

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS**

**ADRIANA SANTIAGO SOUZA KROETZ**

**IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM  
EDIFÍCIO FEDERAL EM SÃO PAULO**

**São Paulo  
2023**

**ADRIANA SANTIAGO SOUZA KROETZ**

**IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM  
EDIFÍCIO FEDERAL EM SÃO PAULO**

**IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY PROJECT IN  
A FEDERAL BUILDING IN SÃO PAULO**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis da Universidade Nove de Julho – UNINOVE como requisito para obtenção do grau de Mestre em Cidades Inteligentes e Sustentáveis.**

**Orientadora: Profa. Dra. Heidy Rodriguez Ramos**

**São Paulo  
2023**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Kroetz, Adriana Santiago Souza.

Implantação de projeto de energia solar fotovoltaica em edifício federal em São Paulo. / Adriana Santiago Souza Kroetz. 2023.  
81 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2023.

Orientador (a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Heidy Rodriguez Ramos.

1. Energias renováveis. 2. Energia solar fotovoltaica. 3. Edifícios públicos.

I. Ramos, Heidy Rodriguez.      II. Título.

CDU 711.4

**IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM  
EDIFÍCIO FEDERAL EM SÃO PAULO**

**POR**

**ADRIANA SANTIAGO SOUZA KROETZ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS DA UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO – UNINOVE, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS.

---

Profª. Dra. Heidy Rodriguez Ramos (UNINOVE)

---

Profª. Dra. Andreza Portella (UNINOVE)

---

Profª. Dra. Marcela Barbosa de Moraes e Ribeiro (UNITAU)

São Paulo, 27 de fevereiro de 2023.

**Dedico este trabalho à minha mãe, Marcia Maria Pereira Santiago Souza, que em seu curto período neste mundo deixou-me exemplos valorosos de força e trabalho, mas que também me mostrou com sua beleza de mulher que não precisamos deixar de ser feminina para sermos efetivas.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família, em especial e com o coração emocionado a meu pai, marido e filho, por apoiar meus sonhos, e pela ajuda concreta na rotina com os afazeres diários para que eu pudesse estudar, assim como pelo apoio financeiro e psicológico durante todo meu desenvolvimento pessoal.

Agradeço imensamente à minha orientadora, Prof. Dra. Heidy Rodriguez Ramos, pela orientação e paciência no decorrer da execução deste trabalho.

Agradeço ao Exército Brasileiro, em especial a CRO/2 por autorizar o estudo no CMSP, e a todos da equipe que colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a todos os professores do Programa de Cidades Inteligentes e Sustentáveis que participaram da minha formação acadêmica ao longo dos semestres.

Agradeço a todos que de alguma maneira colaboraram na conclusão deste trabalho.

Agradeço a UNINOVE, por acreditar e investir na minha capacitação, concedendo a bolsa de fomento que possibilitou esta formação.

## RESUMO

O direito a energia elétrica é um tema global e de suma importância, inclusive a Organização das Nações Unidas (ONU) destaca o tema como objetivo com o ODS 07, que tem como propósito de assegurar o acesso universal, confiável, e a preços tangíveis a todos referente aos serviços de energia elétrica até 2030. Para atendimento dessa meta, exige-se esforços contínuos da comunidade científica na busca por alternativas renováveis, eficientes e econômicas. Quanto ao tema destaca-se que a matriz elétrica brasileira é sustentável, apresentando 82,9% da geração de energia elétrica advinda de fontes renováveis, porém, esse avanço é extremamente dependente da fonte hidrelétrica a qual participa da oferta com 56,8% do total produzido no Brasil em 2021. A partir desse cenário é necessário analisar a diversificação da matriz, migrando percentuais maiores de atendimento da demanda por meio de outras fontes, para atender a demanda de energia elétrica. Por conseguinte, no Brasil o aumento do uso de soluções energéticas providas de outras fontes renováveis, que não a hidrelétrica, se faz possível entre outros, por meio do uso da energia solar, fonte com maior perspectiva de crescimento considerando o potencial solar do país. Entretanto, sabe-se que a energia solar é conhecida pela população brasileira, porém ainda não há significativa utilização desta energia, a qual representa apenas 2,5% do total de energia ofertada no Brasil em 2021. Dentre os motivos para a subutilização da energia solar fotovoltaica no Brasil está o valor inicial de instalação, e entre os benefícios para o usuário estão a redução no custo de energia, valorização do imóvel, e o fator do sistema ser durável e de baixa manutenção. Ressalta-se a importância de políticas públicas para a diversificação da matriz e de implementação de projetos em seus edifícios servindo de exemplo para a sociedade. O setor do poder público no Brasil foi responsável por 3,4% da energia elétrica consumida em 2021, percentual que apresentou aumento de 7,4%. Portanto, tendo em vista a diversificação da matriz elétrica brasileira e da contribuição do setor público no tema, este estudo teve como objetivo analisar o projeto de energia solar fotovoltaica desenvolvido para um edifício federal. Para o estudo foi realizada uma pesquisa teórica a partir de uma revisão da literatura sobre energia solar fotovoltaica, posteriormente se debruçando em um estudo de caso da obra de Construção do Colégio Militar de São Paulo (CMSP). Para construir e desenvolver este estudo, a coleta de dados foi feita por meio de pesquisa documental, e entrevistas, seguindo um roteiro semiestruturado. 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. O projeto foi desenvolvido em 2 anos, e a construção será realizada no período de 2020 a 2024, sendo que a implantação do sistema solar fotovoltaico inicialmente alimentara o ginásio. Portanto, por meio do estudo do projeto do CMSP verificou-se que há possibilidades de expansão do uso da energia fotovoltaica a partir de políticas públicas, que podem contribuir como exemplo de promoção da geração distribuída de energia fotovoltaica, para que o cenário da energia solar no Brasil seja atrativo para novos investidores.

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

## ABSTRACT

The right to electricity is a global issue of paramount importance, including the United Nations (UN) highlights the issue as an objective with SDG 07, which aims to ensure universal, reliable access, at tangible prices, to all referring to electricity services by 2030. To meet this goal, continuous efforts are required from the scientific community in the search for renewable, efficient, and economical alternatives. As for the theme, the Brazilian electrical matrix is sustainable, with 82.9% of the generation of electricity coming from renewable sources, however, this advance is extremely dependent on the hydroelectric source, which participates in the supply with 56.8% of the total produced in Brazil in 2021. Based on this scenario, it is necessary to analyze the diversification of the matrix, migrating higher percentages of meeting demand through other sources, to meet the demand for electricity. Therefore, in Brazil, the increased use of energy solutions from a renewable source other than hydroelectric power is made possible, among others, using solar energy, a source with the greatest growth prospects considering the country's solar potential. However, it is known that solar energy is known by the Brazilian population, but there is still no significant use of this energy, which represents only 2.5% of the total energy offered in Brazil in 2021. Among the reasons for the underutilization of photovoltaic solar energy in Brazil is the initial installation cost, and among the benefits for the user are the reduction in energy costs, property valuation, and the fact that the system is durable and requires low maintenance. It emphasizes the importance of public policies for the diversification of the matrix and the implementation of projects in its buildings, serving as an example for society. The public power sector in Brazil was responsible for 3.4% of the electricity consumed in 2021, a percentage that increased by 7.4%. Therefore, in view of the diversification of the Brazilian electrical matrix and the public sector's contribution to the subject, this study sought to analyze the photovoltaic solar energy project developed for a federal building. For the study, theoretical research was carried out based on a literature review on photovoltaic solar energy, later focusing on a case study of the construction work of the Military College of São Paulo (CMSP). To build and develop this study, data collection was done through documentary research and interviews, following a semi-structured script. The results showed that the development of buildings that incorporate the implementation of the solar PV system in their project contributes to the economy of public coffers, minimizing the use of electricity from consumption. The project was developed in 02 years, and the construction will be carried out in the period from 2020 to 2024, and the implementation of the solar PV system will initially supply the gym. Therefore, through the study of the CMSP project, it was verified that there are possibilities for expanding the use of photovoltaic energy from public policies, which can contribute as an example of promoting the distributed generation of photovoltaic energy, so that the solar energy scenario in Brazil is attractive to new investors.

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

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 01: Matriz Elétrica Mundial 2020
- Figura 02: Matriz Elétrica Brasileira 2020
- Figura 03: Participação das renováveis na OIE.
- Figura 04: Mapa do Sistema de Transmissão
- Figura 05: Abordagem por bacia e localização
- Figura 06: Níveis de irradiação no Brasil
- Figura 07: Mapa da radiação solar anual no estado de São Paulo
- Figura 08: Emissões brutas brasileiras de GEE por setor (1990-2019)
- Figura 09: Convergência de várias fontes de evidência em estudo único
- Figura 10: Mapa de localização do CMSP
- Figura 11: Média de energia solar no plano horizontal no estado de São Paulo
- Figura 12: Ilustração do projeto do CMSP
- Figura 13: Planta de situação CMSP.
- Figura 14: Usina fotovoltaica da cobertura do Ginásio do CMSP.
- Figura 15: Sistema de aquecimento solar de água de banho nos vestiários do CMSP.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
BEN - Balanço Energético Nacional  
BM – Banco Mundial  
CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa  
COP 27 - 27ª Conferência da ONU sobre Mudanças Climáticas  
CRO/2 - Comissão Regional de Obras de São Paulo  
EO – Eletrônica orgânica  
EPE - Empresa de Pesquisa Energética  
GW – Gigawatt  
GWh - Giga-watt-hora  
IEA – Agência Internacional de Energia  
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia  
IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas  
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IRENA - Agência Internacional para as Energias Renováveis  
MME - Ministério de Minas e Energia  
ODS - Objetivos de desenvolvimento sustentável  
OIE - Oferta interna de energia  
ONU – Organização das Nações Unidas  
ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico  
PERS - Programa de Energia Renovável Social  
SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas  
SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial  
SCEE - Sistema de Compensação de Energia Elétrica  
SIN - Sistema Interligado Nacional

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>PROBLEMA DE PESQUISA .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: GERAÇÃO, TRANSMISSÃO, DISTRIBUIÇÃO, E TENDÊNCIA DE MERCADO.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Geração de energia elétrica .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Transmissão e distribuição de energia elétrica .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2</b>	<b>SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....</b>	<b>30</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1</b>	<b>Delineamento da pesquisa .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2</b>	<b>Área de estudo da pesquisa .....</b>	<b>34</b>
<b>3.3</b>	<b>Procedimento de coleta de dados .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4</b>	<b>Análise dos resultados.....</b>	<b>38</b>
<b>4.</b>	<b>APRESENTAÇÃO DO PROJETO DE CONSTRUÇÃO DO CMSP .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>Planejamento .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Contextualização do caso.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Descrição do objeto de pesquisa.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Viabilidade .....</b>	<b>42</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Detalhamento executivo.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.4.1</b>	<b>Modelo de execução do projeto de construção do CMSP.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.4.2</b>	<b>Materiais, equipamentos e serviços: .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.4.3</b>	<b>Sustentabilidade do projeto.....</b>	<b>44</b>

<b>4.1.4.5 Sustentabilidade executiva da obra .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2 Desenvolvimento do projeto básico CMSP .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.1 Plantas .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2.2 Requisitos de desempenho do projeto .....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.3 Orçamento .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2.4 Memoriais .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.5 Especificação Técnica .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.6 Premissas da execução do serviço .....</b>	<b>52</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
<b>5.1. Características do projeto .....</b>	<b>57</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A globalização leva ao aumento da demanda global de energia, e a utilização de combustíveis fósseis para gerar essa energia deve ser reduzido, pois estes são prejudiciais ao meio ambiente. Para enfrentamento desta situação, cientistas e pesquisadores procuram desenvolver alternativas de energia renováveis eficientes e econômicas buscando um desenvolvimento sustentável (Ribeiro, 2014). O conceito de desenvolvimento sustentável significa priorizar a qualidade no uso dos recursos, mas para isso devem ocorrer mudanças de padrões a fim de estimular as energias renováveis (Goldemberg & Lucon, 2007).

O tema 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 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). Na busca pelo desenvolvimento 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 ao uso da energia elétrica o maior consumo é advindo das cidades urbanizadas, essas são importadoras de energia nas formas de energia elétrica, sejam eles fósseis ou não, fornecidos entre outros por meio de usinas hidroelétricas e nucleares (Ferreira, de Oliveira, Cortese, Kniess, Quaresma, & Paschoalin Filho, 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 desta energia. Em consequente a este cenário, o futuro se mostra 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 implantação de projetos em edificações públicas que servem de exemplo a fim de disseminar o uso de sistemas fotovoltaicos em solo brasileiro.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Referente ao atendimento da demanda de energia elétrica no Brasil com fontes renováveis, há opções além das usinas hidrelétricas já utilizadas no território brasileiro, pois estas apesar de utilizarem fonte renovável acarretam impactos sobre a biodiversidade e o meio ambiente, como modificações na fauna em sua área de influência (Santos, Mendes, Bortolini & Copatti, 2012). Uma opção renovável e sustentável é o uso da energia solar para gerar energia elétrica no Brasil, pois o país possui potencial solar conforme dados do Atlas Brasileira de Energia Solar (INPE, 2019), e em complemento esta tecnologia une modo de fornecimento e fonte sustentável, a fim de suplementar o propósito de atendimento da demanda de energia elétrica no Brasil (INPE, 2020).

No contexto sustentável, a energia solar se apresenta com importante e promissor papel na geração de energia elétrica, pois usa fonte exequível do ponto de vista ambiental, não provoca poluição significativa trabalhando por meio da oferta de radiação solar, além de outros benefícios como possuir longa durabilidade e exigir pouca manutenção (Branco, 1990). Ainda referente à geração de energia solar, o Brasil é uma potência operacional da fonte solar fotovoltaica, e além de poder suprir o atendimento da demanda pode contribuir para a sustentabilidade e desenvolvimento socioeconômico (Absolar, 2018). Porém, apesar do potencial o mercado de energia solar quanto aos números ainda não se sobressai, pois, em potência instalada o Brasil concentra 3,5 GW em energia centralizada (usinas solares), e concentra 6,5 GW em geração própria de energia (de Carvalho Dias, de Medeiros Silva, de Freitas, & do Nascimento, 2017), com isso, o mercado brasileiro demonstra estar longe de aproveitar o potencial máximo desta fonte, pois seu percentual de implantação é pouco expressivo.

Um retrato sobre como a energia solar pode contribuir no cenário de oferta de energia elétrica no Brasil pode ser evidenciado por meio do relatório anual de energia elétrica emitido em 2022 pelo EPE, onde destacam-se dados como a oferta interna de energia elétrica a qual teve a geração hidráulica reduziu -8,5%, em contrapartida a geração solar teve um avanço 1,7% para 2,5% do total de energia ofertada no Brasil em 2021 (EPE – Anuário Estatístico de Energia Elétrica, 2022 – ano base 2021). Em contraposição dados demonstram um retrato de crescimento do uso da energia solar que aumentará seus percentuais de contribuição na matriz chegando à soma de 8% da geração total de

eletricidade prevista para 2030, afirma a Empresa de Pesquisa Energética (EPE - Plano Decenal de Expansão de Energia 2030, 2022).

Mediante a importância de repensar o modo de atendimento quanto à demanda de energia, é oportuno desenvolver uma pesquisa referente à utilização de energias renováveis em edifícios federais, os quais possuem recursos para implantação e podem apresentar projetos de vanguarda que contribuem para o fomento da energia solar fotovoltaica no país, com isso formulou-se a seguinte questão norteadora para a presente pesquisa: Como foi desenvolvido o projeto de implementação de energia solar fotovoltaica na Construção do Colégio Militar de São Paulo (CMSP)?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

A dissertação tem o objetivo geral analisar o projeto de implementação de energia solar fotovoltaica na Construção do Colégio Militar de São Paulo (CMSP).

### **1.2.2 Objetivo específico:**

- Apresentar as premissas do projeto de construção do CMSP.
- Destacar os principais itens do projeto de implementação de energia solar no CMSP.
- Realizar o levantamento pretendido de eficiência energética do CMSP.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

Os governos mundiais buscam cumprir os compromissos climáticos assumidos no Acordo de Paris em relação à meta de sustentabilidade na geração de energia elétrica. Em termos de energia, o Brasil se comprometeu a aumentar o uso de fontes alternativas de energia e, de forma mais ampla, reduzir suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em 37% e 43%, respectivamente, em relação aos níveis de 2005 até 2025 e 2030 (EPE, 2016). A premissa de atendimento ao Acordo de Paris abraça os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente o ODS 07 da ONU, objetivo

referente a energia elétrica, o qual preconiza como meta a energia limpa, acessível e amplamente disponível até 2030 (IPEA, 2021). Metas que para serem alcançadas contam inclusive com financiamento climático para nações em desenvolvimento para o atingimento das metas, assim como os bancos de desenvolvimento (BD) que possuem programas de apoio ao desenvolvimento de projetos e setores não atendidos pelo financiamento privado, desempenhando um importante papel em canalizar e alavancar recursos climáticos (Curado & Martins, 2016).

