

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

JOYCE ÉLLEN SANTOS DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA IMPLANTADOS EM
PRÉDIOS PÚBLICOS LOCALIZADOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

São Paulo
2021

JOYCE ÉLLEN SANTOS DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA IMPLANTADOS EM
PRÉDIOS PÚBLICOS LOCALIZADOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC ENERGY SYSTEMS IMPLANTED IN PUBLIC
BUILDINGS LOCATED IN THE MUNICIPALITY OF 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
2021

Oliveira, Joyce Éllen Santos de.

Análise de sistemas de energia fotovoltaica implantados em prédios públicos localizados no município de São Paulo. / Joyce Éllen Santos de Oliveira. 2021.

98 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2021.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Heidy Rodriguez Ramos.

1. Energia renovável. 2. Energia solar fotovoltaica. 3. Edifícios públicos.

I. Ramos, Heidy Rodriguez. II. Título.

CDU 711.4

ANÁLISE DE SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA IMPLANTADOS EM
PRÉDIOS PÚBLICOS LOCALIZADOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

POR

JOYCE ÉLLEN SANTOS DE OLIVEIRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis - PPGCIS da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito para obtenção do título de Mestre em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, sendo a banca examinadora formada por:

Profa. Dra. Heidy Rodriguez Ramos – Universidade Nove de Julho – UNINOVE

Profa. Dra. Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo – Universidade Nove de Julho

Profa. Dra. Marcela Barbosa de Moraes – Universidade de Taubaté - UNITAU

São Paulo, 06 de abril de 2021

Dedico este trabalho à minha mãe, Vânia Osmidia dos Santos Oliveira, mulher de fibra, e de caráter que me ensinou a nunca desistir dos meus sonhos. E ao meu pai, José Matias de Oliveira, a quem sempre acreditou em mim e se dedicou para que os meus sonhos fossem possíveis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente à minha orientadora, Prof. Dra Heidy Rodriguez Ramos, pela confiança depositada em mim, pela orientação realizada com paciência e compreensão durante os desafios enfrentados no decorrer da execução deste trabalho. Agradeço também por compartilhar seus conhecimentos, e pelo exímio suporte ao me incentivar a sempre melhorar.

Agradeço aos meus pais, Vânia, pela dedicação e amor, prestados durante todos os passos da minha vida, prezando meu desenvolvimento pessoal e intelectual e a meu pai, José, por trabalhar incansavelmente para que eu pudesse ter acesso à uma educação de qualidade.

Agradeço aos meus irmãos Jane e Jovane, pelo apoio, paciência e parceria de sempre.

Agradeço às professoras e amigas Prof. Dra. Maria Antonieta Leitão Zajac e Prof. Dra Cláudia Terezinha Kniess, por acreditarem e confiarem em mim desde o início.

A todos os professores do Programa de Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade e do Programa de Cidades Inteligentes e Sustentáveis que participaram da minha formação acadêmica ao longo dos semestres.

Agradeço a possibilidade de construir uma amizade durante o mestrado com André, Hendrio e Kátia, sem eles não seria possível vencer os obstáculos e chegar até aqui. Agradeço imensamente pela parceria, incentivo, broncas e risadas proporcionadas por esta amizade.

A todos amigos e colegas dos Programas de Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade e Cidades Inteligentes e Sustentáveis da UNINOVE que compartilharam seu tempo e conhecimento para meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

À meus amigos Bruno, Cláudia, Eduardo, Fabiano, Karina, Rafael, Rosana e Silvio, pela paciência, compreensão e apoio nos momentos de dificuldade e companheirismo nos momentos de alegria. Agradeço por me lembrarem diariamente da minha força e que sou capaz de alcançar meus objetivos.

Agradeço à Juliana, minha psicóloga, pela excelente profissional que é, ao me direcionar em busca de meus sonhos, e ao me ajudar a enfrentar meus medos e angústias.

Agradeço a todos que ajudaram direta ou indiretamente na conclusão deste trabalho.

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

“Passado, presente e futuro devem coexistir harmonicamente na mente humana. Quando um deles é priorizado e os demais são totalmente esquecidos surge alguma espécie de desequilíbrio, ou, no mínimo, a hipótese de que algo não está correto, não está bem”

