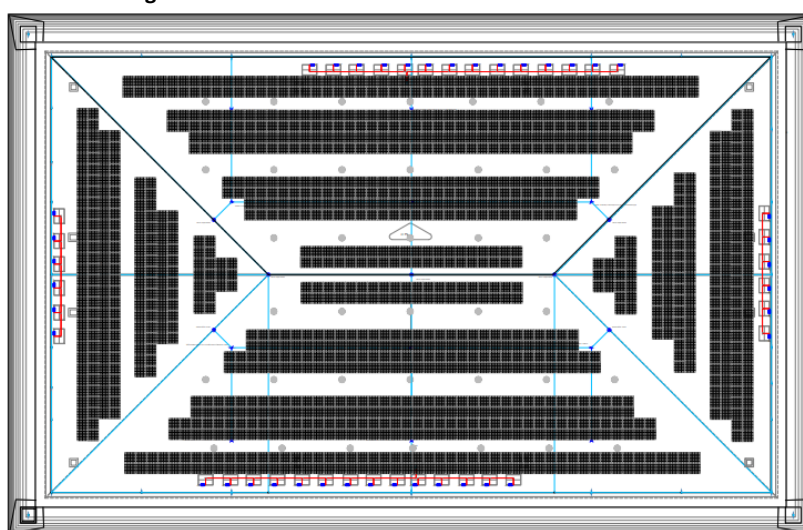
5.1 Características do projeto

Este projeto foi esmiuçado, destrinchando o sistema escolhido, o modo de instalação e seus equipamentos, a fim de realizar o levantamento pretendido de eficiência energética do CMSP por meio da implementação de placas solares fotovoltaicas.

5.1.1 Energia solar fotovoltaica

Os critérios de escolha pelos painéis foram a sua eficiência, dimensões, potência nominal, tensão e sua finalidade de aplicação. Conforme análise documental e verificação dos projetos, foram identificadas as áreas de cobertura com possibilidade de aproveitamento para instalações de painéis fotovoltaicos, conforme disposto na **Figura 05**.

Figura 05: Usina fotovoltaica da cobertura do Ginásio do CMSP.



Fonte: Projeto EL- -6/12 - CRO/2 (2022).

O modelo de sistema adotado é o on grid, assim chamado em função de sua conexão à rede, permitindo que a energia não consumida seja repassada à rede e transformada em créditos para a unidade provedora. Ao todo, estão em operação 640 painéis fotovoltaicos, com potência do sistema de 450kWp cada, com uma estimativa de produção de energia de 330,3MWh/ano, e ao final a usina FV contribuirá com uma economia de energia de 14,4%. Quanto à média de energia gerada de consumos mensais que podem ser supridos através deste sistema, a previsão é de gerar mensalmente 27,5MWh, equivalente a uma economia de 14,4% considerando a tarifa atual de energia (TUSD + TE) para a modalidade tarifária verde para os consumidores A4. O percentual de perda de geração ao ano estimado pela perda de qualidade dos módulos é de - 0,3%.

Fatores que favorecem a escolha dos painéis são sua disponibilidade no mercado, tecnologia, potência, dimensões e peso. Importante destacar que os painéis são agrupados em módulos fotovoltaicos compostos por séries paralelas de painéis, conforme figura 05, protegidos por um fusível localizado na caixa de junção. Estas caixas são dotadas de chave seccionadora manual CC e podem agrupar de 4 a 6 módulos, os quais serão instalados com a mesma inclinação do telhado (7%), ângulo azimutal em relação à face mais extensa da edificação de aproximadamente 8 graus.

O projeto básico considerou como modelo de painel a ser adotado:

- Módulos constituídos por lâminas de silício monocristalino ou policristalino;
- Moldura ou *frame* em alumínio anodizado;
- Número de células por módulo: 144 células;
- Conexão: através de cabos de 4.00mm² com conector MC4 ou compatível;
- Potência mínima por módulo: 450 Wp ou superior, em condições padrões de teste ou STC, com irradiância de 1000W/m² e temperatura de 25°C;
- Classificação de aplicação: Classe A.