Em complemento, o IPCC divulgou uma análise indicando que a mudança climática causada pelo homem é inegável e deve se agravar no futuro (UNEP, 2022). Ressalta-se que referente às fontes de energias sustentáveis, o Brasil possui uma matriz altamente renovável, em função do uso da energia hidrelétrica, entretanto, é importante reduzir essa dependência devido as crises hídricas. Um retrato desta realidade brasileira foi ilustrada pelo pior evento hidrológico dos últimos 91 anos (entre setembro de 2020 e agosto de 2021), onde o índice de recebimento de água foi inferior à média histórica (ONS, 2021).

Uma alternativa que pode ser utilizada para diminuir a dependência das hidrelétricas, é o grande potencial de captar energia solar que o Brasil possui. Estima-se que se utilizado o potencial solar conseguiríamos uma produção anual de 283,5 milhões de MW de energia fotovoltaica, conforme Pesquisa Energética (EPE, 2015). Essa ferramenta será um avanço quanto às restrições na adoção de formas alternativas de fonte energia elétrica devido à infraestrutura hidrelétrica pré-existente, enraizada tanto física como institucional no Brasil (Bradshaw, 2017).

Desta forma, o Brasil tem potencial para a ampliação do uso de fontes renováveis para a geração de energia limpa por meio do fomento do uso da energia solar fotovoltaica, almejando contribuir com a necessidade de processos sustentáveis que proporcionem menos impacto ao meio ambiente, e ao atendimento da crescente demanda do consumidor (Blanco, Cucurachi, Peijnenburg, Beames & Vijver, 2020). Arelado à necessidade ambiental, há um cenário comercial favorável ao desenvolvimento e inserção no mercado de soluções quanto à geração de energia limpa, pois consumidores tem interesse por meios sustentáveis para obtenção de energia elétrica (Pinho & Galdino, 2014).

Pesquisas explanam que o mercado de energia solar pode contribuir para o abastecimento de energia elétrica, com a geração centralizada e no segmento de geração própria de energia, porém o mercado brasileiro está longe de aproveitar o potencial máximo desta fonte, pois seu percentual de implantação é pouco expressivo (de Carvalho Dias, de Medeiros Silva, de Freitas & do Nascimento, 2017). É importante frisar que implantações em projetos no setor público abrem caminho para o comprometimento de cidades brasileiras com esse tema, por meio de investimentos em tecnologias voltadas à eficiência energética (Oliveira, 2021). Um exemplo é o Programa Curitiba Mais Energia, que iniciou em 2019, com a instalação de painéis fotovoltaicos na sede da Prefeitura de Curitiba, responsável por preservar a atmosfera ao de não emitir mais de 70 toneladas de CO<sub>2</sub>. O programa conta com instalações onde os sistemas inserem a energia produzida na rede de distribuição da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) garantindo além da sustentabilidade economia aos cofres públicos (Curitiba Mais Energia, 2022).

Embora no Brasil ainda sejam tímidas as iniciativas e investimentos em energia solar, no cenário internacional verifica-se uma maior expansão deste mercado, observada em diversas iniciativas, implementadas em diferentes frentes, tais como incentivo fiscal, incentivo financeiro, sistema tarifário diferenciado ao consumidor e legislação (Elgamal, Demajorovic & Augusto, 2015). Todavia o futuro se mostra promissor quanto à geração de energia elétrica limpa, com o crescimento da utilização de sistemas fotovoltaicos no Brasil, com isso novas pesquisas se fazem necessárias para análise do custo de materiais, serviços, ferramentas e qualidade (Boso, Gabriel & Gabriel Filho, 2015).

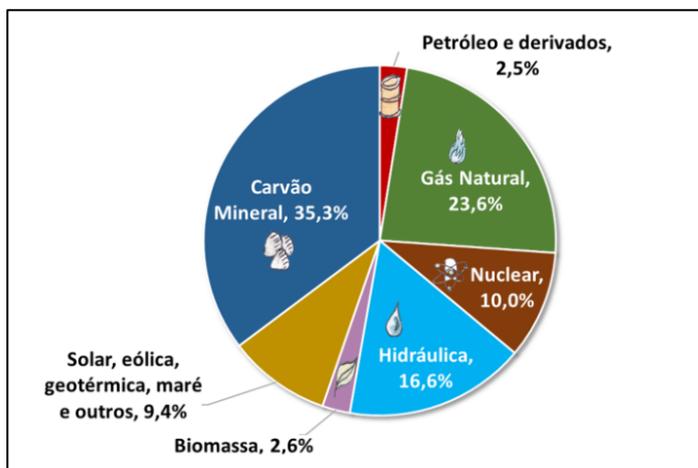
## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: GERAÇÃO, TRANSMISSÃO, DISTRIBUIÇÃO, E TENDÊNCIA DE MERCADO.

O sistema elétrico é composto por processos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. O objetivo deste capítulo é descrever o cenário do setor elétrico no Brasil, com informações referente à geração de energia, as características do segmento de transmissão, e as tendências de mercado. Estudos indicam a importância da análise das características e informações do sistema como variáveis que influenciam em decisões de investimento privado no setor, e em políticas públicas para a diversificação da matriz elétrica brasileira (Hirota, 2006).

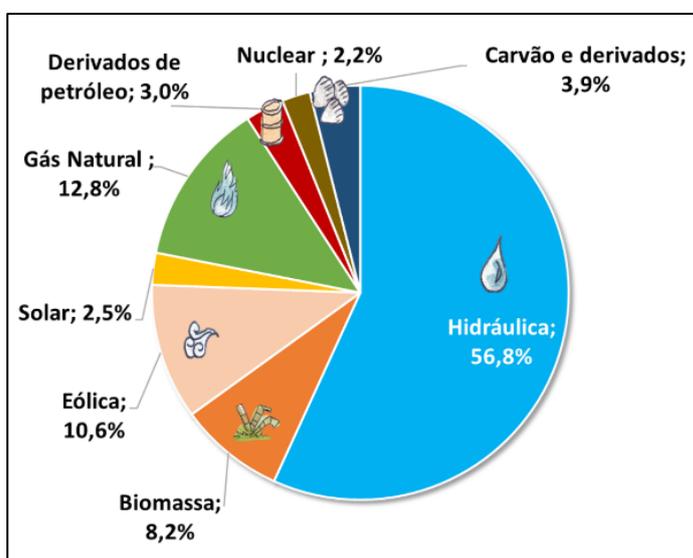
#### 2.1.1 Geração de energia elétrica

A base para pesquisa de geração de energia elétrica é a matriz elétrica, que é constituída pelo conjunto de fontes disponíveis para a geração de energia elétrica de um país, estado, ou do mundo, para suprir a demanda energética (Pinho & Galdino, 2014). A matriz elétrica mundial demonstra que é alicerçada sobretudo em combustíveis fósseis como carvão mineral, o qual representa a maior fonte na matriz elétrica mundial com 35,3% do total conforme **figura 01**, (Relatório IEA, 2021). 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, Pilatti & Horst, 2018).



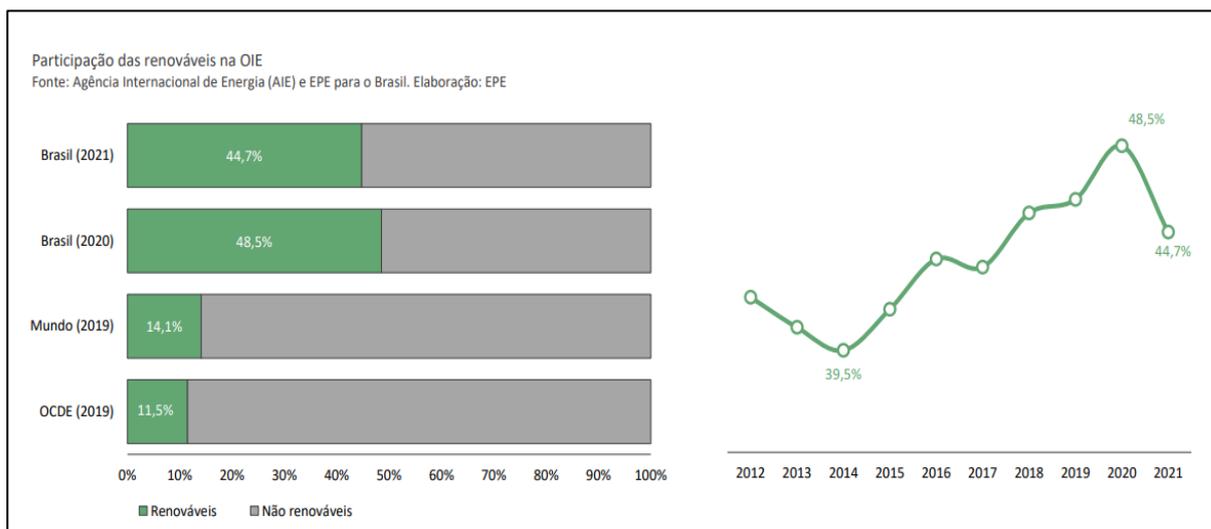
**Figura 01:** Matriz Elétrica Mundial 2020. Fonte: EPE, 2022.

Por sua vez, a matriz elétrica brasileira é renovável, sendo mais renovável do que a matriz energética e elétrica mundial. Característica do sistema elétrico brasileiro o qual apresenta-se como um sistema essencialmente hidrotérmico de grande porte com forte predominância de usinas hidroelétricas que respondem por 56,8% da matriz elétrica brasileira em 2021, conforme os dados representados no gráfico da **figura 02**. É importante ressaltar que se somados as quantias referentes à produção brasileira e as importações de origem renovável, as fontes renováveis representam 83% da oferta interna de eletricidade, ou seja, se compararmos as matrizes referente às fontes não renováveis temos a matriz mundial com 37,8% do total, e a matriz do Brasil altamente renovável com apenas 6,9% do total em combustíveis fósseis (EPE, 2021).



**Figura 02:** Matriz Elétrica Brasileira 2020. Fonte: EPE, 2022.

O cenário atual de geração de energia expresso por meio do gráfico de participação das fontes renováveis na oferta interna de energia (**figura 03**), expressa redução quanto às fontes renováveis devido à queda na oferta advinda da fonte hidráulica, devido à escassez hídrica e ao uso das usinas termelétricas.



**Figura 03:** Participação das renováveis na OIE. Elaboração: Agência Internacional de Energia (AIE) e EPE para o Brasil. Fonte: EPE, 2022.

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 hidráulica reduziu 8,5%, assim como houve queda na importação (-6,5%), cuja primordial procedência é Itaipu, sendo importante ressaltar a queda na geração hidráulica devido à crise hídrica, conforme Balanço Energético Nacional (BEN, 2022).

Conforme Muller com base no estudo de geração de energia elétrica, e o cenário de dependência do Brasil em relação às hidrelétricas, é importante considerar os malefícios associados (Müller, C. A., 1996), tais como:

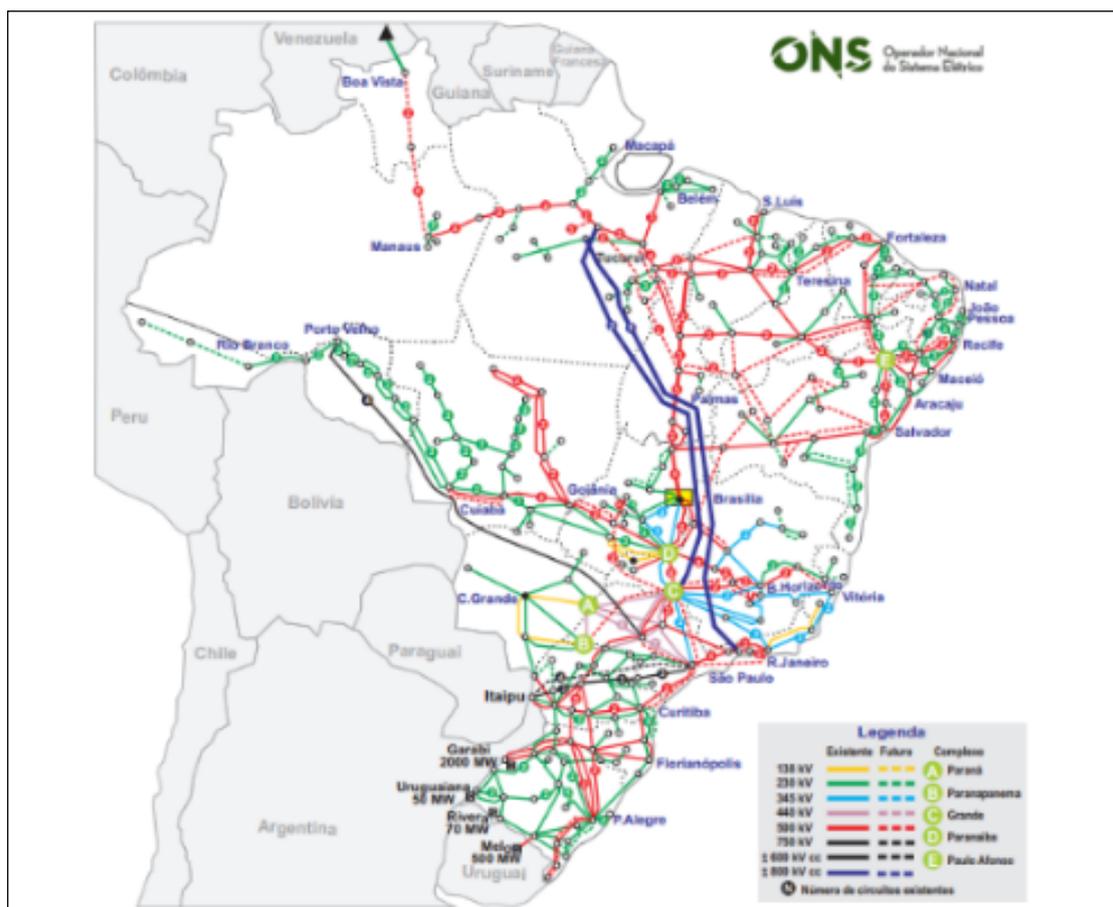
- Vulnerabilidade às mudanças climáticas: A geração de energia hidrelétrica depende diretamente das condições climáticas, como chuvas e secas. Isso quer dizer que em períodos sem chuva a geração de energia pode ser reduzida, acarretando cortes de energia e aumento dos preços.
- Impacto ambiental: A construção de hidrelétricas gera impactos significativos no meio ambiente, incluindo a destruição de habitats naturais de plantas e animais, além de perda na biodiversidade de um território e a emissão de gases de efeito estufa.

- Dependência de um recurso limitado: A geração de energia hidrelétrica depende da disponibilidade de água, que é um recurso limitado. Isso significa que, à medida que a demanda por energia aumenta, pode haver uma escassez de água para outras necessidades, como agricultura e abastecimento de água potável.
- Custo elevado: A construção de hidrelétricas pode ser extremamente cara, o que pode levar a um aumento nos preços da energia para os consumidores.

Com isso faz-se necessário rever a falta de diversificação na matriz elétrica, ou seja, a dependência exclusiva de hidrelétricas para a geração de energia pode limitar a diversificação da matriz do país, o que pode ser prejudicial a longo prazo.

### **2.1.2 Transmissão e distribuição de energia elétrica**

Referente ao processo de transmissão de energia elétrica o sistema brasileiro é conectado por meio do Sistema de Transmissão (SIN), o qual tem a atribuição de transmissão de energia elétrica (ver na **figura 04** o mapa do sistema de transmissão). Este é constituído por quatro subsistemas que atendem todo território, exceto 212 localidades isoladas, as quais estão localizadas em grande maioria na região norte do território brasileiro, seu consumo de energia elétrica é extremamente baixo representando cerca de 1% da carga total do Brasil, ressalta-se que suas demandas são supridas por usinas térmicas a óleo diesel (ONS, 2019).



**Figura 04:** Mapa do Sistema de Transmissão – Horizonte 2024 (SIN). Fonte: ONS, 2021.

Segundo a ONS (2019), o SIN é um sistema hidrotérmico de grande porte para geração (ver na **figura 05** as bacias que abastecem o sistema de hidrelétricas) e transmissão de energia elétrica (ver na **figura 04** o mapa do sistema de transmissão), sob coordenação e controle do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), fiscalizado e regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).



**Figura 05:** Abordagem por bacia e localização. Fonte: ONS, 2019.

As perdas na transmissão de energia elétrica no setor brasileiro são um problema recorrente e representam uma grande preocupação para as empresas do setor. As perdas, ou seja, o prejuízo é referente a energia elétrica que transita pelas linhas de transmissão, mas que não é comercializada, 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).