Machado de Assis

Resumo

A sociedade contemporânea, com seu constante crescimento populacional, exige uma alta produção de energia elétrica para seu funcionamento e desenvolvimento. Com o aumento do consumo de energia e as mudanças ambientais ocasionadas por esses processos, é fundamental que diversos setores da sociedade busquem meios alternativos, sustentáveis e eficientes para o desenvolvimento de suas atividades. Neste contexto, as energias renováveis geram uma menor porcentagem de poluição ambiental quando comparada com os índices de queima de combustíveis fósseis. Dentre as fontes de energias renováveis, a utilização de energia solar tem crescido nos últimos anos em todo o mundo, devido ao desenvolvimento de novas tecnologias e principalmente pela fácil instalação e captação de energia, uma vez que o sistema solar fotovoltaico é alimentado por uma fonte abundante que possui incidência inesgotável na superfície terrestre. Edifícios de grande porte, como hospitais, escolas e prédios administrativos, são consideráveis potenciais poluidores, uma vez que podem causar danos ao meio ambiente devido à quantidade de energia que utilizam. O presente trabalho tem como objetivo analisar o sistema solar fotovoltaico instalado em prédios públicos localizados no município de São Paulo, com enfoque para o projeto desenvolvido e instalado no Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo (PNMFC). Como metodologia para formulação das questões do instrumento de pesquisa, foi realizada em uma primeira fase a pesquisa bibliográfica sobre energias renováveis com foco na energia fotovoltaica em edifícios públicos. Após a construção da plataforma que forneceu suporte teórico-metodológico para a pesquisa, foi realizada uma análise documental dos projetos desenvolvidos na implantação de energia solar fotovoltaica no edifício estudado, associadas a entrevistas semiestruturadas com gestores e responsáveis pelo edifício. A análise das entrevistas foi de abordagem qualitativa. Os resultados demonstraram que, segundo os entrevistados, o desenvolvimento de edifícios sustentáveis que gerem sua própria energia, próximo ao local de consumo é fator determinante para a economia, além de fundamental para minimização de impactos ambientais. Outro fator importante constatado é que políticas públicas de incentivos fiscais e regulatórios, a fim de estabelecer estratégias e mecanismos adequados, são fundamentais para o crescimento da utilização de energia solar fotovoltaica em grandes centros urbanos, como é o caso do município de São Paulo.

Palavras-chave: Energia renovável. Energia solar fotovoltaica. Edifícios públicos.

Abstract

Contemporary society, with its constant population growth, requires a high electricity production for its operation and development. With the increase in energy consumption and environmental changes caused by these processes, it is essential that several sectors of society seek alternative, sustainable, and efficient means for the development of their activities. In this context, renewable energies generate a lower percentage of environmental pollution when compared to fossil fuels. Among renewable energy sources, the use of solar energy has grown in recent years around the world, due to the development of new technologies and mainly by the easy installation and energy capture, since the photovoltaic solar system is powered by an abundant source that has an inexhaustible incidence over the earth's surface. Large buildings, such as hospitals, schools, and administrative buildings, are considerable potential polluters, as they can cause damage to the environment due to the amount of energy they use. The present work aims to analyze the photovoltaic solar system installed in public buildings located in the city of São Paulo, focusing on the project developed and installed in the Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo (PNMFC). As a methodology for formulating the questions of the research instrument, a bibliographic research on renewable energies focused on photovoltaic energy in public buildings was carried out in a first phase. After the construction of the platform that provided theoretical and methodological support for the research, a documentary analysis of the projects developed in the implementation of photovoltaic solar energy in the studied building was carried out, associated with semi-structured interviews with managers and those responsible for the building. The analysis of the interviews was qualitative. The results showed that, according to the interviewed, the development of sustainable buildings that generate their own energy, close to the place of consumption, is a determining factor for the economy, besides being fundamental to minimize environmental impacts. Another important factor found is that public policies on fiscal and regulatory incentives, with the goal of establishing appropriate strategies and mechanisms, are fundamental to grow the use of photovoltaic solar energy in large urban centers, as is the case in the city of São Paulo.

Keywords: Renewable energy. Photovoltaic solar energy. Public buildings

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

APA - Área de Proteção Ambiental

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CPFL - Companhia Piratininga de Força e Luz

DEPAVE - Divisão Técnica de Medicina Veterinária e Manejo da Fauna Silvestre

EEZ – Edifícios Energia Zero

EMEF - Escolas Municipais de Ensino Fundamental

EPE - Empresa de Pesquisas Energéticas

FV – Fotovoltaico

GBCBrasil - *Building Council* Brasil

GEE - Gases de Efeito de Estufa

HU-UFSCar - Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IEA – International Energy Agency

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IRENA - International Renewable Energy Agency

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MME - Ministério de Minas e Energia

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PCOES - Unidade de Conservação de Proteção Integral Parque Olavo Egydio Setúbal

PMSP - Prefeitura Municipal de São Paulo

PNMCC - Parque Natural Municipal da Cratera de Colônia

PNMFC - Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo

PPGCIS – Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis

Proálcool – Programa Nacional de Álcool

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RGE Sul - Rio Grande Energia- Sul

SEAGRO - Secretaria da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado do Tocantins

SEDUC - Secretaria de Estado de Educação e Qualidade de Ensino do Amazonas

SVMA – Secretaria do Verde e Meio Ambiente

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

UE – União Europeia

UFSM - Universidade Federal de Santa Maria

USGBC - *Green Building Council*

WWF-Brazil - World Wide Fund for Nature Brazil

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Triple Bottom Line</i>	16
Figura 2. Geração de eletricidade por fonte, Brasil 1990-2019	17
Figura 3. Comparação entre a matriz Energética brasileira e mundial.	18
Figura 4. Matriz elétrica brasileira referente ao ano de 2018	18
Figura 5. Consumo final de energia por setor dos anos 1975 e 2000.	19
Figura 6. Anuário Estatístico de Energia Elétrica por Setores.	20
Figura 7. Participação das renováveis e não renováveis na matriz elétrica brasileira.	21
Figura 8. Evolução da geração eólica no Brasil.	22
Figura 9. Mapa da produção de cana-de-açúcar no Brasil.	24
Figura 10. Locais que apresentam características para a exploração da energia de maremotriz.	25
Figura 11. Sistema fotovoltaico autônomo	28
Figura 12. Sistema fotovoltaico concomitante	28
Figura 13. Mapa da irradiação solar no Brasil	30
Figura 14. Potencial de geração solar fotovoltaica nas cidades.	31
Figura 15. Insolação diária média no Brasil.	32
Figura 16. Média anual de incidência solar global por Município do Estado de São Paulo.	33
Figura 17. Concentração de CO ₂ na atmosfera.	35
Figura 18. Usina Fotovoltaica Instalada na UFSM.	45
Figura 19. Usina Fotovoltaica instalada no IFSul - Campus Muzambinho.	46
Figura 20. Etapas da coleta de dados.	48
Figura 21. Convergência de várias fontes de evidência em estudo único	49
Figura 22. Mapa de localização da PNMFC dentro do Estado de São Paulo.	50
Figura 23. Degradação da Mata Atlântica.	59
Figura 24. Limites da APA do Carmo, Parque do Carmo e PNMFC	60
Figura 25. Sede do PNMFC	61
Figura 26. Estrutura metálica de sustentação da sede	62
Figura 27. Sistema <i>wetland</i>	63
Figura 28. Visão do conjunto da Administrativa do PNMFC, 2018	66