O projeto da usina fotovoltaica CMSP segue as normas técnicas relativas a instalações elétricas, sistemas fotovoltaicos e saúde/segurança e contém as seguintes informações:

- Planta geral do sistema de geração fotovoltaico, contemplando a disposição dos módulos sobre a cobertura, assim como inversores e componentes da instalação;
- Projeto com detalhamento das bases de fixação dos módulos fotovoltaicos, indicando a carga aplicada, forma de fixação na laje, assegurando a integridade do piso existente, bem como garantindo o esforço provocado por ventos de até 120 km/h;
- Diagramas unifilares contendo: conexões elétricas entre módulos fotovoltaicos; caixas de junção e inversores; conexão entre inversores e quadros gerais de baixa tensão. Os diagramas unifilares devem conter as especificações e características dos componentes da instalação;
- Planta geral vertical e horizontal, indicando todo o percurso dos alimentadores em CA até Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) – indicando o encaminhamento, dimensionamento de infraestrutura, passagens entre lajes e desvios de infraestrutura existentes;
- Lista dos materiais empregados na planta fotovoltaica e seus respectivos quantitativos, indicando a marca e modelo. Os catálogos técnicos de todos os equipamentos deverão acompanhar a lista de materiais;
- Todos os materiais utilizados devem ter classificação INMETRO classe A;
- Detalhamento dos locais de instalação dos inversores contendo sua disposição e a indicação de janelas, portas, eletrocalhas e/ou eletrodutos e outros itens pertinentes;
- Memorial de cálculo do projeto elétrico, contendo a especificação de todos os componentes do sistema fotovoltaico, tais como cabos CC e CA, sistemas de proteção (fusíveis, disjuntores, seccionadores, proteção contra surtos etc.) entre outros equipamentos elétricos;
- Memorial de cálculo do projeto de aterramento, contendo a especificação de todos os componentes do sistema, tais como cabos, conectores e outros componentes;
- Análise estrutural das coberturas onde serão instalados os módulos fotovoltaicos;
- Memorial de cálculo do projeto das estruturas de sustentação e fixação dos módulos fotovoltaicos, considerando as premissas mínimas estabelecidas neste Caderno;
- Projeto do sistema de proteção contra descargas atmosféricas para a planta fotovoltaica, a qual deverá ser integrada aos sistemas já existentes na instalação;

- Memorial de cálculo de todos os elementos não referenciados nos itens anteriores;
- Cronograma para execução dos trabalhos;

Salienta-se que os principais componentes de um sistema solar fotovoltaico são painel fotovoltaico, controlador de carga, bateria, inversor DC/AC, conversor DC/DC e shunt DC. Esses equipamentos devem ser adicionados a um módulo fotovoltaico para fornecer energia a uma usina de dessalinização. Para aumentar essa energia, o sistema fotovoltaico plano de rastreamento pode ser empregado e, assim, há um aumento na captação de energia solar devido ao rastreamento da trajetória do movimento do sol. Após a montagem e comissionamento do sistema fotovoltaico, todas as informações devem ser atualizadas, como construído - as built - para compor a documentação técnica do projeto.

Sobre a compreensão da interligação funcional dos subcomponentes, a identificação dos principais modos de falha da planta e a definição da estratégia de operação e manutenção, foram adotados mecanismos de proteção para identificação de falhas, como disjuntores, fusíveis e relés, além das próprias proteções dos inversores de potência. Intervenções em qualquer desses equipamentos não são requisitos para indisponibilização total da planta fotovoltaica, pois o projeto previu circuitos elétricos paralelos para transferir o fluxo de energia em caso de necessidade. Foram realizadas compartimentações no projeto elétrico para viabilizar o fluxo de energia em caso de intervenções pontuais. Referente à curva de degradação dos módulos fotovoltaicos, que tendem a gerar menos energia ao longo do tempo, adotou-se a premissa de que há uma perda de geração de 0,3% ao longo dos anos, dado que a literatura já prevê a degradação da eficiência que abrange o impacto da poeira no uso da energia solar (Sarver et al., 2013).

Referente à previsão de tarefas preventivas de falhas no sistema, como trabalhos periódicos trienais nos equipamentos da subestação (transformador, seccionadoras, para-raios, TPs e TCs), estes serão elaborados pela empresa que realizará a instalação da usina. Portanto, no valor declarado não foram considerados custos com limpeza dos módulos fotovoltaicos, manutenções corretivas e preventivas, contratação de apólices de seguros, incorporando os gastos operacionais de um complexo solar.