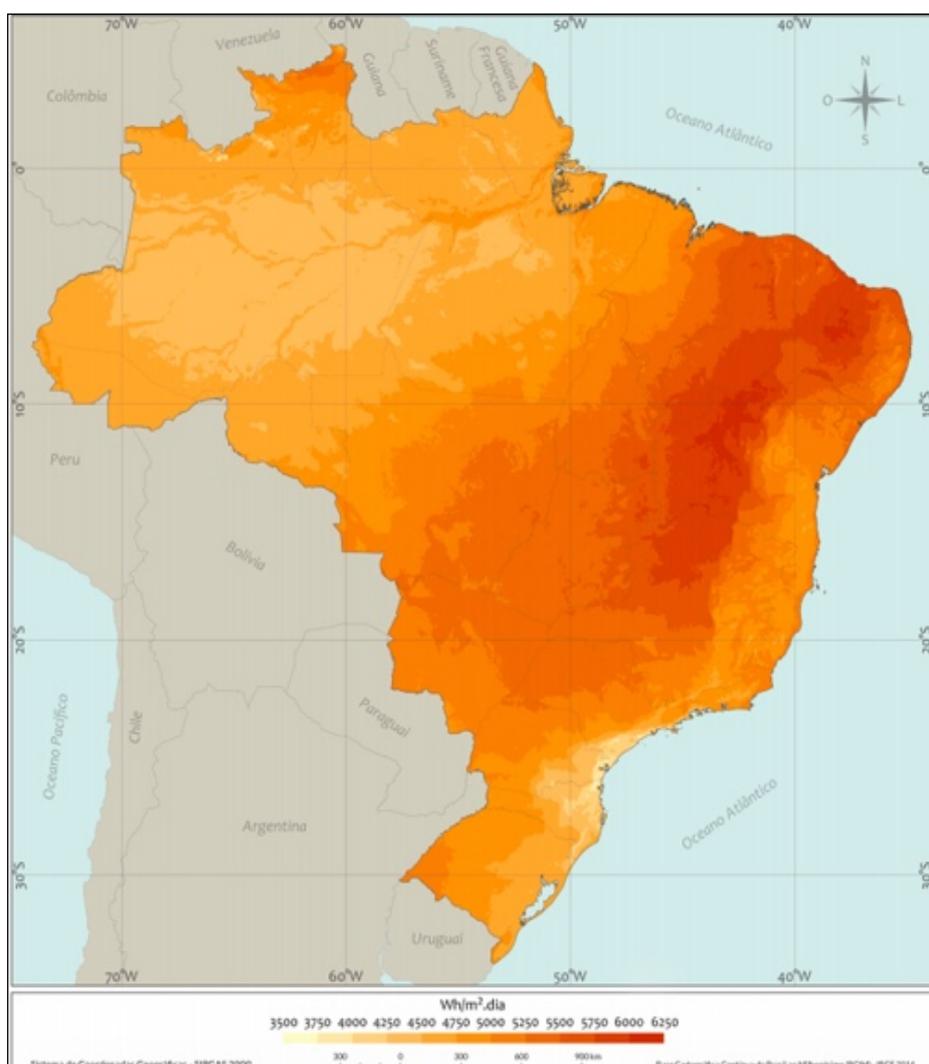
De acordo com dados da ANEEL, em 2020 se contabilizou R\$ 8,5 bilhões em perdas técnicas, e as perdas não técnicas regulatórias foram de R\$ 5,6 bilhões (ANEEL, 2021). Esse valor é repassado para os consumidores na forma de aumento nas tarifas de energia elétrica. Para reduzir as perdas na etapa de transmissão de energia elétrica, 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.

### 2.1.3 Tendências do mercado de energia elétrica no Brasil

Retratado a contextualização quanto à geração, transmissão e distribuição brasileira de energia elétrica, assim como a necessária diversificação da matriz elétrica, este estudo

volta-se para o mercado em expansão de energia solar fotovoltaica, como uma opção para atendimento da demanda de energia elétrica. A tendência para o futuro é de mudança nessa oferta de energia elétrica com o aumento da contribuição de outras energias, como a energia solar, isso porque o Brasil possui condição natural de apresentar altos níveis de irradiação global horizontal, fator que contribui para a implantação da tecnologia para 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 (**figura 06**), 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/m<sup>2</sup> de irradiação global horizontal anual (da Rosa & Gasparin, 2016).



**Figura 06:** de irradiação no Brasil. Fonte: INPE, 2019.

Tendo em vista o potencial solar no Brasil, volta-se o olhar para o mercado de energia solar fotovoltaica que é um setor em crescimento, cenário que pode ter como indicador a geração distribuída por fonte solar fotovoltaica (Souza, 2016). Exemplos do crescimento do setor de energia solar são as implantações de sistemas no setor industrial, pois observa-se um aumento de indústrias instalando usinas solares a fim de reduzir o alto custo com energia elétrica (Portal da Indústria, 2021). Implantações como a de companhias como a Renner, que instalou unidade solar em Vassouras (RJ), a Claro que inaugurou uma usina solar na cidade de Timon (MA), a Metalúrgica Visconti na cidade de Porto Alegre (RS), que inaugurou um sistema de energia solar que visa suprir 100% da demanda de energia elétrica da companhia, a construtora MRV inaugurou no município de Uberaba (MG) uma usina solar com 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, que instalou usina no município de Porteirinha, Minas Gerais, destinada a atender 100 agências do banco (Além da energia, 2021).

Outro indicador da expansão da geração de energia renovável no Brasil, são as instalações de sistemas de geração fotovoltaica que chegou a 300 mil unidades em 2020, e a geração distribuída, categoria que consiste em todo tipo de geração de energia em pequena escala que somou 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), pois os recursos para produzir energia renovável recebem redução estratégica em impostos, gerando assim uma oportunidade para este mercado em crescimento. O setor de energia solar fotovoltaica conta com reduções de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) em diversos estados e Imposto de Importação zerado para equipamentos fotovoltaicos, tornando o contexto de importação muito oportuno (Camargo, 2018).

Em consonância com o intuito do governo de fomentar o mercado de energia solar, foi sancionada a lei nº 14.300, que foi destacada como 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, e por fim as regras a serem seguidas após 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 a geração de eletricidade a partir de fontes limpas (REIDI, 2021). Esforços devem ser empregados a fim de aprimorar a segurança quanto ao fornecimento de energia elétrica no Brasil, para que o país seja um líder mundial na geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis (Bondarik, Pilatti & Horst, 2018).

Existem diversos incentivos por parte dos governantes para aproveitamento deste recurso como: abatimentos na tarifa referente a transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso referente a distribuição (TUSD); descontos de, no mínimo 50% na produção e consumo de energia; a venda direta a consumidores considerados ‘especiais’ (carga entre 500 kW e 3.000 kW) para unidades geradoras de energia de fonte solar e outras fontes renováveis, com potência introduzida inferior a 50.000 kW; sistema de compensação de energia elétrica para a micro e mini geração distribuídas; redução de imposto de renda; condições diferenciadas de financiamento; Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D): fonte de recursos para projetos executados pelas empresas do setor elétrico e aprovados pela ANEEL estabelecidos com desenvolvimento da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil; leilões para compra de energia especificamente da fonte solar (Nascimento, 2017).

Entretanto, um fator que contribui negativamente para que sejam instalados mais sistemas de energia fotovoltaico nas residências é o alto custo da sua instalação para a população brasileira em geral (FAPESP, 2007). Conforme informações do Portal Solar (2022), o custo de um sistema fotovoltaico gira em torno de 12 a 15 mil reais, valor referente a pequenos imóveis com instalação pelo sistema *on grid*, sistema que é conectado à rede de distribuição de energia. Adverte-se que o valor não é imutável, ou seja, tem variação conforme a complexidade e o tamanho da instalação, e para a composição do custo deve-se considerar: o valor do equipamento (um kit de energia solar é composto por painéis solares, string box, cabos, conectores, inversor, e estruturas de fixação), e o valor da instalação que contempla a execução do serviço de instalação e fixação dos painéis solares, a conexão do gerador na rede da residência, assim como o projeto, e a homologação deste junto a distribuidora (Portal Solar, 2022).

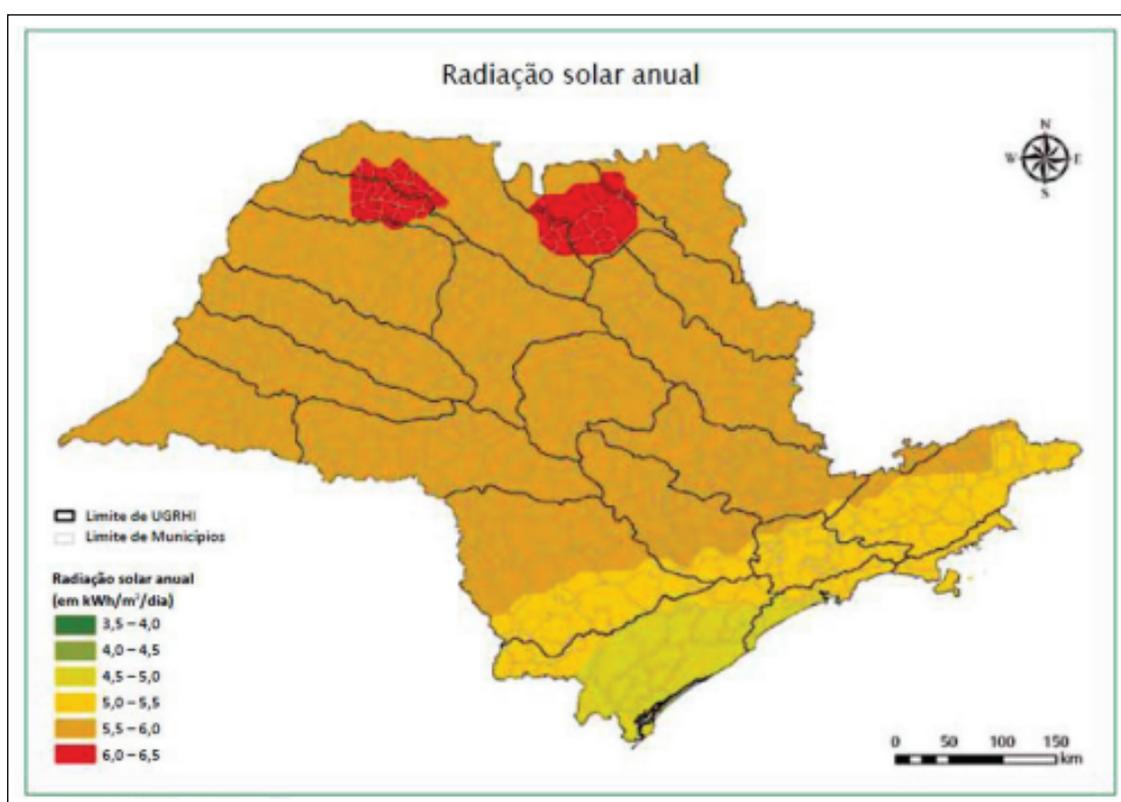
Outro fator a ser considerado antes da instalação do sistema fotovoltaico é o consumo, pois o mesmo se torna inviável para consumidores que estão no limiar do consumo mínimo obrigatório, uma vez que a tarifa mínima deverá continuar sendo paga (Carção, 2011). Um fator importante é a tarifa mínima de energia, ou seja, o valor cobrado pelas distribuidoras para todos os consumidores (conforme região), valor também cobrado dos consumidores que possuem com sistemas fotovoltaicos *on-grid*, o qual é cobrado para cobrir custos de infraestrutura (Blue Sol, 2021).

Ao final é considerável o resultado que pode ser obtido pelo consumidor com a adoção de energia solar, pois o custo desta energia é 76% mais barata em relação à energia produzida pelas usinas hidrelétricas (Boso, Gabriel, & Gabriel Filho, 2015). Conforme dados o retorno do investimento para o consumidor será gerado em aproximadamente 05 anos. Esta análise foi feita com base na variação nos custos do investimento e a incidência solar dos estados brasileiros, considerando que os valores de imposto e com as taxas de incidência solar de cada estado, calculando assim a média do *pay back*, ou seja, quanto tempo o consumidor leva para ter o retorno do montante investido, resultando em Belém um retorno financeiro sendo alcançado em 5,17 anos, Fortaleza com 5,18 anos, Rio de Janeiro com 5,2 anos, e São Paulo com 6,7 anos (Nascimento, 2017).

É importante salientar que a utilização de energia fotovoltaica apresenta um crescimento lento, porém considerável no Brasil. Observa-se que, como esperado, as regiões mais povoadas, ou seja, com mais pessoas apresentam maior potencial de geração, devido naturalmente ao maior número de unidades consumidoras. Destaca-se que o potencial brasileiro para gerar energia fotovoltaica é mais de duas vezes o consumo do país (Bühler, dos Santos & Gabe, 2018). Um exemplo de mercado de energia solar no Brasil é São Paulo, segundo o Plano Paulista de Energia (PPE), o Estado de São Paulo apresenta potencial para seguir com investimentos em energia solar, com base em sua capacidade efetiva de geração de energia, que equivale a 512 TWh/ano - quantidade de radiação solar (PPE, 2020), potencial esse que pode ser explorado em multiplicação de painéis solares em residências, fachadas e telhados de edifícios ou com a instalação de fazendas de energia solar. Em contraponto, ainda de acordo com o Balanço Energético Nacional a cidade de SP gera apenas 1% da energia que consome, necessitando importar energia de cidades próximas para preencher o quadro energético, o que corrobora com a

pesquisa nacional realizada em 2015 aponta que somente 1,1% das casas e apartamentos no Brasil utilizam os sistemas de energia solar no Brasil (Ecosynex, 2020).

É válido ressaltar que embora a cidade de São Paulo possua alto índice de poluição, possui também potencial solar conforme **figura 07**, contudo pouco aproveitado, pesquisas indicam que até 2019 apenas 278 kWh dos 66.495 kWh gerados na cidade eram advindos de fonte fotovoltaica (BEESP, 2019). Ressalta-se que a micro e minigeração distribuída de SP teve 14,5 mil unidades instaladas (117,4 MW de potência instalada), conforme Balanço Energético do Estado de SP (BEESP, 2019).



**Figura 07:** Mapa da radiação solar anual no estado de São Paulo. Fonte: INPE, 2019.

Também há de se considerar no panorama de geração de energia “novas vias” de uso de energia solar no mercado brasileiro como mecanismos de compartilhamento de energia, onde 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, não se trata de uma inovação, mas sim do uso de painéis solares em larga escala, que auxiliam os consumidores que gostariam de gerar energia elétrica, mas esbarram em dificuldades como o custo dos equipamentos

ou local para instalar as placas solares (Canal Bioenergia, 2018). Pesquisas mostram que 90% das pessoas gostariam de gerar a própria energia elétrica com sistema em suas casas e empresas, e pensando nesses consumidores a ANEEL criou a geração compartilhada, que possibilita a interessados que possam se unir em consórcio ou cooperativa, a fim de instalar sistemas e utilizar a energia gerada para reduzir as faturas de energia.

Um sinal do uso desta tendência é a empresa ePOP, subsidiária do Grupo Pacto Energia, sediada em São Paulo, com a ideia do compartilhamento de energia solar a fim de atender o consumidor que não tem recursos financeiros, ou não dispõe de local de instalação. Funciona por meio da conexão de uma unidade consumidora a uma usina solar, após o fornecimento a distribuidora reconhece a energia recebida e deduz o valor na fatura da unidade consumidora. A plataforma está disponível atualmente apenas para cooperados do estado de Minas Gerais, e cobra um valor fixo, conforme informado no site da empresa (Canal de Energia, 2019).

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 referente a fonte solar fotovoltaica temos 4.764 GWh e 4.635 MW de geração e potência instalada respectivamente (Relatório BEN, 2021). Cenário que sofreu impacto de adesão positivo devido a termos financeiros dos consumidores do país durante a pandemia da Covid -19, pois a pandemia levou a uma revisão dos modos de produção em geral em todo o mundo, e a energia solar é uma fonte de energia mais barata, que busca um consumo consciente atrelado à sustentabilidade (Durão, Torres, Fernandes & Marques Lameirinhas, 2020). Devido a esses fatores ela pode ser considerada inclusive na recuperação da economia brasileira, a exemplo das crises de 2015 e 2016, época que obteve crescimento de 104% e 125%, contribuindo para o reaquecimento econômico (Portal Solar, 2020).

Outro benefício do setor de energia renovável são os inúmeros empregos que esta indústria gera nas seguintes áreas: desenvolvimento de projetos, fabricação, instalação, vendas, distribuição e outros. Benefício esse expresso por meio de números como o de 9,8 milhões de empregos em todo o mundo em 2016 gerados pela indústria de energia renovável, conforme a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, 2017).

Outra oportunidade de desenvolvimento deste mercado é a disponibilidade de riquezas naturais como grandes jazidas de quartzo de boa qualidade, assim como de um parque industrial que extrai e beneficia esse mineral, o qual transformado torna-se silício que é matéria prima para os painéis fotovoltaicos (Rella, 2017). A partir de riquezas minerais tem-se o tema de meio ambiente e sustentabilidade, portanto é válido dado a importância e relação com as energias renováveis a análise sobre a sustentabilidade na geração da energia elétrica.

## **2.2 SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Todo desenvolvimento deve considerar o tripé da sustentabilidade, esse envolve aspectos como o Social, Ambiental e o Econômico, a fim de interagir harmonicamente e garantir a integridade do planeta e da sociedade durante o desenvolvimento econômico (Paz, 2015). Partindo dessa premissa a correlação da sustentabilidade na geração de energia elétrica pode partir inicialmente da análise referente ao âmbito social, pois o desenvolvimento de uma sociedade economicamente sustentável está interligado às matrizes energéticas bem estruturadas, que podem proporcionar mais dignidade e reduzir às desigualdades sociais. Entretanto, a dificuldade no acesso à eletricidade no mundo é uma condição que ainda se faz presente atualmente. Conforme a conjuntura contemplada no relatório do Banco Mundial, 10% da população mundial, cerca de 840 milhões de pessoas, não possuem em suas casas energia elétrica (da Silva, 2021). O desafio quanto ao acesso à energia no Brasil representa uma amostra de 990.103 pessoas que vivem em residências sem energia elétrica na região amazônica, situação que engloba locais situados nos estados do Tocantins, Acre, Pará, Amapá, Mato Grosso, Amazonas, Rondônia, Mato Grosso, Roraima, Pará e parte do Maranhão (Amazonas Atual, 2019).