Figura 29. Infraestrutura do sistema solar fotovoltaico	68
Figura 30. Parte Inferior da infraestrutura do sistema solar fotovoltaico	69
Figura 31. Projeto do sistema solar fotovoltaico on grid instalado no PNMFC	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Total e parcelas de energia primária no Brasil e no mundo em 2003	17
Tabela 2. Oferta interna de energia 2018/2017	26
Tabela 3. Maiores potências instaladas de células fotovoltaicas no mundo em 2007	29
Tabela 4. Irradiação Solar kWh/m ² /Dia	29
Tabela 5. Incidência solar global diária em municípios do Estado de São Paulo	34
Tabela 6. Principais marcos regulatórios brasileiros de incentivo à eficiência energética no Brasil	39
Tabela 7. Ton. de CO ₂ inicial e pós-implantação de projeto de eficiência energética	44
Tabela 8. Documentos analisados	52
Tabela 9. Grupo de questões redigidas para a entrevistas	54
Tabela 10. Especialistas entrevistados	55
Tabela 11. Passos utilizados durante a etapa de análise de resultados de pesquisas qualitativos	57
Tabela 12. Dados do sistema solar fotovoltaico	69

SUMÁRIO

1	Introdução	6
1.1	Problema de pesquisa	9
1.2	Objetivos	11
1.2.1	Objetivo geral	11
1.2.2	Objetivos específicos	11
1.3	Justificativa	11
1.4	Estrutura do trabalho	13
2	Referencial Teórico	15
2.1	Geração de energia e o meio ambiente	15
2.2	Energias renováveis	21
2.2.1	Energia fotovoltaica	28
2.3	Eficiência energética	36
2.3.1	Marcos regulatórios de incentivo à eficiência energética no Brasil	39
2.4	Projetos de energia solar fotovoltaica em prédios públicos	41
2.4.1	Edifícios administrativos	42
2.4.2	Escolas de ensino	43
2.4.3	Hospitais	44
2.4.4	Universidades	46
3	Metodologia	49
3.1	Delineamento da pesquisa	49
3.2	Estratégia de pesquisa	50
3.3	Critérios para determinação do caso	50
3.3.1	Área de estudo	52
3.4	Procedimento de coleta de dados	53
3.4.1	Pesquisa bibliográfica	53

3.4.2	Análise documental	54
3.4.3	Entrevistas semiestruturadas	55
3.5	Análise dos resultados	58
4	Resultados e Discussão	60
4.1	Contextualização do objeto de pesquisa	60
4.2	Detalhamento do caso	62
4.2.1	Arquitetura do edifício	63
4.2.2	Tratamento de esgoto	65
4.2.3	Captação de água pluvial	66
4.2.4	Desempenho energético	67
4.3	Sistema solar fotovoltaico	67
4.3.1	Planejamento	68
4.3.2	Instalação	69
4.3.3	Acompanhamento	73
4.3.4	Resolução normativa	73
4.3.5	Previsão futura	74
5	Considerações Finais	76
	Referências	78
	Apêndices	92
	APÊNDICE A	92
	APÊNDICE B	94
	APÊNDICE C	97

1 Introdução

A população mundial cresce de maneira constante e demanda de energia elétrica para o crescimento e desenvolvimento de centros urbanos e rurais. Com o aumento na utilização de energia, há um crescente consumo de recursos naturais, e um aumento na emissão de gases, como o dióxido de carbono (CO₂), durante os processos de geração de energia (Goldemberg & Lucon, 2007). Neste cenário, países desenvolvidos e em desenvolvimento encontram dificuldades para atender a progressiva demanda de energia e, ao mesmo tempo, fornecer recursos energéticos que supram seu crescimento econômico (Altoé, Costa, Oliveira Filho, Martinez, Ferrarez & Viana, 2017).

No campo de produção de energia, dois grandes sistemas são encontrados. Primeiramente, e utilizado de maneira abundante em todo o mundo, tem-se a energia advinda de fontes não renováveis, nas quais, estas fontes energéticas, que possuem reservas limitadas e necessitam de um longo período, cerca de milhares de anos, para que haja a renovação de sua reserva. E como menciona Nehring (2009), os maiores exemplos são os combustíveis fósseis líquidos provenientes do petróleo e carvão, que durante dezenas de anos foram a fonte predominante na produção de energia mundial, ao fornecer de 85 a 93% de energia para o planeta. Porém, devido ao aumento no consumo de energia e as alterações ambientais ocasionadas por estes processos, torna-se imprescindível que diversos setores da sociedade busquem meios alternativos, sustentáveis e eficientes para o desenvolvimento de suas atividades sem impactar o desempenho de atividades já exercidas.