Ademais, há previsão de proposta futura de inclusão de sistema fotovoltaico nas edificações: Auditório, Bloco 01 – CMD, Bloco 02 – Rancho, Bloco 03 – E.F., Bloco 04 – E.M., Bloco 05 – CCSv, e Estacionamento. Ao final, somando 2412 módulos - 550Wp, 1140 potência do sistema (kW), 1772,2 energia produzida (MWh/ano), com base na estimativa de consumo de energia do CMSP de 2.350MWh/ano, o sistema fotovoltaico produzirá 100% da energia do CMSP, com porcentagem de consumo de 75%.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eletricidade de células solares tornou-se competitiva em termos de custos, e em muitas regiões os sistemas fotovoltaicos estão sendo implementados em grande escala para ajudar a alimentar a rede elétrica. De modo geral, a eficácia da microgeração fotovoltaica, além de diversificar a matriz elétrica brasileira, tem a característica de baratear a conta de energia dos consumidores. Entre os benefícios, os sistemas solares fotovoltaicos possuem uma tecnologia madura com expectativa de vida de 20 a 30 anos, design simples, alta confiabilidade e não produzem poluição durante o fornecimento de energia.

A geração de energia proveniente de fontes renováveis, como a energia solar, contribui com o crescimento econômico do país, traz a oportunidade de liderança mundial do Brasil quanto a sua responsabilidade ambiental e aprimora seu posicionamento diante de países mais desenvolvidos. A instalação se torna cada vez mais acessível, dado que este sistema não exige grandes adaptações para a sua instalação, e ao fornecer o excedente para a rede de distribuição conforme regulamentado pela ANEEL, gera a vantagem do crédito para a unidade provedora (ANEEL, 2012).

Com base nos resultados desta pesquisa, foi possível compreender que a instalação sistemas solares fotovoltaicos, a fim de fomentar a geração distribuída, possibilita a edifícios públicos realizar suas atribuições e, ao mesmo tempo, minimiza o uso de energia elétrica, aliviando o sistema de distribuição e contribuindo também para a redução de suas contas de energia.

Referente ao CMSP, o presente trabalho procurou identificar os passos estabelecidos para o desenvolvimento do projeto de instalação da energia fotovoltaica distribuída, considerando como metodologia a pesquisa bibliográfica da literatura, a análise documental e entrevistas semiestruturadas com os responsáveis pela implementação e gestão do projeto. As entrevistas e análises de documentos foram realizadas na CRO/2 e in loco no CMSP, no período de 2021 a 2022, contemplando análise do planejamento do projeto, execução e monitoramento. A análise visa assegurar a adoção de processos, métodos de trabalho, e procedimentos baseados nas melhores práticas, normas e regulamentos, e no atendimento das necessidades e expectativas deste trabalho.

Este trabalho descreve como está composto o sistema fotovoltaico do CMSP e como este é aplicado no projeto, assim como a forma como este sistema atende aos requisitos normativos. A configuração deste trabalho é resultante de diagnóstico e análises críticas realizadas a partir de dezembro de 2021, sendo o diagnóstico inicial registrado no referencial teórico, e posteriormente, realizadas as entrevistas e análise documental no CMSP e na CRO/2.

Com base na análise documental e entrevistas, o projeto foi desenvolvido em dois anos, e a construção será realizada no período de 2020 a 2026. A implementação do sistema solar fotovoltaico alimentará o Ginásio, com previsão de 100% retorno, com a economia dos cofres públicos a fim de minimizar a utilização de energia elétrica proveniente do consumo do CMSP. De modo a reduzir custos futuros durante a operação do Colégio Militar de São Paulo (CMSP), ações de eficiência energética foram incluídas na fase de projeto, assim como a previsão de sistema de geração distribuída para atender parcialmente a demanda do local. O sistema fotovoltaico será implementado, inicialmente, na cobertura das futuras edificações e pode ser ampliado gradativamente de acordo com o perfil de consumo energético do CMSP.