Pelo ponto de vista do desenvolvimento humano, estes cidadãos estão em situação desfavorável, pois não têm acesso à educação de qualidade, também a comunicação, e inclusive a oportunidade de melhorar sua produção agroextrativista, devido à falta de energia elétrica. Para os estados brasileiros nos quais não há como a eletricidade ser fornecida aos cidadãos pelo sistema SIN, é necessária uma política pública que traga uma opção rápida e menos custosa para esses cidadãos. Todavia, a falta de acesso à energia é uma preocupação de contexto social, assim como os efeitos da não utilização dessa energia no cotidiano das pessoas. Dentro dessa perspectiva, é preciso analisar os aspectos

do cotidiano que abrangem os espaços, os hábitos e práticas sociais impactadas, e as transformações sociais das quais essa população é privada (Velloso, 2002).

Portanto, considerando à necessidade da geração de energia elétrica como primordial para o desenvolvimento humano para todas as pessoas, atrelada ao objetivo de desenvolvimento de soluções limpas voltadas para o acesso à energia, a energia solar se faz uma opção (ECOIA, 2021). O governo brasileiro por meio do MME desenvolve projetos a fim de atender às necessidades de energia elétrica para áreas remotas, porém, em sua maioria os projetos têm como objetivo segmentos como iluminação pública, e sistemas para uso coletivo como o Programa Luz para Todos - LpT (Camargo, Ribeiro, & Guerra, 2008). Em complemento é válido citar que conforme dados governamentais as regiões Norte e Nordeste lideram o programa Luz para Todos (programa que leva energia elétrica para regiões sem acesso à energia), em 2021 o programa realizou 28 mil novas ligações e atendendo 111 mil pessoas, porém esse número teve uma redução de 37,9% em relação a 2020 (EPE, 2022).

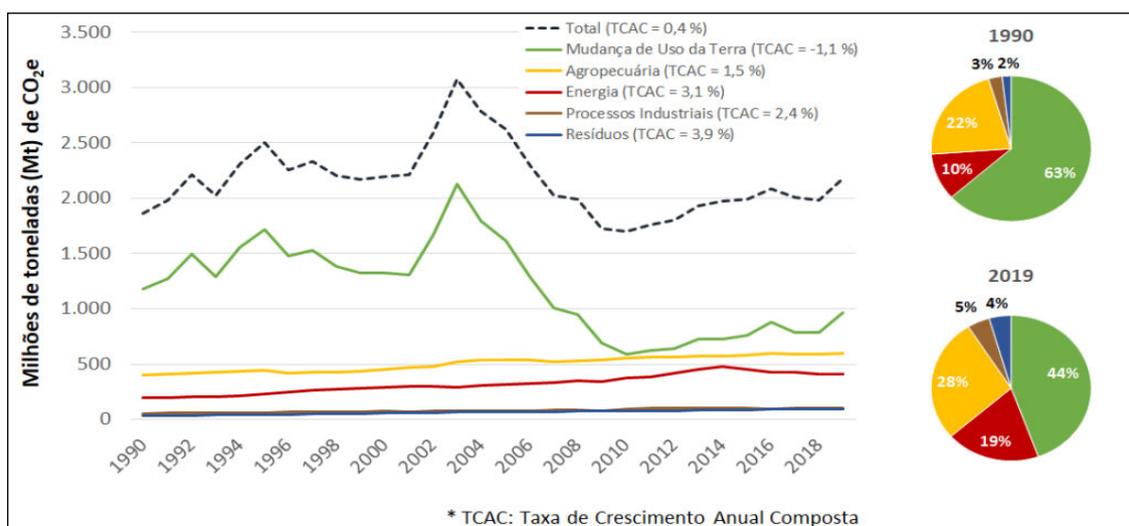
Existem também programas de subsídios do governo para o uso da energia solar fotovoltaica por meio da isenção de impostos e taxas (Solstar, 2021), mas eles não atendem a muitos cidadãos devido ao alto custo do sistema de energia solar fotovoltaica para a população em geral. Ademais do exposto quanto à necessidade de acesso à energia elétrica para áreas remotas não atendidas pela via tradicional de transmissão de energia elétrica, no Brasil existem exemplos assertivos como um projeto desenvolvido na Amazônia, em uma comunidade ribeirinha de Santa Helena do Inglês, a qual foi beneficiada com um sistema de captação solar, favorecendo a 32 famílias, cerca de 100 pessoas, por meio do programa “Sempre Luz”, que tem como objetivo levar energia limpa a coletivos indígenas e ribeirinhos (Portal Solar, 2021).

O acesso à energia elétrica além de ser um fator social, segundo pelo tripé da sustentabilidade, também é um fator ambiental no âmbito da geração de energia. Tendo em vista a matriz elétrica brasileira altamente dependente das hidrelétricas (Santos, Mendes, Bortolini, & Copatti, 2012), há o impacto ambiental causado pelas grandes áreas alagadas para a construção, e necessidade de construção de extensas linhas de transmissão para possibilitar o consumo desta energia, as quais também geram danos ambientais (Shayani, Oliveira, & Camargo, 2006). Deve-se analisar também a emissão de gases de

efeito estufa devido à utilização das térmicas locais a óleo diesel, assim como o impacto do descarte do combustível de forma não sustentável, pois geralmente é despejado em rios ou na terra próxima às casas que utilizam esse meio por não terem acesso à energia por meio da rede de distribuição (WWF-Brasil, 2021).

Ainda quanto à emissão de gases de efeito estufa, do ponto de vista ambiental no âmbito da geração de energia, levantamentos apontam que a geração de energia foi responsável, em 2014, por 60% da emissão dos GEE no mundo. O Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (2007) concluiu que para estabilizar a concentração de gases emitidos será necessária até 2030 uma redução da mesma ordem de consumo em relação à década de 90. Isso significaria uma necessidade iminente de reformulação das formas de produção e infraestrutura de energia no planeta (Dutra & Marques, 2014).

Conforme dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) o Brasil emitiu 2,2 bilhões de toneladas de gases de efeito estufa (GEE) em 2019, sendo que o setor de energia foi responsável por 19% dessas emissões. Dentre as emissões brutas brasileiras de GEE se analisado o período de 1990 a 2019 o setor de energia teve emissões elevadas, passando de 10% em 1990 para 19% de emissões em 2019, conforme **figura 08** (IEMA, 2020). Em complemento, de acordo com o relatório do SEEG, em 2016, a geração elétrica foi responsável pela emissão de 423,5 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2e</sub>). Já de acordo com estimativa da FIEB o importante benefício da participação do setor de energia solar na matriz elétrica brasileira evitou a emissão de mais de 27,8 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, e esse volume deve ser ampliado (FIEB, 2022).



**Figura 08:** Emissões brutas brasileiras de GEE por setor (1990-2019). Fonte: IEMA, 2020.

Portanto, o acesso à energia por meio de fontes renováveis é uma premissa atrelada ao conceito de sustentabilidade desde os aspectos sociais até os ambientais. Seguindo nesse objetivo, de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2020) houve um aumento da participação das fontes renováveis, que passou de 44,8% em 2010 para 46,3% em 2020, o que manteve, até então, o Brasil como referência tendo a matriz mais limpa no mundo o que é de suma importância para um desenvolvimento sustentável (Tolmasquim, 2012).

Atrelado ao intuito de geração de energia de fonte renovável e que atinja propósitos sociais, como o acesso à energia em locais remotos, a energia solar fotovoltaica aparece como uma opção viável e de baixo carbono (SENAI, 2021). Sendo que a vantagem é a geração de energia sem emitir poluentes, descarbonizando o processo e oferecendo energia limpa e sustentável (Levi, Green, Hishikawa, Dunlop, Hohl-Ebinger & Ho-Baillie, 2017). Porém, deve-se considerar que fontes renováveis para gerar eletricidade não poluente são intermitentes, como a luz solar e os ventos, assim como deve-se analisar as tecnologias de energia limpa quanto a eficácia se comparadas a alguns tipos de geração por fontes poluentes, como é o caso das usinas nucleares, cuja produção é maior do que centenas de usinas solares, portanto, o estudo quanto às tecnologias disponíveis se faz necessário.

### 3. METODOLOGIA

Este capítulo mostra os procedimentos metodológicos presentes no estudo, contemplando o tipo de pesquisa, assim como a etapa de coleta e a análise de dados.

#### 3.1 Delineamento da pesquisa

A pesquisa seguiu a abordagem qualitativa. Neste estudo é possível identificar a procedência das informações e a relação dos dados, os quais não necessariamente se atrelam a um documento, mas ao conjunto de documentos analisados, como artigos científicos, dados técnicos, notícias e outros documentos (Poupart, Deslauriers, Groulx, Laperrière, Mayer & Pires, 2008).

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

#### 3.2 Área de estudo da pesquisa

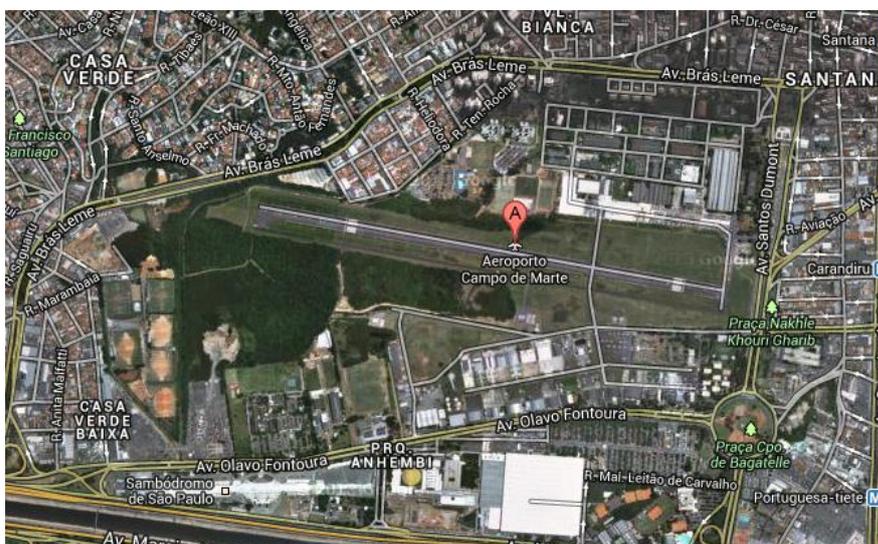
Considerando o delineamento da pesquisa e seus critérios, foi escolhido como estudo de caso a obra de Construção do Colégio Militar de São Paulo (CMSP). Por se tratar de pesquisa única exigiu-se uma investigação cautelosa, a fim de reduzir as chances de erro, por isso a pesquisa procurou obter o maior número de evidências de estudo, com coleta de dados extensa, para subsidiar a pesquisa. A teoria utilizada é importante e geradora de apontamentos valiosos (Yin, 2001), conforme ilustração da **figura 09**.



**Figura 09:** Convergência de várias fontes de evidência em estudo único. Fonte: Yin (2001)

Este estudo incorpora o uso da energia solar fotovoltaica, o qual foi requisitado por procedimentos licitatórios, para contratação de 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 que está localizado na avenida Olavo Fontoura, 1200/1300, São Paulo/SP, nas coordenadas -23.51454134889413, -46.64149620256961 como mostra a **figura 10**.



**Figura 10:** Mapa de localização do CMSP.

### 3.3 Procedimento de coleta de dados

A coleta de dados é a etapa em que se realiza 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* no projeto em questão. As entrevistas e análises de documentos foram realizadas na CRO/2 e *in loco* no CMSP, no período de 2021 a 2022. Conforme Creswell (2017) é importante à inclusão no estudo de coleta de informações por meio de observações de documentos, assim como entrevistas, a fim de promover o estabelecimento do protocolo para o registro das informações.

#### 3.3.1 Análise documental

A análise teórica deu suporte à fundamentação da pesquisa, a qual foi primordial para a análise documental do projeto de implementação do CMSP. Para a análise documental seguiu-se o conceito de Vergara (2006), que diz que o levantamento de dados documentais é crucial na obtenção de informações, para qual se utiliza materiais institucionais, públicos, privados, oficiais ou extraoficiais, a exemplo: regulamentos, normas, leis, projetos de leis, relatórios técnicos.

Este levantamento foi feito junto aos responsáveis técnicos que participaram das entrevistas para este estudo e que pertencem ao quadro militar como equipe de Administração e gerenciamento da obra, ou os elencados da construtora que pertencem ao quadro da empresa, no período deste estudo.

Neste estudo foram analisados os seguintes documentos:

- Projeto Básico
- Termo de justificativas técnicas relevantes e Estudos Técnicos Preliminares;
- Caderno de Especificações Técnicas;
- Planilha Estimativa de Custos;
- Planilha de Composição de BDI;
- Cronograma físico-financeiro;
- Plantas;
- Documentos referentes à responsabilidade técnica

- Materiais institucionais, públicos, privados, oficiais ou extraoficiais, a exemplo: regulamentos, normas, leis, projetos de leis, relatórios técnicos.

Hierarquia das informações: para fins de priorização de possível incompatibilidade de informações disponíveis no projeto básico e outros documentos, fica estabelecida a seguinte hierarquia entre os documentos:

- Orçamento
- Plantas
- Especificação Técnica
- Projeto Básico

### 3.3.2 Entrevistas semiestruturadas

Após pesquisa teórica e com base na análise documental, foram feitas entrevistas para validar e complementar as informações do estudo. Conforme Creswell (2015), os pesquisadores especificamente os qualitativos almejam entender o fenômeno em seu contexto natural, e a utilização de um roteiro semiestruturado permite expandir a coleta de informações, combinando perguntas abertas e fechadas, com questões previamente definidas (Vergara, 2006).

Como premissa para estruturar a pesquisa foi elaborado inicialmente um estudo com base nos objetivos da pesquisa, posteriormente a montagem do roteiro de perguntas para as entrevistas e pôr fim a revisão do material com foco nas informações centrais e secundárias a serem recolhidas (Alegria, Almeida, Aratangy & Victor, 2011).

A pesquisa foi conduzida com a devida autorização do comandante da Comissão Regional de Obras de São Paulo (CRO/2). No **Apêndice 01** consta o termo de autorização para a coleta de dados, formalizada por meio de Declaração de pleno conhecimento das condições necessárias para a realização do estudo.

No **Apêndice 02** está disponível o roteiro de entrevistas semiestruturado, que foi elaborado para auxiliar o entrevistador na obtenção de dados sobre o projeto. O roteiro de entrevista contempla blocos de questões desenvolvido para as entrevistas, somando 30 perguntas, divididas em 02 grupos, a fim de alcançar os objetivos específicos definidos

neste estudo. A estrutura de bloco de questões para a entrevista se baseou em Oliveira (2021), que de forma semelhante a esta pesquisa, nesse estudo se pesquisou um projeto de implementação de energia solar fotovoltaica.

As entrevistas foram realizadas no CMSP e tiveram duração média de 60 minutos. A equipe que compõe o projeto do CMSP é composta por militares engenheiros, arquitetos e técnicos, e por determinação interna não serão citados nomes ou cargos específicos, pois, o resultado da entrevista é um conjunto de respostas dos envolvidos os quais serão preservados, respeitando assim diretriz interna e informações pessoais de cada indivíduo. Sendo assim, o capítulo de levantamento de dados trará uma transcrição do resultado 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.

### **3.4 Análise dos resultados**

A análise foi conduzida por meio de análise de 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). Esses requisitos para análise são essenciais para extrair sentido dos dados dos documentos analisados definidos previamente neste estudo. Para o correto dimensionamento e elaboração foram utilizados os documentos constantes no item de análise documental, assim como descrição do cenário e das pessoas envolvidas.

Proposta de estudo podem incluir processos genéricos que busquem transmitir um sentido das atividades gerais da análise dos dados, Creswell (2015) cita alguns passos que pesquisadores qualitativos podem utilizar para a análise de resultados (Vergara, 2006):

- Passo 01: Organizar e preparar os dados para análise;
- Passo 02: Ler todos os dados obtidos;
- Passo 03: Codificação;
- Passo 04: Descrição detalhada de locais, fatos e entrevistas;
- Passo 05: Prever como a descrição e os temas serão representados na narrativa;

- Passo 06: Interpretação e extração dos significados dos dados obtidos.

Para desenvolvimento do estudo a pesquisadora obteve conhecimento das informações durante as visitas na obra e entrevistas referentes ao objeto do estudo. 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 dos serviços, sem ônus para a Administração ou para a pesquisadora proveniente 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**

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

### **4.1 Planejamento**

#### **4.1.1 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.

#### **4.1.2 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.

A motivação para o desenvolvimento do projeto e construção do CMSP foi o atendimento às diretrizes internas de implementação de medidas de sustentabilidade nos projetos e de economia dos recursos públicos. Dentre as edificações disponíveis, foi selecionado o Ginásio a partir de análises da arquitetura e da sua alocação no terreno, como por sua orientação em relação ao norte geográfico, por ser a edificação mais alta e pela menor propensão a sombreamentos ao longo do ano. Sendo inclusive realizados estudos através do *software PvSyst* referente as sombras.