Portanto, países em diferentes graus de desenvolvimento têm investido em pesquisa, inovação e implementação de recursos energéticos alternativos, o segundo grande sistema de geração de energia. Possibilitada pela abundância dessas fontes sustentáveis a utilização em diversas áreas do planeta Terra, torna-se viável. São exemplos deste modelo a energia eólica, energia solar e biomassa (Rosa, Siluk, Michels, Rigo & Rediske, 2018).

Desta maneira, nas próximas décadas se farão cada vez mais presentes discussões acerca da utilização de fontes energéticas alternativas. Uma vez que países como a França e a Itália, poderão atingir a escassez das fontes de combustíveis fósseis em um futuro próximo. Logo, buscar diversificar a matriz energética com formas alternativas de geração de energia será primordial (Pacheco, 2006).

Neste contexto, as fontes renováveis, produzem energia suficiente para manter o crescimento mundial, porém, causam menores impactos ambientais, uma vez que, possuem um

ciclo renovável promovido naturalmente, o que possibilita uma drástica minimização da geração de poluição ambiental quando comparada aos índices da queima de combustíveis fósseis (Bizzarri & Morini, 2004; Bizzarri & Morini, 2006).

Dentre as fontes de energias renováveis, podem ser citadas, a energia eólica, proveniente da energia cinética das massas de ar, provocadas pelo aquecimento desigual na superfície da Terra. A energia de biomassa, que diz respeito a energia química produzida pelas plantas no processo de fotossíntese na forma de hidratos de carbono. A energia hídrica, advinda da energia cinética da água de rios enquanto fluem de altas altitudes sentido mar. Por fim, a energia solar, que é proveniente do sol, e que foi o foco deste trabalho (Pacheco, 2006).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia, o Brasil, é referência mundial em energias renováveis, com um enorme potencial hídrico, alta capacidade de produção de biomassa, além de uma constante incidência luminosa em todo o seu território, uma vez que está posicionado geograficamente de maneira privilegiada, fator que favorece o uso de células solares para conversão de energia captada do sol, em energia elétrica (Santos & Jabbour, 2013).

O Sol, fonte vital de energia do planeta Terra e para a existência do ser humano, uma vez que, é responsável pela manutenção da água em estado líquido, o que permite a preservação da vida no planeta (Angelis-Dimakis et al., 2011). Representa uma fonte renovável que possibilita a geração de energia com baixa emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), permitindo o abastecimento da rede elétrica em pequena e larga escala (Paines, 2018). Desde o desenvolvimento e alimentação de vilarejos afastados até grandes centros urbanos.

A partir do ponto de vista do uso de energias renováveis dentro de grandes cidades, a discussão a respeito da sustentabilidade de edifícios construídos, se faz presente. Visto que, grande quantidade energia é destinada a ventilação, iluminação, aquecimento e resfriamento de sistemas. Na busca pela prática do *Zero Energy Buildings* (ZEB), conceito definido por Espinosa, Hernández e Espinoza (2018), de modo que, a quantidade total de energia anual utilizada por um edifício é igual à quantidade de energia renovável criada no local, elemento que propicia a mitigação das emissões de CO₂ e a fim de tornar edifícios autossuficientes em energia.

Como mencionado por Ministério de Minas e Energia (MME, 2015) o consumo de energia elétrica nas edificações brasileiras, até 2015 correspondia a aproximadamente 50% do total da eletricidade consumida no país. Logo, os edifícios, além de grandes consumidores de água e geradores de um grande volume de resíduos, são responsáveis por cerca de um terço de toda a emissão de CO₂ de grandes cidades (Memon, 2014).

Construções deficientes, equipadas com aparelhos elétricos de baixa eficiência, combinados com práticas ineficientes de conservação de energia, são os principais fatores que contribuem para o alto consumo de eletricidade (Opoku, Adjei, Ahadzie & Agyarko, 2020). Com isso o custo de eletricidade devido ao alto consumo em instituições públicas é um grande desafio para diversas nações em todo o mundo, especialmente para países em desenvolvimento (Gyamfi, Diawuo, Kumi, Sika & Modjinou, 2018).

Grandes edifícios essenciais à sociedade como hospitais, escolas e prédios administrativos apresentam um grande potencial poluidor, que devido a quantidade de energia que demandam para que todos os seus processos e procedimentos possam acontecer causam danos ao meio ambiente (Santos & Jabbour, 2013). Por ser considerada uma fonte de energia limpa, o uso de energia solar fotovoltaica torna-se uma alternativa para mitigar os danos causados ao meio ambiente, ao mesmo tempo que atende as necessidades existentes (Pereira, Pereira, La Rovere, Barata, Villar & Pires, 2011).

Torna-se visível que intervenções e políticas de eficiência energética para reduzir o consumo e o custo de eletricidade devem, portanto, ser exploradas em edifícios construídos (El-Darwish & Gomaa, 2017). O setor público pode se beneficiar com a implantação de energia solar fotovoltaica, com o propósito de melhor explorar seu potencial econômico e liberar recursos para outros propósitos (Müller, 2014). Ao utilizar estas tecnologias e dispositivos de gestão de energia, poderá ser alcançada uma redução significativa no consumo de energia da construção (Alhagla, Mansour & Elbassuoni, 2019).