Todavia, o estudo sobre a energia elétrica no Brasil apresenta um panorama benéfico à inclusão de energia fotovoltaica nas edificações, como uma excelente maneira de reduzir a dependência de fontes energéticas não renováveis e diminuir os custos de energia a longo prazo. Assume-se que para um projeto eficiente é importante que a instalação seja feita por profissionais qualificados e que os equipamentos utilizados sejam de alta qualidade, ademais, é importante que a edificação seja projetada de forma a maximizar a eficiência energética, reduzindo o consumo e aumentando a eficiência dos sistemas de aquecimento, refrigeração e iluminação. Este procedimento pode incluir o uso de materiais isolantes, janelas eficientes e sistemas de iluminação de LED.

A presente dissertação contribui com uma análise sobre implantação de sistema solar fotovoltaico em edificações, como uma excelente maneira de reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis e diminuir os custos de energia a longo prazo. O debate em torno da energia solar fotovoltaica e o entendimento da necessidade de incentivos governamentais no Brasil já permeiam as discussões políticas, novas regulamentações e incentivos financeiros no setor, porém estes não se provaram suficientes para uma expansão relevante do seu uso em território brasileiro até a presente data. Contudo, através do estudo do projeto do CMSP verifica-se que há possibilidades de expansão por meio de políticas públicas, que podem contribuir como exemplo de promoção da geração distribuída de energia fotovoltaica, junto a subsídios ou financiamentos governamentais, para que o cenário da energia solar no Brasil seja atrativo para novos investidores.

No que se refere às limitações da pesquisa, em função da complexidade do tema e da restrição temporal da execução da obra, destaca-se como limitação o estudo compreender apenas a etapa de projeto, além da dificuldade de encontrar dados técnicos relativos a usinas fotovoltaicas em edificações públicas. Como sugestão de análise futura, citam-se os entraves reguladores que ainda se fazem presente no desenvolvimento de projetos com esta temática, como exemplo, o licenciamento ambiental.

Por fim, este é um mercado em ascensão e desenvolvimento, assim espera-se que o uso da tecnologia de energia solar seja amplamente distribuído em um futuro próximo. Para que a energia solar participe da matriz elétrica brasileira de forma mais substancial, é necessário que as políticas públicas mantenham-se atualizadas de acordo e incentivem empreendedores, assim como o próprio poder público, a inserir esta tecnologia em suas unidades.

REFERÊNCIAS

ALEGRIA, R., ALMEIDA, P., ARATANGY, V., & VICTOR, B. (2011). **Teoria e Prática da Pesquisa Aplicada**. Elsevier Brasil - 1ª ed.

ALÉM DA ENERGIA (2021). **Grandes empresas no Brasil que estão investindo em energia solar**. Disponível em: <https://www.alemdaenergia.engie.com.br/7-grandes-empresas-no-brasil-que-estao-investindo-em-energia-solar/>. Acesso em: 06 mar. 2025.

ALÉM DA ENERGIA (2022). **O que é COP-27 e como ela terá mais dados para discutir mudanças climáticas**. Disponível em: <https://www.alemdaenergia.engie.com.br/o-que-e-cop-27-e-como-ela-tera-mais-dados-sobre-mudancas-climaticas/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

ANEEL (2012). **Resolução Normativa Nº 482. Agência Nacional de Energia Elétrica**. Brasil. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20482,%20de%202012%20-%20bip-junho-2012.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2024.

ANEEL (2015). **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas - PROINFA. Agência Nacional de Energia Elétrica**. Brasil. Recuperado de: <https://www.gov.br/siscomex/pt-br/legislacao/aneel>. Acesso em: 01 jan. 2025.

ANEEL (2021). **Relatório de Perda de Energia na Distribuição**. Recuperado de: https://antigo.aneel.gov.br/documents/654800/18766993/Relatório+Perdas+de+Energia+_Edição+1-2021.pdf/143904c4-3e1d-a4d6-c6f0-94af77bac02a. Acesso em: 06 ago. 2025.

BARDIN, L. (2011). **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011- Revista Eletrônica de Educação. São Carlos, SP: UFSCar, v.6, no. 1, p.383-387, mai. 2012.

BEZERRA, F. D. (2022). **Micro e Minigeração Distribuída e suas Perspectivas com a Lei 14.300/2022**. Fortaleza: BNB, ano 7, n.234, ago. 2022. (Caderno Setorial Etene).