A partir disso, foi dimensionada a usina para cobrir toda a área útil disponível na cobertura do Ginásio, onde não haverá restrições de impacto no visual e na estética da

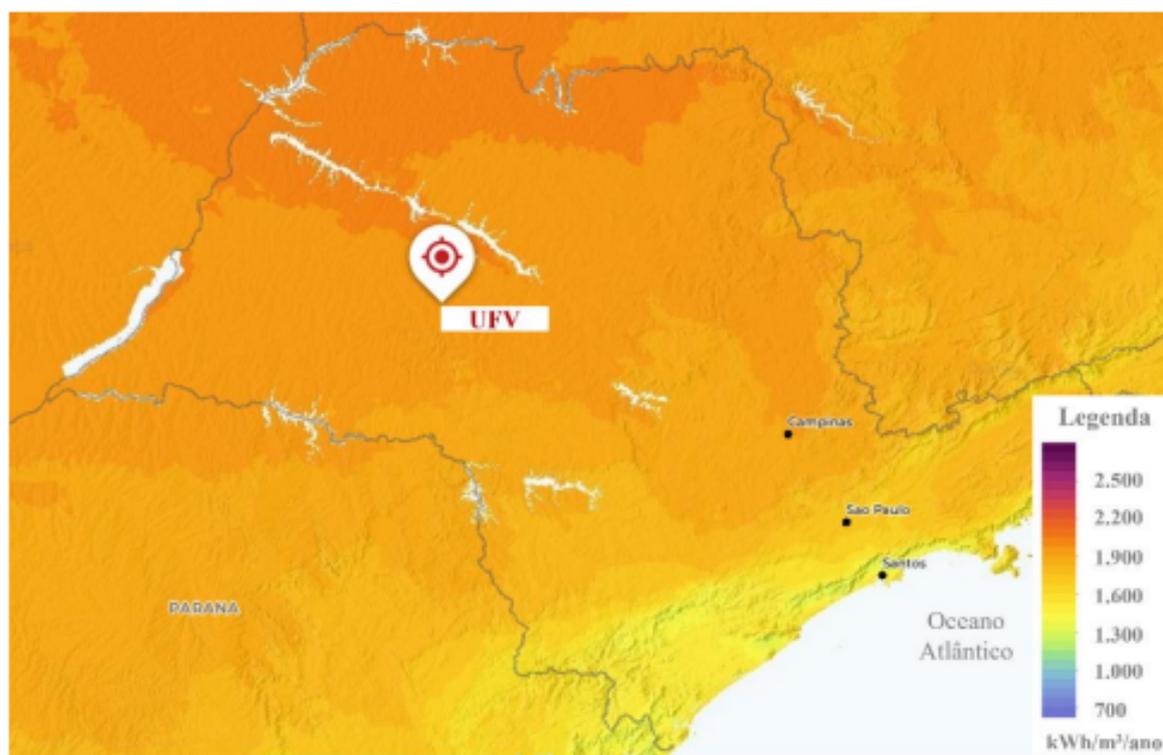
edificação. Sendo escolhido um sistema *on-grid*, pois o colégio terá como fonte de energia principal a rede da concessionária. Caso a produção de energia da usina supere o consumo em algum período, essa energia será injetada na rede, gerando créditos. A entrega energia gerada para a rede de distribuição em média-tensão de 13,8kV para a concessionária de energia. Ainda quanto à rede distribuidora de energia local não fez nenhuma recomendação ou impedimento considerando com 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.

O faseamento dar-se-á, em princípio, em 03 (três) etapas. A primeira contemplando a demolição das edificações existentes (serviço concluído), a segunda contemplando toda a infraestrutura (em fase de construção) e a terceira etapa 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 ginásio, vestiário, cantina, quiosques, complexo de piscinas e vestiário, pista de atletismo, campo de futebol, quadra poliesportiva descoberta, implantação, paisagismo e urbanismo.

### 4.1.3 Viabilidade

Com base na análise da equipe do CMSP o referido projeto básico é considerável viável por diversos aspectos: 1) aspecto social - a implantação de uma nova instituição de ensino de qualidade reconhecida tem a capacidade de impactar positivamente toda uma comunidade; 2) o tipo de serviço e métodos construtivos empregados na construção das edificações não são complexos a ponto de inviabilizar a participação de empresa 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 capacitados; 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 11**, que demonstra o recurso solar disponível do terreno onde a UFV está instalada a usina do CMSP, este local recebe uma média de irradiância solar global no plano horizontal de aproximadamente 6.966,8 MJ/m<sup>2</sup>/ano (1.935,2 kWh/m<sup>2</sup>/ano), dos quais 2.619,5 MJ/m<sup>2</sup>/ano (727,6 kWh/m<sup>2</sup>/ano) provindos da irradiação difusa (Projeto Básico CMSP).



**Figura 11:** Média de energia solar no plano horizontal no estado de São Paulo (kWh/m<sup>2</sup>/ano) e a localização da UFV. Fonte: Projeto Básico CMSP.

#### **4.1.4 Detalhamento executivo**

##### **4.1.4.1 Modelo de execução do projeto de construção do CMSP**

A execução da obra segue a seguinte dinâmica:

- Seis meses para elaboração dos projetos executivos adotando o Modelagem da Informação da Construção (BIM) e com as entregas previstas nos apêndices do Caderno de Encargos e Especificações. A partir da emissão da Ordem de Serviço, a construtora inicia a elaboração dos projetos executivos prioritários (canteiro de obras, arquitetura, fundações e estrutura). Cabe ressaltar que, apesar do prazo total para finalização dos projetos executivos serem de 06 (seis) meses, as entregas parciais prioritárias devem ocorrer de forma a permitir o início das obras no canteiro a partir do terceiro mês.

##### **4.1.4.2 Materiais, equipamentos e serviços:**

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, promovendo sua substituição quando necessário, podendo ser impugnados se forem julgados em desacordo com as características previamente estabelecidas nos documentos que compõem o projeto básico ou com as Normas Técnicas Brasileiras.

A construtora realiza ensaios e testes para análise dos materiais a serem empregados nos serviços, para verificação de conformidade de acordo com as recomendações das Normas Brasileiras. Ao final a construtora disponibiliza cópia dos manuais de manutenção e operação de todos os equipamentos instalados, bem como os catálogos referentes a estes e eventuais laudos técnicos emitidos por órgãos oficiais (Bombeiros, ABNT etc.).

Os serviços e materiais controlados são especificados por meio do Memorial de Especificação de Materiais e de Serviços. As especificações são premissas que constam nos pedidos enviados aos fornecedores, são especificados também os equipamentos a serem locados. A conformidade com o estabelecido no Projeto Básico é verificada por meio de documentos que descrevam 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 observados prestação de serviços

dentro dos parâmetros de quantidade, qualidade e tecnologia apropriadas conforme recomendações aceitas pela boa técnica, normas e legislação.

#### **4.1.4.3 Sustentabilidade do projeto**

Em todas as etapas dos projetos, no desenvolvimento de soluções busca-se o equilíbrio entre a viabilidade econômica da obra, seu atendimento ao objetivo social e a garantia de atendimento aos requisitos ambientais, inclusive análise do licenciamento ambiental de usinas fotovoltaicas (Perazzoli, 2017). Especificam-se as soluções de projeto de forma ambientalmente responsável, primando pela durabilidade, economicidade, eficiência, mitigação do impacto ambiental e estabelecimento de ambientes saudáveis e confortáveis aos ocupantes e usuários do imóvel. A inserção da sustentabilidade nos projetos deverá ser realizada desde a sua concepção, considerando entre outros fatores a localidade da construção e o clima local (considerar a zona bioclimática correspondente), sendo este empreendimento possuidor inclusive de licenciamento ambiental.

O edifício deve atender, em fase de projeto, a todos os índices que garantam 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. A pela metodologia do PROCEL-Edifica, o que deve ser garantido pela contratada por meio de Relatórios Técnicos que comprovem, por meio de textos, cálculos, modelos e outros, o atendimento a todos os requisitos.

Por meio de equipe multidisciplinar se utiliza de simulações computacionais para definir materiais e ratificar critérios de desenho adotados que aproveitem melhor as condicionantes internas e externas do edifício. Em todas as etapas de desenvolvimento dos projetos, sua lista de verificação prescritiva para a edificação deverá contemplar fundamentalmente as seguintes dimensões relacionadas à sustentabilidade da edificação:

- Qualidade ambiental interna e externa;
- Eficiência e economicidade no uso de energia;
- Redução de resíduos;
- Eficiência e economicidade no uso de água;

- Aproveitamento das condições naturais locais;
- Implantação e análise do entorno;
- Redução de resíduos, reciclagem e reutilização;
- Saúde, segurança, conforto e salubridade;
- Uso de materiais e equipamentos sustentáveis;
- Acessibilidade; e
- Inovação.

#### **4.1.4.5 Sustentabilidade executiva da obra**

O Departamento de Engenharia e Construção (DEC), do Exército Brasileiro, por meio da Diretoria de Patrimônio e meio ambiente (DPIMA) elaborou o Inventário Florestal que contempla aspectos relacionados ao Meio Ambiente. Cabe ressaltar que foram considerados os aspectos observados pela Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Todos os impactos ambientais e as respectivas ações mitigadoras / compensatórias estão descritas no documento Termo de Compromisso Ambiental.

Os critérios de sustentabilidade descritos nas especificações do objeto, assim como as obrigações da construção como requisito disposto em lei especial são cumpridos na construção do CMSP inclui-se comprovação de procedência legal de produtos florestais utilizados na execução da obra (CONAMA, Resolução nº 307, de 05 de julho de 2022) a construtora toma medidas para a correta destinação adequada dos resíduos da construção civil originários da obra do CMSP.

#### **4.2 Desenvolvimento do projeto básico CMSP**

Todas as informações contempladas no Projeto Básico foram elaboradas por profissionais legalmente habilitados, inclusive sendo acompanhado do registro de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), apresentam os seguintes elementos:

- O desenvolvimento da solução escolhida;
- As soluções técnicas;
- Os serviços, materiais e equipamentos necessários;
- As informações que possibilitam o estudo e a dedução de métodos construtivos; e
- O orçamento da obra, baseado nos quantitativos.

#### 4.2.1 Plantas

Para elaboração dos projetos para desenvolvimento de todas as etapas e disciplinas, obrigatoriamente foi utilizado à metodologia do *Building Information Modeling - BIM*. Os softwares utilizados: *Infraworks*, *Revit*, *QiBuilder*, *Navisworks*, *AUTOCAD Civil 3D*, *Office* e *Eberick*. Todos os documentos e arquivos gerados (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.

No geral as plantas seguem as normas brasileiras para desenho técnico (ABNT). Esses desenhos são elaborados a fim de facilitar a análise do projeto, e são compostos por plantas baixas, plantas de situação, perspectivas isométricas, cortes e detalhes construtivos, entre outros. Os desenhos e documentos de projeto são emitidos em obediência aos padrões normativos, a partir de soluções desenvolvidas nos anteprojetos constantes no Projeto Básico, no Caderno de Encargos e nas Especificações Técnicas.

Os projetos desenvolvidos formam um conjunto de documentos técnicos compatibilizados, os quais apresentam detalhamento dos elementos construtivos e especificações técnicas, incorporando as alterações exigidas pelas interferências entre os projetos, para a garantia da compreensão da caracterização e de suas especificações técnicas, garantindo o entendimento das informações prestadas, bem como sua correta aplicação na execução da obra. Para isso todos os documentos técnicos foram elaborados por profissionais competentes de acordo com sua especialidade e com a correspondente aos registros de ART/RRT/TRT.

Referente ao Projeto de Instalações Elétricas objeto deste estudo, o desenvolvimento dos projetos contempla levantamentos, avaliações, estudos, cálculos, diagramas, elementos gráficos, memoriais, laudos, desenhos e especificações definindo e disciplinando os seguintes serviços: entrada e distribuição de energia e instalações elétricas de baixa tensão. Sua apresentação é completa, com modelo tridimensional compatibilizado com as demais disciplinas, bem como desenhos necessários à execução, contando com detalhes necessários ao entendimento do executor, além de lista de materiais e especificação técnica de materiais e serviços.

Para todos os ambientes consta o cálculo luminotécnico conforme a destinação do ambiente, assim como a especificação do tipo de circuito nos casos de iluminação, tomada de uso geral e de uso específico. O sistema de distribuição é TN-S a cinco condutores (3F – N – PE). Já para os ambientes críticos, os sistemas de aterramento IT-médico, com previsão de DSI (dispositivo supervisor de isolamento). As tensões disponíveis na rede de alimentação de baixa são de acordo com a concessionária local, tensão de linha 220V e a tensão de fase 127V. Obrigatória à previsão de protetores de surto e dispositivo diferencial residual, assim como o dimensionamento dos circuitos por capacidade e corrente, curto-circuito e queda de tensão máxima admissível.

Diâmetro nominal mínimo para o cabeamento:

- Circuitos de iluminação: 2,5 mm<sup>2</sup>;
- Circuitos de tomadas de uso geral: 2,5 mm<sup>2</sup>;
- Circuitos com potência superior a 3.000W: 6,0mm<sup>2</sup>;
- Circuitos de chuveiros: 6,0mm<sup>2</sup>;
- Circuitos alimentadores de quadro de distribuição: 10,0mm<sup>2</sup>.

Quanto aos circuitos de iluminação, tomadas, chuveiros elétricos e equipamentos com potência superior a 3.000W deverão ser individualizados desde o quadro de distribuição que o alimenta. A infraestrutura para a devida passagem dos cabos e instalação das tomadas, interruptores, quadros e demais equipamentos de elétrica deverá ser toda aparente, composta de eletrocalhas, perfilados e eletrodutos metálicos em aço galvanizado. Apenas nas seguintes áreas e locais, deverão ser consideradas instalações embutidas: áreas molhadas, como cozinha e banheiros, e consultórios médicos. Deve-se considerar a ortogonalidade dos condutos, de modo a obter o máximo de simetria e estética possível. Em todas as mudanças de direção, confluências ou derivações de eletrodutos metálicos são utilizados condutes metálicos, os quais constam no modelo, nos desenhos e na lista de materiais. O dimensionamento das eletrocalhas, perfilados e eletrodutos obedece à taxa de ocupação máxima de 40%, sendo que o diâmetro mínimo para os eletrodutos deverá ser  $\frac{3}{4}$  de  $\frac{3}{4}$ ", enquanto, para eletrocalhas, é de 50x50mm.

Todos os circuitos são tubulados, não sendo permitida sua passagem em locais que não sejam eletrocalhas, perfilados, eletrodutos ou caixas de passagem. Possuem fio terra independente do condutor neutro, e todas as peças que contenham partes metálicas

deverão ser aterradas. A equipe responsável ressalta que ao projetar as instalações elétricas das edificações, buscou-se sempre que possível, uma alternativa que ofereça um melhor custo-benefício para a execução desse projeto. O projeto das instalações elétricas obedece às práticas do Manual de Obras Públicas – Edificações, volume Projetos (SEAP) e normas ABNT vigentes.

#### **4.2.2 Requisitos de desempenho do projeto**

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 quantitativo 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 estudos e projetos foram desenvolvidos de forma harmônica, constituindo exigências do projeto e os seguintes requisitos de desempenho, concordantes entre si:

- a. **Sustentabilidade:** O projeto preza por um ambiente corporativo sustentável. Nesse sentido foram avaliadas alternativas para o uso eficiente de energia, o uso de materiais de menor impacto ambiental, que provejam facilidade de reciclagem, preferencialmente segundo os conceitos de economia circular. Tais soluções devem fornecer um ótimo nível de desempenho no termo energético e conforto ambiental (térmico, luminoso, acústico, visual, tátil e de mobilidade) ao usuário, comprovados segundo os critérios dos itens específicos a eles relacionados.
- b. **Produtividade e economicidade:** O projeto leva em consideração o bem-estar físico e psicológico dos indivíduos, assim como considera como requisito a economia na execução, conservação e operação das edificações, conforme preconiza a Lei nº 8.666/93;
- c. **Funcionalidade, operação e manutenção:** O projeto considera como requisitos a funcionalidade, a habitabilidade e o interesse público, em consonância com a Lei nº 8.666/1993, e foram adotadas soluções para facilitar a operação e manutenção dos componentes e sistemas do CMSP;

- d. Segurança e acessibilidade: O projeto contempla soluções para segurança no uso e na operação do edifício, e atende a ABNT NBR 9050:2015 quanto a acessibilidade;
- e. Durabilidade e vida útil dos sistemas: contempla soluções para aproveitamento do edifício e de seus sistemas durante a vida útil de projeto da edificação;

#### **4.2.3 Orçamento**

Da estimativa de preço e preços referencias: O custo estimado da obra é o previsto no valor global máximo constante no processo licitatório da obra. Este valor foi obtido a partir dos quantitativos e das composições de custo previstos no projeto básico. A forma utilizada, sempre que possível, são composições de custo unitários do SINAPI e do SICRO. Os sistemas de referência de custos da PINI, do informativo SBC, CPOS, ORSE, FDE e SCO, foram adaptados em casos de indisponibilidade dos serviços nos sistemas SINAPI e SICRO, incorporando-se às suas composições do SINAPI e SICRO, quando disponível. As composições adaptadas tiveram como base composições de custo unitário de banco de preço de referência no mercado. Os preços de insumos, que não existiam em nenhum banco de preço de referência, foram obtidos por meio de cotações. Os preços de insumos que não foram encontrados em banco de preço de referência e não tiveram resposta de pedido de cotação de fornecedores foram obtidos a partir de contratações similares realizadas anteriormente. Diante dos argumentos supramencionados foi realizada a contratação de empresa especializada para a Obra de construção do Colégio Militar de São Paulo – CMSP, com contratação de Projetos Executivos em BIM.