Desta maneira, diferente da geração centralizada que se caracteriza por grandes centrais de produção de energia elétrica, modelo muito presente no Brasil, devido a presença da matriz hidrelétrica nacional, a geração distribuída, definida pelo Artigo 14º do Decreto Lei nº 5.163 de 2004, como a “produção de energia elétrica proveniente de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador”, pode ajudar a minimizar a perda de eletricidade produzida e os impactos gerados durante o processo de geração e distribuição, principalmente em grandes cidades, onde os centros de geração de energia estão localizados, muitas vezes, a grandes distâncias (Decreto n. 5.163, 2004).

1.1 Problema de pesquisa

Frequentemente é atribuído exclusivamente aos meios de transporte e às indústrias a origem principal da liberação de CO₂ no meio ambiente, porém, é necessário considerar o entorno construído, lugar que vivemos aproximadamente 90% do tempo (Bocasanta, Engelage, Pfitscher & Borgert, 2017). Edificações possuem particular importância no consumo energético por suas características funcionais, uso contínuo de instalações e por representarem grandes estruturas construídas, o que as tornam autores de uma parcela significativa nesta ação, tanto do ponto de vista energético quanto pelo desperdício e má utilização dos recursos disponíveis (Bitencourt, 2006).

A geração de energia fotovoltaica é considerada uma fonte limpa, por se tratar de uma série de instrumentos que otimizam a geração de energia, apresentam grande viabilidade e ao mesmo tempo proporcionam o aumento da segurança dos sistemas energéticos (Silva, 2018). Como a segunda energia renovável mais promissoras, com a energia eólica em primeiro lugar, a energia solar fotovoltaica, faz-se uma alternativa considerada por muitos países com a intenção de reduzir a dependência na utilização de combustíveis fósseis (Fernández-González, Ruiz-Bustanza, González-Gasca, Noval, Mochón-Castaños, Sancho-Gorostiaga, & Verdeja, 2018).

A exemplo da Alemanha, que a partir do início dos anos 2000 instituiu regulamentos e programas governamentais de incentivos financeiros e/ou fiscais específicos para incentivar o uso desta fonte (Santos & Jabbour, 2013). Uma vez que, torna-se considerável economicamente, alterar de maneira sustentável as instalações de um edifício, ao implementar placas solares fotovoltaicas, a fim de alimentar as dependências e diferentes equipamentos, propiciando espaços ambientalmente saudáveis e viáveis economicamente (Bitencourt, 2006).

No final da década de 1990, os Estados Unidos eram o grande fabricante de módulos fotovoltaicos (FV), mas em meados do ano de 2005, as empresas japonesas começaram a se destacar na produção de módulos FV, e a partir de 2008, a China e Taiwan foram responsáveis pela maior parcela da produção mundial (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, 2020). Com o desenvolvimento e aprimoramento dessas tecnologias nas produções de módulos FV, países como Estados Unidos, Japão, China e Taiwan, possuem grande avanço na eficiência da conversão da energia solar aplicada em edifícios.

A instalação de um sistema solar fotovoltaico em edifícios, pode ocorrer de duas maneiras. Em um sistema autônomo (*off-grid*), no qual são necessárias baterias para que a

energia produzida pelas placas fotovoltaicas possa ser armazenada e utilizada em um momento posterior, ou um sistema fotovoltaico conectado à rede de transmissão de energia elétrica (*on-grid*), no qual permite que a energia produzida em excesso seja repassada para a rede de transmissão, na qual é convertida em créditos de energia para o edifício (Boso, Gabriel & Gabriel Filho, 2015).

O Brasil possui uma média anual de irradiação solar diária uniforme, com valores elevados em todo seu território. Com isso, o país busca novas estratégias, que visam suprir sua matriz energética por meio de fontes renováveis, ao caminho que desenvolve e incentiva iniciativas de baixo carbono (Bondarik, Pilatti & Horst, 2018). Algumas das iniciativas brasileiras estão voltadas para projetos de implementação de placas fotovoltaicas para alimentação de prédios públicos no país. Como citado por Barbosa e Freitas (2017), no caso de duas unidades situadas no município de Paranaíba, Mato Grosso do Sul, no qual foram desenvolvidos projetos de instalação de painéis FV, com a finalidade de contribuir com a sustentabilidade e redução nas contas de luz, condição que possibilita que os edifícios sejam menos dependentes da luz elétrica.

Outro exemplo que pode ser mencionado é o prédio administrativo do campus da Universidade Federal de Pelotas, localizado na zona portuária da cidade de Pelotas/RS, estado que apresenta um dos menores índices de irradiação solar no país. Com cerca de 25.000m² de área construída, e com grande potencial de geração de energia solar fotovoltaica, ao ser analisado um projeto de implementação de sistema um *on grid* (Signorini, Vianna & Salamoni, 2015).

Nesta pesquisa, optou-se pelo estudo de edifícios públicos localizados na região Sudeste do Brasil, na cidade de São Paulo, capital do Estado de São Paulo, local que possui mais de 45 milhões de habitantes, e representa o maior parque fabril da América Latina. E devida a sua proporção em 2017 o Estado foi responsável por 27% do consumo da energia utilizada no país (Purificação, Ramos & Kniess, 2020).