BONDARIK, R., PILATTI, L. A., & HORST, D. J. (2018). **Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil**. Interciência, 43(10), 680-688.

BOSO, A. C. M. R., GABRIEL, C. P. C., & GABRIEL FILHO, L. R. A. (2015). **Análise de custos dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid no Brasil**. Revista Científica ANAP Brasil, 8(12).

BRASIL. **Lei nº 14.300**, de 06 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS).

CANAL BIOENERGIA (2018). **Geração compartilhada é alternativa para consumidor**. Edição 137, pág. 10 a 12. Disponível em: <https://www.canalbioenergia.com.br/wp-content/uploads/2018/08/CANAL-137-.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2025.

COSTA, R. C. D., & PRATES, C. P. T. (2005). **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado**. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2436/2/BS%2021%20O%20papel%20das%20fontes%20renov%20c3%a1veis_P.pdf. Acesso em: 20 jun 2024.

DA ROSA, A. R. O., & GASPARIN, F. P. (2016). **Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Revista Brasileira de Energia Solar, v. 7, n. 2, p. 140 – 147.

DIAS, C. A. (2000). **Grupo focal: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas**. Informação & Sociedade, 10(2).

DURÃO, B., N. TORRES, J. P., F. FERNANDES, C. A., & MARQUES LAMEIRINHAS, R. A. (2020). **Socio-economic study to improve the electrical sustainability of the north tower of Instituto superior Técnico**. Sustainability, 12(5), 1923.

EPE (2022). **Anuário estatístico de energia elétrica 2022** (ano base 2021). Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Fact%20Sheet%20-%20Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202022.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2024.

EPE (2024). **Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional – BEN 2024**. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>. Acesso em: 06 fev. 2025.

Exame (2020). **Energia solar já é capaz de abastecer 1,2 milhão de casas no Brasil**. Disponível em: <https://exame.com/economia/geracao-domestica-de-energia-chega-a-3gw-no-brasil-solar-lidera/>. Acesso em: 18 mar. 2025.

Falcão, A. (2023). **Termo de Referência ou Projeto Básico-PROTEC e ARCO EJ**. Disponível em: https://edoc.ufam.edu.br/bitstream/123456789/6503/1/Termo%20de%20Referência_Projeto%20Básico_Proposta%20ARCO%20EJ.pdf. Acesso em: 20 set. 2024.

FERREIRA, M. L., de OLIVEIRA, A., CORTESE, A. T. T. P., KNISS, C. T., QUARESMA, C. C., & PASCHOALIN FILHO, J. A. (2015). **Cidades inteligentes e sustentáveis: problemas e desafios**. Disponível em: https://www.academia.edu/download/54805220/Cidades_Inteligentes_e_Sustentaveis-problemas_e_desafios.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

GOLDEMBERG, J., & LUCON, O. (2007). **Energia e meio ambiente no Brasil**. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142007000100003>. Acesso em: 23 out. 2024.

IEA (2025) **Electricity. Global Energy Review 2025 (Seção “Electricity”)**. Paris: International Energy Agency, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/electricity>. Acesso em: 23 abr. 2025.

IRENA (2017) – Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2017. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2017/may/renewable-energy-and-jobs--annual-review-2017>. Acesso em: 1 set. 2025.

KON, F., & SANTANA, E. F. Z. (2016). **Cidades Inteligentes: Conceitos, plataformas e desafios**. Jornadas de atualização em informática, 17. Recuperado de: <https://sol.sbc.org.br/livros/index.php/sbc/catalog/download/6/6/17-1?inline=o>. Acesso em: 08 jan. 2025.

MME (2021) - **Ministério de Minas e Energia. Brasil é referência no campo da energia limpa e renovável**. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/10/brasil-e-referencia-no-campo-da-energia-limpa-e-renovavel#:~:text=Primeiro%20a%20bioenergia%2C%20a%20biomassa,mais%20recentemente%2C%20a%20energia%20solar>. Acesso em: 26 jul. 2025.

NASCIMENTO, R. L. (2017). **Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas**. Estudo Técnico. Brasília: Câmara dos deputados. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fbd.camara.leg.br%2Fbd%2Fbitstream%2Fhandle%2Fbdcamara%2F32259%2FEnergia_solar_limp.pdf%3Fsequence%3D1&psig=AOvVaw3ysGMycJuii-E8LQXoqRfH&ust=1677090965801000&source=images&cd=vfe&ved=0CBAQjhxqFwoTCPDS2uugp_0CFQAAAAAdAAABAE. Acesso em: 14 mai. 2025.