O orçamento da obra inclui o detalhamento do preço global, com o detalhamento quanto a descrição, quantidades e custos unitários, inclusive as composições de custos unitários, primordiais para à execução da obra. O orçamento que contempla duas planilhas, primeiramente a planilha sintética (contempla o custo unitário e o quantitativo de cada serviço, que acrescido do valor percentual do Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), tem-se o preço global de referência da obra), a outra planilha é a analítica que descreve as composições de custo unitário de cada serviço inserido na planilha sintética.

Por fim, a ART referente as planilhas orçamentárias constam no projeto que integra o edital de licitação. Na licitação para a contratação da obra do CMSP, foram juntadas planilha estimativa de custos do Projeto Básico. Quanto ao orçamento foi utilizado o programa ORÇAFASCIO que utiliza os insumos e composições do Sistema

Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Foi utilizado o banco de dados SINAPI, mês de referência de fevereiro de 2022. O fornecimento de alguns itens constantes na planilha orçamentária, configura ao contratado como mero intermediador para o fornecimento do item. Eles podem ser dissociados do restante da obra, apesar de estarem dentro de seu escopo, e apresentam valor significativo dentro do contrato. Os orçamentistas responsáveis declaram a viabilidade técnica de execução da obra e compatibilidade entre os sistemas descritos no orçamento conforme Declaração do orçamentista.

Nas obras e serviços de engenharia, os regimes mais utilizados são as empreitadas por preço global ou por preço unitário. Considerando que a escolha entre os regimes de empreitada terá impacto significativo no curso da execução da obra, para a obra do CMSP foi adotado o regime de execução empreitada por preço unitário, de acordo com as diretrizes acima e as seguintes considerações: A elaboração dos projetos, que compõem o edital, permitiu que a equipe técnica confeccionasse uma planilha orçamentária com nível de detalhamento dos serviços que possibilita certa margem de erro nos quantitativos. Dessa forma, constatou-se a motivação e justificativa para a opção do regime de empreitada por preço unitário.

É importante ressaltar que as documentações referentes às exigências jurídicas, regularidade fiscal, regularidade trabalhista são as de praxe para a generalidade dos objetos, conforme descrito no edital licitatório da contratação da construção do CMSP, assim como os critérios de qualificação econômica, e por não se enquadrarem no objeto desta pesquisa não foram alvo de estudo. Dos recursos orçamentários para as despesas decorrentes da presente contratação correrão à conta de recursos específicos consignados no Orçamento Geral da União deste exercício, na dotação de fonte de recursos do Departamento de Engenharia de Construção. Trata-se de obra, contratado mediante licitação, na modalidade concorrência. 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 mais recursos específicos para a construção do Colégio Militar de São Paulo. O documento supracitado tem a finalidade de estabelecer o planejamento do Exército Brasileiro em relação às obras a serem realizadas em cada ano.

#### **4.2.4 Memoriais**

O Memorial Descritivo contém a data de sua realização e a descrição geral do projeto específico, de suas partes constitutivas e de sua inter-relação com os demais projetos específicos. Descritos os serviços a serem executados, os materiais a serem empregados, os processos construtivos a serem adotados, além das instalações especiais exigidas e das obras de infraestrutura e complementares necessárias. A descrição geral do projeto é dividida por tipos, relacionando todas as descrições aos desenhos (números, códigos etc.) e indicando as normas que embasaram o projeto.

O Memorial Justificativo contém as especificações técnicas apresentadas e indica as razões para as soluções adotadas, com informações sobre a conformidade do projeto específico com as definições pré-estabelecidas. Apresentar razões para a adoção dos programas e estilos escolhidos, relacionamento da obra específica com fatores condicionantes (do terreno, por exemplo), e outras justificativas julgadas pertinentes. A justificativa para a elaboração dos projetos descrita neste estudo é advinda do Memorial Descritivo.

#### **4.2.5 Especificação Técnica**

As especificações são subdivididas pelos tipos de projeto e por itens, apresentam todas as características dos serviços, materiais e equipamentos. Quanto aos materiais e equipamentos, são citadas as normas de referência, assim como o padrão de qualidade, critérios e testes obrigatórios quando aplicáveis para recebimento e aceitação. As especificações atendem às normas aplicáveis e sua elaboração garante a completa correspondência as informações contidas nos demais documentos do projeto. Em especial, inteirar-se das 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).

A escolha dos materiais leva em conta condições ambientais, de manutenção e de conservação. Além das diretrizes gerais citadas, são considerados (as):

- a. Técnicas construtivas, materiais e mão de obra locais;
- b. Aspectos econômicos quanto aos custos iniciais e de manutenção.
- c. Condições econômicas da região;
- d. Características funcionais e de representatividade dos espaços da edificação;

- e. Exigências humanas relativas ao uso dos materiais;
- f. Condições climáticas locais e exigências humanas relativas ao conforto térmico, acústico e à iluminação natural;
- g. Facilidade de conservação e manutenção dos materiais escolhidos;
- h. Durabilidade do material empregado; e
- i. Desempenho adequado quanto ao tipo de utilização no ambiente;

As especificações de serviços consideram:

- a. Materiais utilizados;
- b. Modo de preparo;
- c. Acabamento superficial;
- d. Padrão, final referido a um desempenho técnico; e
- e. Disponibilidade de mão de obra.

As especificações técnicas seguem padrão conforme modelos do Sistema de Obras Militares. 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.

#### **4.2.6 Premissas da execução do serviço**

A elaboração do planejamento físico do empreendimento, é feito 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. Portanto os serviços que influem na qualidade das obras são executados sob condições controladas, e asseguradas da seguinte forma:

- São identificados os serviços a serem controlados com base nas respectivas normas técnicas de execução de serviços existentes;
- Assegura-se que os fornecedores contratados estejam capacitados para executar os serviços;
- Uso de equipamentos e condições de trabalho adequados à produção;

- Conformidade com a legislação e normas técnicas aplicáveis e com os procedimentos documentados evidenciada pelas inspeções realizadas durante a produção.

A equipe que realiza o controle na obra monitora constantemente o atendimento dos requisitos e dos contratos de serviços agindo para que o serviço só seja validado mediante o cumprimento de todos os itens de inspeção. As inspeções dos serviços são realizadas em fases consideradas críticas/essenciais para o prosseguimento das etapas de produção. 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. Após o término dos serviços de obras (ou parte deles) é necessário garantir a manutenção das suas condições, evitando danos ou deterioração.

A partir do controle dos serviços os indicadores e desempenho de planejamento são analisados continuamente, gerenciando-se os desvios de prazos e custos em caráter preventivo pela possibilidade que o sistema de informações da empresa permite de analisar tendências. O sistema de planejamento utiliza-se do software Primavera / Oracle que permite analisar tendências a partir de desvios detectados e tomar decisões de correção em tempo hábil. Uma equipe de engenheiros e técnicos de planejamento ligados à gerência da obra acompanha diária e semanalmente o que é realizado nas obras em relação ao que é planejado.

Além do planejamento físico (de atividades e serviços), também é desenvolvido controle dos seguintes itens:

- organização: organograma da obra e responsabilidades (incluindo projetistas e demais intervenientes, quando aplicável);
- cronograma: planejamento físico da obra (cronograma geral no início do empreendimento);
- objetivos da qualidade para a obra;
- aspectos específicos da obra que afetam a qualidade (segundo as definições do contrato);
- fatores críticos da qualidade para a obra e medidas preventivas;

- procedimentos aplicáveis: de processos, relação de materiais e serviços de execução controlados e respectivos documentos aplicáveis à obra, ensaios tecnológicos e programa de treinamentos específicos da obra;

- controle de manutenção de equipamentos em conjunto com a área de segurança no trabalho;

- planejamento de ensaios a realizar ou a exigir de fornecedores;

- planejamento da segurança no trabalho: aplicação das Normas Regulamentadoras para a obra;

- planejamento do canteiro: projeto do canteiro de obras;

- outros elementos possíveis: diário de obra, acompanhamento, fotos, webcam, objetivos específicos ou requisitos da obra, quando necessários.

Ademais a obra tem na equipe um técnico de segurança no trabalho que segue as diretrizes documentadas definidas por procedimentos de segurança, o impacto da obra sobre a vizinhança é controlado desde o início com a contratação de um laudo de vizinhança que identifica as condições dos edifícios vizinhos antes do início das obras quando existem edifícios a uma distância que possa determinar impacto da obra sobre edifícios existentes. No decorrer das obras o fluxo de carga e descarga, as proteções a transeuntes, a limpeza de calçadas são atividades de gestão da obra quanto ao impacto para a vizinhança, tomadas a partir do planejamento.

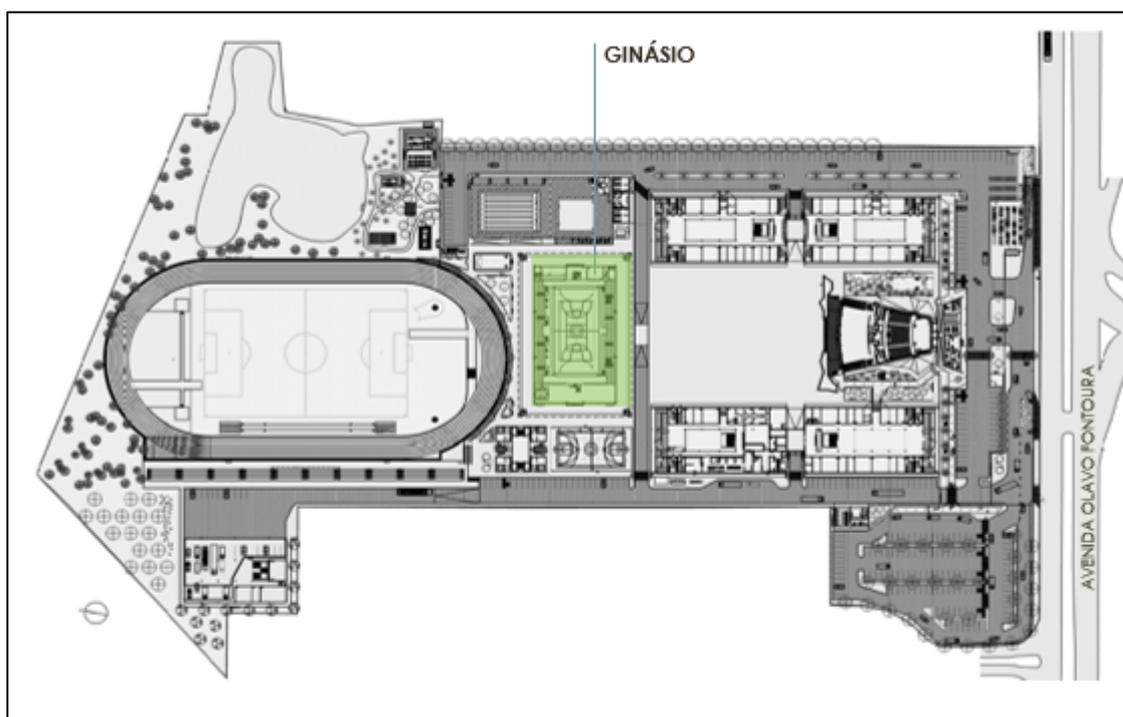
A entrega da obra pode ser feita integralmente com toda a área construída do escopo contratado ou por entregas parciais com áreas específicas sendo entregues antes do término do todo do contrato, conforme a viabilidade técnica demonstrada na fase de análise crítica. O procedimento de entrega da obra prevê uma vistoria interna por parte de equipe da Administração incluindo profissionais que não façam parte da equipe daquela obra a partir da qual se façam eventuais ações corretivas antes da entrega. Um checklist de vistoria deve ser feito, ao final deve ser entregue o Manual de Uso e Manutenção que deve ser acompanhado dos manuais de equipamentos instalados segundo o escopo de contrato.

## 5. RESULTADOS

O presente estudo de caso referente ao projeto de sistema solar fotovoltaico do CMSP conforme **figuras 12 e 13**, 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 de materiais, assim como o custo e tempo necessário para execução do CMSP. Sendo elaborado dessa forma a minimizar ou evitar alterações e adequações durante a elaboração do projeto executivo e execução, salvo fatos supervenientes, que descaracterizem o objeto, ainda que em parte, ou que implique imprecisão orçamentária não prevista na jurisprudência pertinente.



**Figura 12:** Ilustração do colégio CMSP. Fonte: CRO/2 (2022).



**Figura 13:** Planta de situação CMSP. Fonte: CRO/2 (2022).

Em função do presente projeto básico é possível realizar uma projeção do futuro sistema solar fotovoltaico, cujo projeto foi iniciado em 2020 e sua construção será concluída em Maio de 2024, com a previsão de custo do sistema solar fotovoltaico de aproximadamente R\$1.570.000,00. O conjunto de documentos que compõem o projeto básico são as plantas, memorial de especificações técnicas e orçamento, que constituem elementos suficientes para caracterizar a obra ou serviço a ser executado e 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 elaboração, planejamento para cada etapa e especialidade do

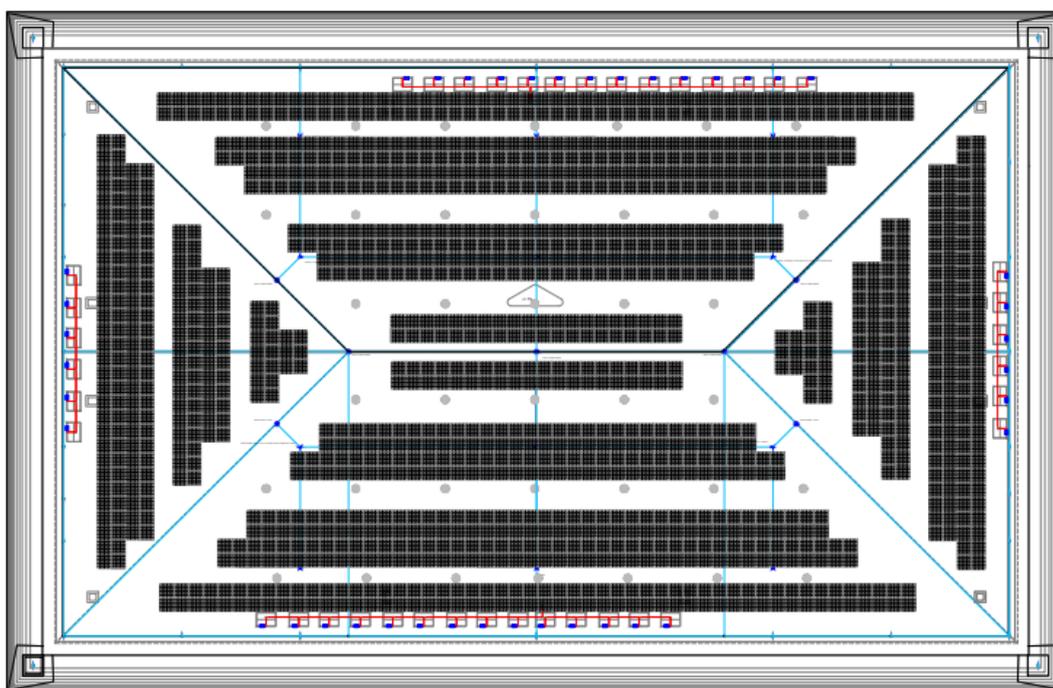
projeto, tais como visita ao local da obra, levantamento das necessidades, e análises de sustentabilidade das soluções.

### 5.1. Características do projeto

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

#### 5.1.1. Energia solar fotovoltaica

Os critérios de escolha dos 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 14**.



**Figura 14:** 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, o que permite que a energia não consumida seja repassada a rede e transformada em créditos para a unidade provedora. Ao todo, estão em operação 640 painéis fotovoltaicos, com potência do sistema de 450kWp cada, estimativa de produção de energia de 330,3MWh/ano, ao final a usina FV contribuirá com uma economia de energia 14,4%. Quanto à média de energia gerada e a estimativa dos valores de consumos mensais que pode ser suprido através do sistema, à previsão é de gerar mensalmente 27,5MWh, equivalente a uma economia mensal de aproximadamente R\$ 9.900,00, considerando a tarifa atual de energia (TUSD +TE) para a modalidade tarifária verde para consumidores A4. O percentual de perda de geração ao ano estimado devido à perda de qualidade dos módulos é de -0,3%.

Os principais critérios de escolha dos painéis foram à disponibilidade no mercado, a tecnologia, potência, dimensões e peso. Importante destacar que os painéis são agrupados em módulos fotovoltaicos compostos por séries paralelas de painéis conforme **figura 14**, protegido por um fusível localizado na caixa de junção. As caixas de junção 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 4.00mm<sup>2</sup> com conector MC4 ou compatível
- Potência mínima por módulo: 450 Wp ou superior, em condições padrões de teste ou STC, com irradiância de 1000W/m<sup>2</sup> e temperatura de 25°C.
- Classificação de aplicação: Classe A

Para desenvolvimento do projeto com os modelos adotados na usina foram utilizadas como referência as normas técnicas brasileiras e da concessionária local.