Considerando os critérios determinados, que serão apresentados na metodologia, decidiu-se pelo desenvolvimento deste estudo no Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo (PNMFC), local que apresenta grande relevância ambiental em função da vegetação nativa e nascentes presentes. Localizado na zona leste do município de São Paulo, o PNMFC desenvolveu o primeiro edifício público sustentável da cidade de São Paulo, com um projeto que buscou por meio da instalação de placas solares fotovoltaicas, a geração de sua própria

energia, com o intuito de minimizar os impactos ambientais locais (Secretaria do Verde e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2014).

Diante da importância crescente da utilização de energias renováveis em edifícios, formulou-se a seguinte questão norteadora para a presente pesquisa: Como a implementação do projeto de energia solar fotovoltaica contribuiu para o Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

A presente dissertação tem como objetivo geral analisar a contribuição do sistema solar fotovoltaico instalado no Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo (PNMFC) localizado no município de São Paulo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar as políticas públicas de incentivo à eficiência energética no Brasil.
- Discutir sobre os casos identificados, no contexto internacional e no Brasil, de prédios públicos que implementaram projetos de energia fotovoltaica.
- Analisar as fases do projeto de implementação de energia solar na sede do PNMFC.

1.3 Justificativa

Comparada aos combustíveis fósseis, as energias alternativas oferecem a disponibilidade de recursos renováveis distribuídos, o acesso e a modularidade de suas tecnologias facilitadoras e o potencial para novas formas de geração de energia (Burke & Stephens, 2018). A utilização de fontes renováveis de energia, como por exemplo, a energia solar fotovoltaica, pode favorecer o estabelecimento da geração distribuída no país e no mundo, o que permite a diversificação da matriz energética (Santos & Jabbour, 2013).

O sistema solar fotovoltaico, conta com uma fonte abundante com incidência inesgotável na superfície terrestre (Verma, Midtgard & Satre, 2011). Além do que, seus sistemas não emitem ruídos, seus painéis são estáticos o que possibilita a utilização em pequenas áreas, como em telhados e fachadas, que viabiliza a construção de usinas fotovoltaicas próximas aos centros de consumo, fator que evita perdas de tensão (Rüther, 2004).

A geração distribuída, na qual a energia elétrica é gerada no local de consumo ou próximo a ele, se tornará o mais importante sistema de geração nos próximos anos, com inúmeras vantagens ao setor elétrico visto que a disposição da unidade de geração próxima à carga permite a diminuição das perdas associadas ao transporte de energia elétrica, advindas do modelo tradicional (Ackermann, Andersson & Söder, 2001). Incentivos para a relação custo-eficácia vem da introdução da competição na geração e da regulamentação das empresas de distribuição, que com essa adesão podem permitir que os níveis de confiabilidade, ao se referir a quedas de tensão, diminui para zero no que diz respeito ao abastecimento (Pepermans, Driesen, Haeseldonckx, Belmans & D'haeseleer, 2005).

Durante a distribuição da energia por meio dos sistemas de transmissão habitual, ocorrem perdas nos processos de alimentação e transformação. Tais perdas podem atingir a ordem de 4 a 7% da potência total transmitida (Public Utility Commission of Texas, 2001). Esta perda indica uma quantidade de energia que é gerada, mas não se transforma em receita e por este motivo a concessionária repassa o custo das perdas para todos os consumidores na forma de aumento de tarifa. Com a inclusão da geração distribuída, as perdas na transmissão serão reduzidas, influenciando diretamente no potencial econômico do consumidor final (Dias, Bortoni & Haddad, 2005).

Além do transporte da eletricidade em longas distâncias, a economia de escala em geração, permite maior conveniência e menores custos, por fazer uso da geração distribuída e permitir uma reação flexível ao seu preço. Promove também a micro e minigeração de eletricidade com sistemas FV conectados à rede elétrica, o que prevê a criação de empregos no setor de serviços de instalação, manutenção e treinamento (Marques, 2014).

De acordo com o Balanço Energético Nacional (Ministério de Minas e Energia [MME] & Empresa de Pesquisa Energética [EPE], 2019) o Estado de São Paulo, consome 145 mil GWh de energia, e gera apenas 66.495kWh de energia (1%), do qual 99% do montante, necessita ser importado de cidades próximas. Apesar da capital paulista possuir um alto índice de poluição, o potencial solar ainda pode ser bem aproveitado, porém até o ano de 2019 apenas 278 kWh

dos 66.495kWh gerados na cidade, advinda de fonte solar (Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, 2020).

Com isso, a possibilidade de adaptação de prédios construídos em diferentes décadas e destinados a diferentes frentes torna-se alcançável, proporcionado por investimentos e desenvolvimento de novas tecnologias, além do incentivo de programas de certificação ambiental de edifícios. A energia gerada na própria edificação possibilita a sobreposição de módulos FV aos elementos construídos, o que gera grande fluxo de economia nos cofres públicos (International Energy Agency [IEA], 2010).

Por fim, ao ser considerado que grande parte das edificações construídas nas décadas passadas não foram projetadas com propósitos relacionados à sustentabilidade, de modo geral, como levantado pelo MME (2015), apesar disso, estas apresentam oportunidades significativas para implementação de tecnologias voltadas a economia energética e menor impacto ambiental (Silva, 2018).