OLIVEIRA, J. É. S. D. (2021). **Análise de sistemas de energia fotovoltaica implantados em prédios públicos localizados no município de São Paulo**.

- ONS (2019) - **Operador nacional brasileiro de sistema elétrico**. Mapa do Sistema. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acesso em: 15 set. 2024.
- ONS (2021) - **Sistemas isolados**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/sistemas-isolados> e <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- PINHO, J. T., & GALDINO, M. A. (2014). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Grupo de trabalho de energia solar–GTES. CEPEL–DTE–CRESESB.
- POUPART, J., DESLAURIERS, J. P., GROULX, L. H., LAPERRIÈRE, A., MAYER, R., & PIRES, A. P. (2008). **A pesquisa qualitativa**. Enfoques epistemológicos e metodológicos, 2. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta/resource/pt/biblio-941639>. Acesso em: 26 jul. 2025.
- PORTAL SOLAR (2020). **Energia solar pode ajudar na recuperação econômica brasileira**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/energia-solar-pode-ajudar-na-recuperacao-economica-brasileira.html#:~:text=Por%20esses%20fatores%2C%20ela%20pode,respectivamente%2C%20ajudando%20no%20aquecimento%20econ%C3%B4mico>. Acesso em: 06 jun.. 2025.
- PORTAL SOLAR (2022). **Quanto Custa para Instalar Energia Solar**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-para-instalar-energia-solar.html>. Acesso em: 30 nov. 2024.
- REIDI (2021). **Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/fundos-regionais-e-incentivos-fiscais/reidi>. Acesso em: 14 fev. 2025.
- RELLA, R. (2017). **Energia fotovoltaica no Brasil**. Revista de Iniciação Científica, 15(1), 28-38.
- RIBEIRO, D. (2014). **Combustíveis fósseis**. Revista de Ciência Elementar, 2(2).
- SANTOS, C., MENDES, L., BORTOLINI, J., & COPATTI, C. (2012). **O impacto das hidrelétricas para a biodiversidade e o meio ambiente: uma revisão**. Disponível em: <https://www.unicruz.edu.br/seminario/downloads/anais/ccs/o%20impacto%20das%20hidreletricas%20para%20a%20biodiversidade%20e%20o%20meio%20ambiente%20uma%20revisao.pdf>. Acesso em: 06 jun.. 2025.
- SARVER, T., AL-QARAGHULI, A., & KAZMERSKI, L. L. (2013). **A comprehensive review of the impact of dust on the use of solar energy: History, investigations, results, literature, and mitigation approaches**. Renewable and sustainable energy Reviews, 22, 698-733.
- SILVA, H. M. F. da, & ARAÚJO, F. J. C. (2022). **Energia solar fotovoltaica no brasil: uma revisão bibliográfica**. Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação, 8(3), 859–869.
- SOUZA, A. C. D. (2016). **Análise dos impactos da geração distribuída por fonte solar fotovoltaica na qualidade da energia elétrica**. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/14619>. Acesso em: 10 out. 2025.
- WM (2019). **Importando energia renovável no Brasil**. Disponível em: [https://www.wmtrading.com.br/pt-BR/noticias/energia/Importando-energia-renovavel-no-brasil#:~:text=Para%20importar%20o%20os%20principais%20incentivos,deseja%20aproveitar%20o%20mercado%20crescente.&text=Um%20setor%20particularmente%20beneficiado%20%C3%A9%20o%20de%20energia%20fotovoltaica%20\(solar\)](https://www.wmtrading.com.br/pt-BR/noticias/energia/Importando-energia-renovavel-no-brasil#:~:text=Para%20importar%20o%20os%20principais%20incentivos,deseja%20aproveitar%20o%20mercado%20crescente.&text=Um%20setor%20particularmente%20beneficiado%20%C3%A9%20o%20de%20energia%20fotovoltaica%20(solar)). Acesso em: 01 nov. 2024.
- VERGARA, S. C. (2006). **Projetos e relatórios de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 34, 38.