- ABNT NBR 5410:2008 - Instalações elétricas de baixa tensão (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008).

- ABNT NBR 16274:2014 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014).

- ABNT NBR 16149:2013 - Sistemas fotovoltaicos (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

- Resolução Normativa N° 482 - Acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2012).

- Resolução Normativa n° 1.000/2021 estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica (ANEEL, 2022).

- PRODIST (Procedimento de Distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional) Módulo 03 seção 3.7 R.06 - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. Anexo Resolução Normativa N° 956, (ANEEL, 2021).

- Portaria N° 004/2016 - Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica - com atualização das portarias 357, 271 e 17 (INMETRO, 2016).

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 fotovoltaicos sobre a cobertura, assim como inversores e componentes que compõem a instalação;
- Projeto com detalhamento das bases de fixação dos módulos fotovoltaicos, indicando 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; conexão 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 percurso dos alimentadores em CA até Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) – indicando o encaminhamento, dimensionamento de infraestrutura, passagens entre lajes, desvios de infraestrutura existente;

- 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;

Importante ressaltar 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 requer 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% nos anos, análise importante pois a literatura já estuda a degradação da eficiência que abrange o impacto da poeira no uso da energia solar (Sarver, Al-Qaraghuli, & Kazmerski, 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, gastos com manutenções corretivas e preventivas, custos com a 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, B Bloco 02 – Rancho, Bloco 03 – EF, Bloco 04 – EM., 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%.

### **5.1.2 Energia solar térmica**

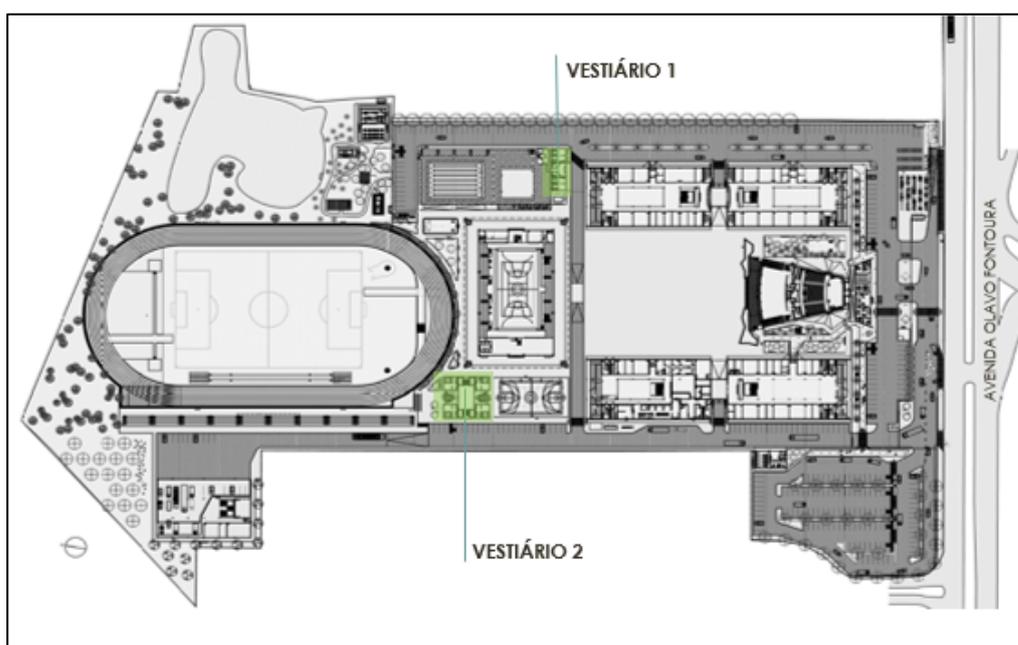
Para o projeto e a instalação do sistema de aquecimento solar de água, foram obedecidas às normas brasileiras e requisitos legais correlatos aplicáveis na sua versão mais atualizada e em vigor, dentre os quais podem ser citados:

- ABNT NBR 15569:2020: Sistema de Aquecimento Solar de água em circuito direto – Projeto de instalação (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020);
- ABNT NBR 5626:2020: Instalação predial de água fria (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020);

- ABNT NBR 7198:1998: Projeto e execução de instalações prediais de água quente (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998).
- ABNT NBR 6123:1998:Forças devidas ao vento em edificações (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998);
- Recomendação normativa ABRAVA RN4: Proteção contra congelamento e coletores solares;
- Orientações apresentadas nos regulamentos técnicos do Ministério da Saúde e da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) referentes à potabilidade da água e aos materiais em contato com a água;
- Na ausência de regulamentos e normas técnicas nacionais, foram seguidas instruções de instituições internacionais independentes reconhecidas como ISO, EN, DIN, IEC entre outras.
- São previstos em projeto materiais que não alterem as propriedades físico-químicas da água e que não promovam o desenvolvimento de colônias de fungos ou bactérias, para que a saúde do usuário não seja afetada.

Para o projeto de energia solar térmica foi adotado sistema de aquecimento solar de água de banho nos vestiários do CMSP. Projeto de aquecimento solar de água, para dimensionamento do sistema, levou-se em conta os seguintes fatores:

- Local da instalação do sistema, conforme **figura 15**.



**Figura 15:** sistema de aquecimento solar de água de banho nos vestiários do CMSP.  
Fonte: CRO/2 (2022).

- Perfil de consumo de água quente (volume, frequência e temperatura);
- Itens de segurança do usuário (ex. válvula misturadora) e de segurança do sistema (ex. vaso de expansão e válvula de segurança);
- Sistema do tipo consumo direto de circulação forçada por bomba hidráulica;
- Arranjo;
- Fração solar;
- Cargas geradas por intempéries;
- Máxima carga de vento suportada pelos componentes do sistema;
- No cálculo da pressão dinâmica, deve-se levar em conta os seguintes fatores:
  - o Local de montagem da instalação solar;
  - o Velocidade do vento atuante no local;
  - o Altura geográfica do terreno;
  - o Topografia do terreno e construção;
  - o Altura e geometria da edificação;
- Pressão hidráulica máxima de serviço admissível dos componentes do sistema;
- Orientação dos coletores em relação ao norte geográfico;
- Inclinação de instalação dos coletores;
- Sombreamento causado por edificações próximas e por outras filas de coletores;
- Capacidade da cobertura suportar toda a carga dos componentes instalados;

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eletricidade de células solares tornou-se competitiva em termos de custos, em muitas regiões e os sistemas fotovoltaicos estão sendo implantados 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, oferecem várias vantagens, incluindo design simples, longa vida útil, alta confiabilidade e não produzem poluição durante o fornecimento de energia.

A geração de energia proveniente de fontes renováveis como a energia solar, aumenta o crescimento econômico do país, assim como traz a oportunidade de liderança mundial quanto ao meio ambiente e melhoraria a visão do país na concorrência com países mais desenvolvidos. A instalação se torna cada vez mais acessível a todos pois esse sistema não exige grandes adaptações para sua instalação, e ao fornecer o excedente para a rede de distribuição conforme regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - Resolução normativa 482 traz o benefício de crédito para a unidade provedora.

Com base nos resultados provindos desta pesquisa, foi possível compreender que a instalação sistemas solares fotovoltaicos, a fim de fomentar a geração distribuída, possibilitando a edifícios públicos realizar suas atribuições ao mesmo tempo minimizar o uso de energia elétrica, aliviando o sistema de distribuição, 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 do CMSP.

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 quanto ao projeto, a execução e o 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 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, realizado as entrevistas e análise documental no CMSP e na CRO/2.

Para o desenvolvimento utilizou-se recursos relacionados a sistemas de tecnologia, contratação de profissionais, equipamentos, infraestrutura física, contratações de empresas especializadas (consultorias, organismos certificadores, laboratórios etc.). A provisão dos recursos foi estabelecida a partir de decisão da CRO/2, evidenciada em contratos, solicitações de compras e contratações, previsão orçamentária, projetos, memoriais, entre outros.

Com base na análise documental e nas entrevistas resume-se que o projeto foi desenvolvido em 02 anos, e a construção será realizada no período de 14/12/2020 a 19/11/2024. A implantação do sistema solar FV alimentara o Ginásio com previsão 100% retorno, e contribuição com a economia dos cofres públicos quanto a minimizar a utilização de energia elétrica proveniente do consumo do CMSP. De modo a reduzir custos futuros com energia elétrica 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 Colégio. O sistema fotovoltaico será implantado inicialmente na cobertura das futuras edificações e pode ser ampliado gradativamente de acordo com o perfil de consumo energético do CMSP.

Importante ressaltar que para o projeto do CMSP foram considerados o seguro, a limpeza dos módulos fotovoltaicos e gastos com manutenções corretivas e preventivas. Assim como a limpeza periódica dos painéis fotovoltaicos é obrigatória dentro de um plano de UFV (NREL, 2016), importante para garantir que o recurso solar disponível seja aproveitado da melhor maneira possível pelos equipamentos da planta.

Todavia o estudo quanto a energia elétrica no Brasil, mostra um panorama benéfico a inclusão de energia fotovoltaica nas edificações, como uma excelente maneira de reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis e diminuir os custos de energia a longo prazo. E 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. Além disso, é importante que a edificação seja projetada de forma a maximizar a eficiência energética, reduzindo o consumo de energia e aumentando a eficiência dos sistemas de aquecimento, refrigeração e iluminação. Isso pode incluir o uso de materiais isolantes, janelas eficientes em termos energéticos e sistemas de iluminação LED.

Por fim 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.

Entretanto, sabe-se que 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 uso da energia solar no território brasileiro até a presente data. Porém através do estudo do projeto do CMSP verifica-se que há possibilidades de expansão através 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 quanto à execução da obra, destaco como limitação que o estudo compreendeu apenas a etapa de projeto. A segunda limitação foi à dificuldade de encontrar dados técnicos relativos à UFVs disponíveis em bases públicas.

Como sugestão de análise futura cito os entraves reguladores que ainda se fazem presente no desenvolvimento de projetos de sistema solar fotovoltaico, uma visão deste

cenário é o licenciamento ambiental. No Brasil o interessado em implantar uma usina fotovoltaica (UFV) é responsável por elaborar os estudos de viabilidade e dimensionamento, o projeto conceitual ou projeto básico da usina, e pelo licenciamento ambiental. O processo de licenciamento é dividido em três fases para a obtenção das licenças ambientais: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação, conforme diretrizes da Res. CONAMA 237/1997, entretanto não há uma legislação a nível federal, por isso os estados criaram legislação própria, as quais divergem amplamente em termos de critérios adotados, o que dificulta o licenciamento e o cumprimento dos requisitos.

Em consequente este é um mercado em ascensão e desenvolvimento, assim espera-se que o uso da tecnologia de energia solar seja amplamente distribuído próximo. Para que a energia solar participe da matriz elétrica brasileira de forma mais substancial, é necessário que as políticas públicas sejam atuais e incentivem empreendedores e o próprio poder público a inserir a tecnologia fotovoltaica em suas unidades.

## REFERÊNCIAS

Absolar (2018). Potencial solar brasileiro. Recuperado de: <http://absolar.org.br/noticia/noticias-externas/potencial-solar-brasileiro-poderia-atender-demanda-de-energia-eletrica-de-170-brasis.html>

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. Recuperado de: <https://www.alemdaenergia.engie.com.br/7-grandes-empresas-no-brasil-que-estao-investindo-em-energia-solar>

Além da Energia (2022). O que é COP-27 e como ela terá mais dados para discutir mudanças climáticas. Recuperado de: [https://www.alemdaenergia.engie.com.br/o-que-e-cop-27-e-como-ela-tera-mais-dados-sobre-mudancas-climaticas/?gclid=Cj0KCQjw3v6SBhCsARIsACyrRAmUernOCOBpZcWg-aroyQ\\_37qjWWQFnaCFaM5NjnxITpsUOULQ1mt0aAuJhEALw\\_wcB](https://www.alemdaenergia.engie.com.br/o-que-e-cop-27-e-como-ela-tera-mais-dados-sobre-mudancas-climaticas/?gclid=Cj0KCQjw3v6SBhCsARIsACyrRAmUernOCOBpZcWg-aroyQ_37qjWWQFnaCFaM5NjnxITpsUOULQ1mt0aAuJhEALw_wcB)

Amazonas Atual (2019). Na Amazônia Legal, 990 mil pessoas não têm acesso à energia elétrica. Recuperado de: <https://amazonasatual.com.br/na-amazonia-legal-990-mil-pessoas-nao-tem-acesso-a-energia-eletrica/>

ANEEL (2012). Resolução Normativa Nº 482. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasil. Recuperado de: <https://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolucao%20Normativa%20482,%20de%202012%20-%20bip-junho-2012.pdf>.

ANEEL (2022). Resolução Normativa nº 1.000/2021 estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica. Recuperado de: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>.

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>.

ANEEL (2021). Relatório de Perda de Energia na Distribuição. Recuperado de: [https://antigo.aneel.gov.br/documents/654800/18766993/Relatorio+Perdas+de+Energia+\\_+Edicao+1-2021.pdf/143904c4-3e1d-a4d6-c6f0-94af77bac02a](https://antigo.aneel.gov.br/documents/654800/18766993/Relatorio+Perdas+de+Energia+_+Edicao+1-2021.pdf/143904c4-3e1d-a4d6-c6f0-94af77bac02a).

ANEEL (2021). PRODIST (Procedimento de Distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional) Módulo 03 seção 3.7 R.06 - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. Anexo Resolução Normativa Nº 956,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. 2 ed. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16274:2014 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15569:2020: Sistema de Aquecimento Solar de água em circuito direto – Projeto de instalação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7198:1998: Projeto e execução de instalações prediais de água quente.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6123:1998:Forças devidas ao vento em edificações.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5626:2020: Instalação predial de água fria.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16149:2013 - Sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15569:2020: Sistema de Aquecimento Solar de água em circuito direto – Projeto de instalação.

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.

BEESP (2019). Balanço Energético do Estado de São Paulo - BEENSP [Governo do Estado de São Paulo]. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA) do Estado de São Paulo.

Blanco, C. F., Cucurachi, S., Peijnenburg, W. J., Beames, A., & Vijver, M. G. (2020). Are technological developments improving the environmental sustainability of photovoltaic electricity?. *Energy Technology*, 8(11).

Blue Sol (2021). Taxa Mínima de Luz para Quem Tem Energia Solar em Casa: como funciona? Recuperado de: <https://blog.bluesol.com.br/taxa-minima-de-luz/>

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).

Branco, S. M. (1990). Energia e meio ambiente. Editora Moderna. São Paulo.

Bradshaw, A. (2017). Regulatory change and innovation in Latin America: The case of renewable energy in Brazil. *Utilities Policy*.49: 156-164.

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).

Bühler, A. J., dos Santos, F. H., & Gabe, I. J. (2018). Uma revisão sobre as tecnologias fotovoltaicas atuais. In Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS. Gramado, RS.

Camargo, E., Ribeiro, F. S., & Guerra, S. M. G. (2008). O programa Luz para Todos: metas e resultados. Espaço Energia. ISSN: 1807-8575 – Número 09, pg. 21-24.

Camargo, H. C. (2018). Efetividade dos incentivos fiscais concedidos ao sistema de compensação de energia solar como forma de estímulo ao desenvolvimento sustentável. Dissertação. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Brasil. Recuperado de: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/7328>.

Canal de Energia (2019). Plataforma para compartilhamento de energia. Recuperado de: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53112415/epop-chega-ao-mercado-para-atrair-pessoa-fisica-para-gd>.

Canal Bioenergia (2018). Geração compartilhada é alternativa para consumidor. Edição 137, pág. 10 a 12. Recuperado de: <https://www.canalbioenergia.com.br/wp-content/uploads/2018/08/CANAL-137-.pdf>.

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. Recuperado de: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2436/2/BS%2021%20O%20papel%20das%20fontes%20renov%c3%a1veis\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2436/2/BS%2021%20O%20papel%20das%20fontes%20renov%c3%a1veis_P.pdf)

Curitiba Mais Energia (2022). Por uma cidade neutra em carbono. Recuperado de: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticiasespeciais/curitiba-mais-energia/24>

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.

da Silva, N. T. P. (2021). Geração fotovoltaica no semiárido pernambucano uma explanação do potencial energético do sertão do Pajeú. Revista Multidisciplinar do Sertão, 3(3), 293-301.

de Carvalho Dias, C. T., de Medeiros Silva, W. K., de Freitas, G. P., & do Nascimento, J. F. (2017). Energia solar no Brasil. Revista *InterScientia*, 5(1), 153-165.

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.

Dutra, A. D. S., & Marques, F. D. S. (2014). O Uso de energias renováveis como mecanismo de sustentabilidade. X Congresso Nacional de Excelência em Gestão.

ECOIA (2021). Energia solar – Limpa, democrática e polêmica. Recuperado de: [https://ecoa.org.br/energia-solar-limpa-democratica-e-polemica/?gclid=EAIaIQobChMI0vm79YGGZ9gIVFQmRCh2kPAm0EAAAYASAAEgJW\\_PD\\_BwE](https://ecoa.org.br/energia-solar-limpa-democratica-e-polemica/?gclid=EAIaIQobChMI0vm79YGGZ9gIVFQmRCh2kPAm0EAAAYASAAEgJW_PD_BwE).