1.4 Estrutura do trabalho

Esta dissertação se inicia com o capítulo de introdução, no qual são abordados os principais pontos da geração de energia solar fotovoltaica no contexto mundial, brasileiro, do Estado e município de São Paulo. Seguido pela contextualização, item que apresentará a questão norteadora para desenvolvimento da pesquisa, objetivos a serem alcançados e exposição da justificativa.

O segundo capítulo é o Referencial Teórico com a exposição da revisão da literatura acerca dos impactos que a geração de energia causa ao meio ambiente, com o levantamento das principais fontes de energias renováveis dando ênfase à energia solar fotovoltaica. Assim como as dimensões de eficiência energética, os marcos regulatórios que incentivam a eficiência energética no território nacional, o que contribuiu para a construção de um parâmetro de comparação com países Europeus e da América do Norte. O capítulo é finalizado com a realização de pesquisa bibliográfica na literatura especializada a respeito de projetos de implantação de placas solares fotovoltaicas em edifícios construídos.

O terceiro capítulo descreve a metodologia do estudo, com o delineamento da pesquisa, abordagem e caráter escolhidos para o desenvolvimento do estudo e por fim, os procedimentos de coleta e análise dos dados.

No quarto capítulo é apresentada a análise dos resultados obtidos, com a discussão dos dados entre autores relevantes, que abordam o tema principal do presente trabalho.

Finaliza-se o presente trabalho com as considerações finais, limitação que a pesquisa apresentou e sugestões para trabalhos futuros.

2 Referencial Teórico

O meio ambiente tem sofrido impactos causados por ações antropológicas. Entre esses impactos está a emissão de gases intensificadores do efeito estufa, produzidos durante o processo de geração de energia. Uma vez que a sociedade moderna necessita de energia para realizar grande parte de suas atividades cotidianas, as alterações ambientais se intensificam a cada ano. Deste modo o estudo de fontes alternativas para geração de energia, se torna uma opção socialmente e ambientalmente viável.

Neste capítulo serão abordados os impactos que a geração de energia causa ao meio ambiente, assim como as alternativas de energias renováveis com enfoque na energia solar. Também se apresenta os marcos regulatórios brasileiros que determinam e especificam a utilização de placas solares fotovoltaicas, assim como projetos de implantação de sistemas FV em edifícios públicos no contexto internacional e do Brasil, com ênfase no Estado e município de São Paulo.

2.1 Geração de energia e o meio ambiente

Após a Revolução Industrial, que ocorreu entre 1760 e 1840 e particularmente durante século XX, devido ao aumento populacional e ao aumento de produção de bens de consumo, houve um crescimento na exploração de recursos naturais e na utilização de tecnologias em larga escala para obtenção de energia (Inatomi & Udaeta, 2005). Desta maneira as agressões ao meio ambiente tornaram-se significantes (Goldemberg & Villanueva, 2003).

O sistema energético com a utilização de combustíveis fósseis é responsável pela emissão de cerca de 75% do CO₂, por 41% de chumbo (Pb), 85% de enxofre (S) e 76% dos óxidos de nitrogênio (NO_x) lançados à atmosfera. A junção de enxofre com os óxidos de nitrogênio tem um papel importante na formação de ácidos, que provocam chuvas ácidas, responsáveis por danos em coberturas vegetais, agricultura e corrosão de materiais manufaturados (Jannuzzi, 2001).

Como mencionado por Jannuzzi (2001), os efeitos negativos deste sistema que inclui a extração, o processamento, a distribuição e o uso de energia, não se restringem apenas ao local em que as atividades de produção ou consumo são realizadas, mas também geram efeitos regionais e até mesmo globais. Como afirmam Torgal, Mistretta, Kaklauskas, Granqvist e

Cabeza (2013), cerca de 80% das emissões de gases agravantes do aquecimento global, como o ozônio (O₃), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e CO₂ provém da queima de combustíveis fósseis durante a produção de energia. Dessarte, o cenário atual demonstra um perigo eminente, uma vez que se em remota hipótese, que todas as emissões cessem subitamente, a quantidade de CO₂ já existente iria permanecer na atmosfera durante todo o século XXII.

As emissões desenfreadas de gases intensificadores do efeito estufa são debatidas desde 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. Durante esta conferência houve a criação do Protocolo de Kyoto, em que foi estabelecido que países desenvolvidos deveriam reduzir cerca de 5% nas emissões dos GEE entre os anos 2008 e 2012 (Inatomi & Udaeta, 2005). Autores como Almer e Winkler (2017), Grunewald e Martinez-Zarzoso (2016), Aichele e Felbermayr (2012, 2013), constataram que países com metas de emissão de CO₂ vinculadas sob o proposto pelo Protocolo de Kyoto, possuem emissões em média 7% inferiores do que teriam na ausência das metas estipuladas.

Desta maneira, preocupações com a utilização de combustíveis fósseis para a geração de energia, somadas ao aumento da demanda de energia, resultaram em interesse coletivo em fontes renováveis. Dado que, o desenvolvimento sustentável no setor energético é afetado por questões nas dimensões social, econômica e ambiental (Ahmed & Sarkar, 2019).

Tais respostas ligam-se ao *Triple bottom line*, representado na Figura 1, cujo objetivo é o desenvolvimento sustentável, que ao mesmo tempo que promove o crescimento econômico e o progresso social, não compromete o meio ambiente. Com o pilar social, referente ao capital humano relativo à sociedade, o pilar econômico, relativo ao lucro obtido durante e após a implementação de um procedimento e o pilar ambiental que trata do ambiente natural em que a sociedade está inserida, estes se aplicam de modo que uma sociedade ou empresa se desenvolva sustentavelmente (Zafrilla et al., 2019).