Ecosyne (2020). Por Que A Energia Solar Ainda É Pouco Usada No Brasil? Recuperado em: <https://ecosynex.com/2020/06/02/por-que-a-energia-solar-ainda-e-pouco-usada-no-brasil/#:~:text=Segundo%20n%C3%BAmeros%20de%20uma%20pesquisa,de%2090%25%20de%20suas%20resid%C3%A2ncias>

Elgamal, G., Demajorovic, J., & Augusto, E. E. F. (2015). Os desafios da implementação da energia fotovoltaica no Brasil: uma análise dos modelos nos principais mercados mundiais. XVII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente.

ENEL (2021). Desenvolvimento Sustentável / Energia Circular. Recuperado de: <https://www.enelgreenpower.com/pt/learning-hub/desenvolvimento-sustentavel/economia-circular>

EPE (2015). Nota Técnica DEA 19/14 da Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: NT Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil - Condicionantes e Impactos (epe.gov.br)

EPE (2016). O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia. Recuperado de: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/NT%20COP21%20iNDC.pdf>

EPE (2021). Matriz Energética e Elétrica. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

EPE (2021). Mudanças climáticas e Transição energética. Recuperado de: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

EPE (2022). Ministério de Minas e Energia - Balanço Energético Nacional 2019. Balanço Energético Nacional 2020. Balanço Energético Nacional 2021. EPE. Recuperado de: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>.

EPE (2022). Plano Decenal de Expansão de Energia e Mapa Síntese 2030. Recuperado de: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decena-de-expansao-de-energia-2030>

EPE (2022). Anuário estatístico de energia elétrica 2022 (ano base 2021). Recuperado de: <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

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

Falcão, A. (2023). Termo de Referência ou Projeto Básico-PROTEC e ARCO EJ.  
Recuperado de:  
[https://edoc.ufam.edu.br/bitstream/123456789/6503/1/Termo%20de%20Referência\\_Projeto%20Básico\\_Proposta%20ARCO%20EJ.pdf](https://edoc.ufam.edu.br/bitstream/123456789/6503/1/Termo%20de%20Referência_Projeto%20Básico_Proposta%20ARCO%20EJ.pdf)

FAPESP (2007). Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo: FAPESP, InterAcademy Council.  
Recuperado de: [www.fapesp.br/publicacoes/energia.pdf](http://www.fapesp.br/publicacoes/energia.pdf)

Ferreira, M. L., de Oliveira, A., Cortese, A. T. T. P., Kniess, C. T., Quaresma, C. C., & Paschoalin Filho, J. A. (2015). Recuperado de:  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54805220/Cidades\\_Inteligentes\\_e\\_Sustentaveis\\_problemas\\_e\\_desafios-with-cover-page-v2.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54805220/Cidades_Inteligentes_e_Sustentaveis_problemas_e_desafios-with-cover-page-v2.pdf).

FIEB (2022). Geração de energia solar aumenta e atinge marca histórica no Brasil.  
Recuperado de: <https://www.fieb.org.br/noticias/geracao-energia-solar-aumenta/>.

Goldemberg, J., & Lucon, O. (2007). Energia e meio ambiente no Brasil. DOI:  
<https://doi.org/10.1590/S0103-40142007000100003>.

Hirota, H. H. (2006). O mercado de concessão de transmissão de energia elétrica no Brasil. Dissertação, Universidade de São Paulo. Brasil.

IEA (2021). Relatório Perspectivas Energéticas Mundiais 2021. Recuperado de:  
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>

IEMA (2020) - As emissões brasileiras de gases de efeito estufa nos setores de Energia e de Processos Industriais em 2019. Recuperado de: <https://energiaeambiente.org.br/as-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-nos-setores-de-energia-e-de-processos-industriais-em-2019-20201201m>

INMETRO, 2016. Portaria N° 004/2016 - Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica. Recuperado de:  
<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002360.pdf>.

INPE (2019). Atlas Brasileiro de Energia Solar. Recuperado de:  
[http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html)

INPE (2020). Novo sistema facilita consulta sobre potencial de energia solar.  
Recuperado de: [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=5087](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5087)

IPEA (2021). Brasil lidera transição energética no Brics. Recuperado de: [https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=38330&catid=1&Itemid=7](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=38330&catid=1&Itemid=7)

IPEA (2021). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS 07. Recuperado de: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods7.html#:~:text=At%C3%A9%202030%2C%20refor%C3%A7ar%20a%20coopera%C3%A7%C3%A3o,em%20tecnologias%20de%20energia%20limpa.>

IRENA (2017) – Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2017. Recuperado de: <https://www.irena.org/publications/2017/may/renewable-energy-and-jobs--annual-review-2017>

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> .

Levi, D. H., Green, M. A., Hishikawa, Y., Dunlop, E. D., Hohl-Ebinger, J., & Ho-Baillie, A. W. (2017). Solar cell efficiency tables (version 51). Progress in Photovoltaics, 26(NREL/JA-5J00-70757).

Macedo, C. A. A., Hidalgo, I. G., Albuquerque, A. A. D., & Silva, L. C. P. D. (2022). Avaliação de diferentes estratégias de manutenção e estimativa do LCOE de uma usina fotovoltaica centralizada aplicando conceitos de confiabilidade.

MME (2021) - GOV.BR do Ministério de Minas e Energia. Brasil é referência no campo da energia limpa e renovável. Recuperado de: - <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>

MME (2021) - GOV.BR do Ministério de Minas e Energia. Energia renovável chega a quase 50% da matriz energética brasileira. 2021. Recuperado de: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/08/energia-renovavel-chega-a-quase-50-da-matriz-eletrica-brasileira-1#:~:text=Quase%20metade%20da%20energia%20energ%C3%A9tica,a%20solar%20vem%20ganhando%20destaques>

Nascimento, R. L. (2017). Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas. Estudo Técnico. Brasília: Câmara dos deputados. Recuperado de: [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\\_0CFQAAAAAdAAAAABAE](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_0CFQAAAAAdAAAAABAE)

Müller, C. A. (1996). Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. Editora *McGraw-Hill* Ltda. Sao Paulo.

NREL (2016). NREL/SANDIA/SUNSPEC ALLIANCE SUNLAMP PV O&M WORKING GROUP. Best practices in photovoltaic system operations and maintenance. Golden (CO): National Renewable Energy Laboratory. (NREL technical report, 2nd edition).

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. Recuperado de: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>

ONS (2021) - Sistemas isolados. Recuperado de: <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>

ONS (2021) - Escassez Hídrica. Recuperado de: <http://www.ons.org.br/Paginas/Noticias/20210707-escassez-hidrica-2021.aspx>

Paz, F. J. (2015). Sustentabilidade nas organizações: vantagens e desafios. Recuperado de: <http://repositorio.uninove.br/xmlui/handle/123456789/860>

Perazzoli, D. L. (2017). Análise do licenciamento ambiental de usinas fotovoltaicas no Brasil: proposta de regulamentação a nível nacional.

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.

PPE (2020) – CETESP. Plano Paulista de Energia.

Portal da Indústria (2021). Custo da energia elétrica para indústria. Recuperado de: [https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/custo-da-energia-eletrica-para-industria/#:~:text=play\\_circle\\_outline,O%20Brasil%20possui%20uma%20das%20mais%20caras%20tarifas%20de%20energia,%24%20684%2C77%20por%20MWh](https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/custo-da-energia-eletrica-para-industria/#:~:text=play_circle_outline,O%20Brasil%20possui%20uma%20das%20mais%20caras%20tarifas%20de%20energia,%24%20684%2C77%20por%20MWh)

Portal Solar (2020). Energia solar puxa avanço global das renováveis. Recuperado de: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/energia-solar-puxa-avanco-global-das-renovaveis-e-brasil-lidera-na-america-latina.html>

Portal solar (2021). Energia solar pode ajudar na recuperação econômica brasileira. Recuperado de: <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%20reaquecimento%20econ%C3%B4mico>

Portal Solar (2022). Quanto Custa para Instalar Energia Solar. Recuperado de: <https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-para-instalar-energia-solar.html>

REIDI (2021). Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura. Recuperado de: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/fundos-regionais-e-incentivos-fiscais/reidi>.

Relatório BEN (2021). EPE - Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional.

Relatório BEN (2022). EPE - Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional.

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.

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.

SENAI (2021). Transição energética e a contribuição da indústria para uma economia de baixo carbono.

Shayani, R. A., Oliveira, M. D., & Camargo, I. D. T. (2006). Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. In *Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE)*. Brasília (p. 60).

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.

Solstar (2021). Governo lança programa de incentivo à energia solar. Recuperado de: <https://solstar.com.br/2021/06/21/governo-lanca-programa-de-incentivo-a-energia-solar/>.

Souza, A. C. D. (2016). Análise dos impactos da geração distribuída por fonte solar fotovoltaica na qualidade da energia elétrica. Recuperado de: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/14619>

Tolmasquim, M. T. (2012). Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. *Estudos avançados*, 26, 247-260.

UNEP (2022). Sexto Relatório de Avaliação do IPCC: Mudança Climática 2022. Recuperado de: <https://www.unep.org/pt-br/resources/relatorios/sexta-relatorio-de-avaliacao-do-ipcc-mudanca-climatica-2022>

WM (2019). Importando energia renovável no Brasil. Recuperado de: <https://www.wmtrading.com.br/pt-BR/noticias/energia/Importando-energia-renovavel-no-brasil#:~:text=Para%20importa%C3%A7%C3%A3o%2C%20os%20principais%20ince>

ntivos,deseja%20aproveitar%20este%20mercado%20crescente.&text=Um%20setor%20particularmente%20beneficiado%20%C3%A9%20o%20de%20energia%20fotovoltaica%20(solar)

Velloso, V. P. (2002) - A eletricidade no Brasil sob a perspectiva da história social. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 9, 705-709.

Vergara, S. C. (2006). *Projetos e relatórios de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 34, 38.

WWF-Brasil. (2021). Acesso à energia com fontes renováveis em regiões remotas no Brasil. Recuperado de: <https://www.wwf.org.br/?76422/Acesso-a-energia-com-fontes-renovaveis-em-regioes-remotas-no-brasil>

Yin, R. K. (2001). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman.

**Apêndice 01 – Termo de autorização para a coleta de dados**

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO  
Autorização da Comissão Regional de Obras – CRO2

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA COLETA DE DADOS**

Ilmo. Sr (a) CLÓVIS JESUS DE SOUZA  
Chefe da Comissão Regional de Obras/2  
São Paulo, 18 de março de 2022.

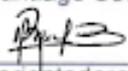
Eu, Adriana Santiago Souza, aluna, matriculada no curso Mestrado em Cidades Inteligentes e sustentáveis (PPG-CIS) da Faculdade Universidade Nove de Julho (UNINOVE), sob a orientação da professora Heidy Rodriguez Ramos, Doutora em Administração, venho solicitar a V. Sa. a autorização para coleta de dados nessa instituição, com a finalidade de realizar a pesquisa de iniciação científica intitulada: Gestão de Resíduos de Demolição da Obra de Infraestrutura do Colégio Militar de São, cujo objetivo foi descrever o manejo de resíduos provenientes da obra de infraestrutura do Colégio Militar de São Paulo (CMSP). Trata-se de uma pesquisa qualitativa, por meio de estudo de caso. Igualmente, assumo o compromisso de utilizar os dados obtidos somente para fins científicos, bem como de disponibilizar os resultados obtidos para esta instituição.

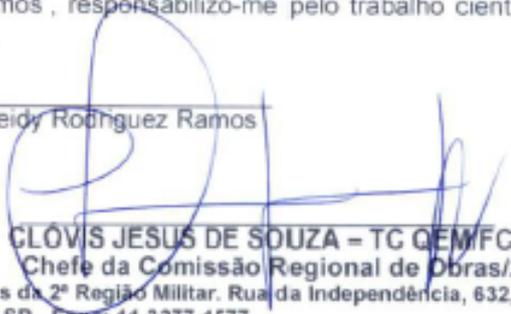
Agradecemos antecipadamente e esperamos contar com a sua colaboração.

Atenciosamente,

  
Nome da aluna - Adriana Santiago Souza

Eu, Heidy Rodriguez Ramos, responsabilizo-me pelo trabalho científico da aluna Adriana Santiago Souza.

  
Nome da orientadora - Heidy Rodriguez Ramos

  
CLÓVIS JESUS DE SOUZA – TC QEMFC  
Chefe da Comissão Regional de Obras/2

Comissão Regional de Obras da 2ª Região Militar. Rua da Independência, 632, Bloco III - Cambuci  
CEP: 01524-000 - São Paulo-SP - Fone: 11-3277-1577

## Apêndice 02 – Roteiro de entrevistas semiestruturado

Bloco de questões	Objetivos	Questões
<p><b>Bloco 01</b></p> <p><b>Planejamento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contextualização do caso;</li> <li>- Descrição do objeto de pesquisa;</li> <li>- Viabilidade;</li> <li>- Detalhamento executivo;</li> <li>- Modelo de execução da obra</li> <li>- Materiais, equipamentos e serviços;</li> <li>- Sustentabilidade do projeto;</li> <li>- Sustentabilidade executiva da obra.</li> </ul>	<p>Destacar os principais itens do projeto de implementação de energia solar no projeto do CMSP</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Qual foi o start inicial que levou ao projeto, foi uma diretriz interna / externa, ou financiamento específico?</li> <li>2. Quanto ao planejamento para implantação da energia solar, qual edificação escolhida?</li> <li>3. Qual sistema foi escolhido para o projeto e o motivo da escolha?</li> <li>4. O sistema atenderá todo o empreendimento? Se não qual parte será contemplada e o motivo da escolha?</li> <li>5. Há restrições de impacto visual e estético sobre a edificação?</li> <li>6. Durante o planejamento houve algum projeto ou obra que foi utilizado como modelo? Há obras similares já executadas pela Administração que possam ser utilizadas como parâmetro? Se sim, fale um pouco sobre este projeto.</li> <li>7. O empreendimento possui licenciamento ambiental (Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação)?</li> <li>8. Quais foram os regulamentos obedecidos para a instalação do sistema?</li> </ol>

		<p>9. Há compensação de créditos de energia dentro do sistema instalado?</p> <p>10. A distribuidora de energia local fez alguma recomendação ou impedimento considerando com a justificativa da redução da flexibilidade de operação?</p> <p>11. Há estudo ou representação gráfica da amplitude das sombras e toda a trajetória seguida sobre o telhado durante os dias de solstício de verão e inverno?</p>
<p><b>Bloco 02</b></p> <p><b>Desenvolvimento do projeto básico CMSP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantas;</li> <li>- Requisitos de desempenho do projeto;</li> <li>- Orçamento;</li> <li>- Memoriais;</li> <li>- Especificação Técnica;</li> <li>- Premissas da execução do serviço.</li> </ul>	<p>Realizar o levantamento pretendido de eficiência energética do CMSP, a ser obtido por meio da implementação de placas solares fotovoltaicas, seguindo a abordagem prescritiva e por desempenho.</p>	<p>12. Há estudo ou representação gráfica da amplitude das sombras e toda a trajetória seguida sobre o telhado durante os dias de solstício de verão e inverno?</p> <p>13. Qual o consumo médio previsto para o local, e qual a contribuição do sistema FV para atendimento da demanda?</p> <p>14. Quais foram os principais critérios de escolha dos painéis?</p> <p>15. Quantos painéis serão instalados?</p> <p>16. Os painéis possuem inclinação fixa?</p> <p>17. Intervenções em qualquer desses equipamentos requer indisponibilização total da planta fotovoltaica, ou o projeto previu circuitos elétricos paralelos para transferir o fluxo de energia em caso de necessidade?</p>

		<p>18. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede devem seguir os requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho conforme NBR16274 descreva sobre o modo de atendimento do projeto do CMSP?</p> <p>19. Qual a potência instalada?</p> <p>20. Entrega energia gerada para a rede de distribuição em média-tensão de uma concessionária de energia ou para o SIN (Sistema Interligado Nacional), através de uma subestação e de uma linha de transmissão de alta-tensão?</p> <p>21. Discorra 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?</p> <p>22. Qual foi a documentação gerada durante o projeto?</p> <p>23. Qual é a previsão de prazo do projeto a execução do CMSP?</p> <p>24. Qual é a previsão de custo do sistema escolhido?</p> <p>25. Qual a média de energia gerada e a estimativa dos valores de consumos mensais que pode ser suprido através do sistema?</p> <p>26. Há previsão de tarefas preventivas de falhas no sistema, se sim, qual frequência e como serão são</p>
--	--	---

		<p>executadas? Há previsão de outras práticas para que não haja impacto e indisponibilidade total da planta? Como trabalhos periódicos trienais nos equipamentos da subestação (transformador, seccionadoras, para-raios, TPs e TCs)?</p> <p>27. Foram considerados custos com limpeza dos módulos fotovoltaicos e gastos com manutenções corretivas e preventivas?</p> <p>28. Foram considerados custos com a contratação de apólices de seguros, incorporando os gastos operacionais de um complexo solar?</p> <p>29. Qual o percentual de perda de geração ao ano estimado?</p> <p>30. Há mais alguma informação que você acha pertinente?</p>
--	--	---