Figura 1. *Triple Bottom Line*

Fonte: Adaptado de Venturini e Lopes (2015)

Como afirma Ahmed e Sarkar (2019), desenvolver e projetar uma cadeia de abastecimento de energias sustentável que seja econômica, a fim de minimizar as ameaças ambientais e melhorar os aspectos sociais, necessita de um gerenciamento e desenvolvimento de um design que envolva diversas decisões a serem otimizadas.

Desta maneira, países desenvolvidos e em desenvolvimento encontram dificuldades para suprir a demanda crescente de energia e fornecer recursos energéticos a fim de atender seu crescimento econômico de maneira a impactar minimamente o meio ambiente. Como citado por Altoé, Costa, Oliveira Filho, Martinez, Ferrarez e Viana (2017), torna-se imprescindível que os diversos setores da sociedade busquem meios mais racionais e eficientes de desenvolvimento de suas atividades. Porém, como demonstrado na Tabela 1, em 2003, grande parte da energia gerada no Brasil e no mundo ainda era advinda de fontes não renováveis (Goldemberg & Lucon, 2007).

Nota-se também na Tabela 1, a supremacia brasileira no mercado mundial de fontes renováveis, com um aproveitamento de 41,3% na disseminação do uso de tecnologias, em especial o etanol de cana-de-açúcar. Dados que demonstram a ampla experiência e crescente investimento nacional em energias renováveis, em especial os biocombustíveis (Leite & Cortez, 2008).

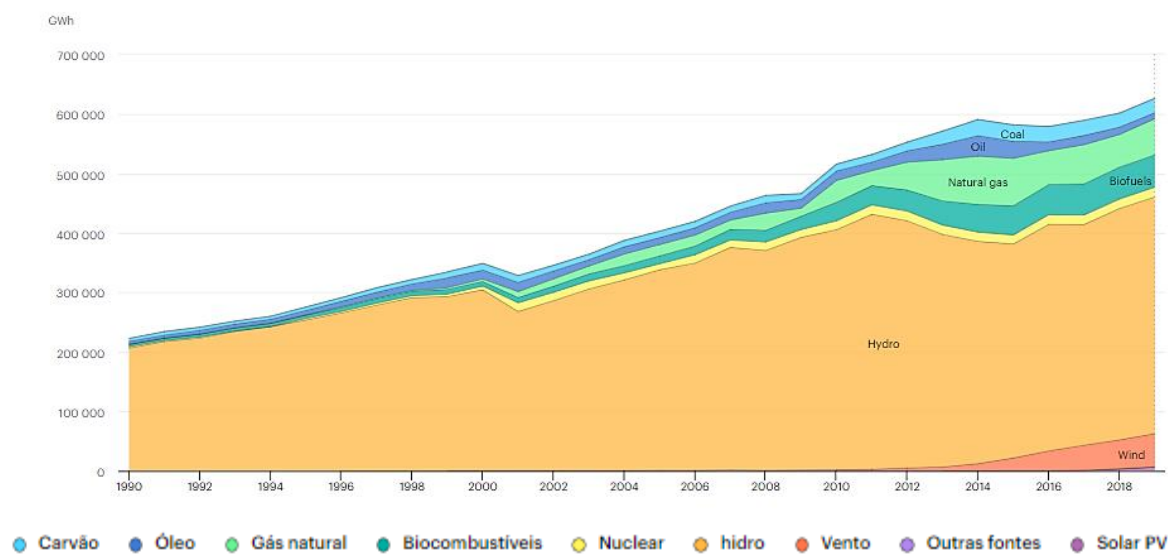
Tabela 1

Total e parcelas de energia primária no Brasil e no mundo em 2003

Energia primária		Brasil	Mundo	
Total, bilhões de tep		0,193	10,7	
Participação das fontes (%)	Não-renováveis	Fósseis	57	80,3
		Nuclear	1,8	6,4
	Subtotal		58,7	86,6
	Renováveis	Tradicionais	19,0	9,4
		Convencionais	15,3	2,1
		Modernas	< 7,0	2,9
	Subtotal		41,3	14,4

Nota. Adaptado de “Energia e meio ambiente no Brasil” de Goldemberg, J. & Lucon, O. (2007). Energia e meio ambiente no Brasil. Revista Estudos Avançados, 21(59).

Em comparação, a Figura 2 mostra o crescimento estatisticamente significativo das energias renováveis a partir de 2014, além da já existente alta geração de energia gerada por meio de recursos hídricos apresentada pelo Brasil. (Dogan, Altinoz, Madaleno & Taskin, 2020).

**Figura 2.** Geração de eletricidade por fonte, Brasil 1990-2019

Fonte: Recuperado de “International Energy Agency (2020) Data and statistics”. <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=BRAZIL&fuel=Energy%20supply&indicator=ElecGenByFue>

Assim como na Figura 3, percebe-se que a matriz energética brasileira possui uma maior porcentagem de utilização de fontes renováveis ao ser comparada a matriz mundial. Essa prevalência é evidenciada pela capacidade hídrica instalada. Devido a existência de grandes rios, houve a possibilidade de construção de uma das maiores estruturas de geração de eletricidade do mundo (Ribeiro & Silva, 2010).

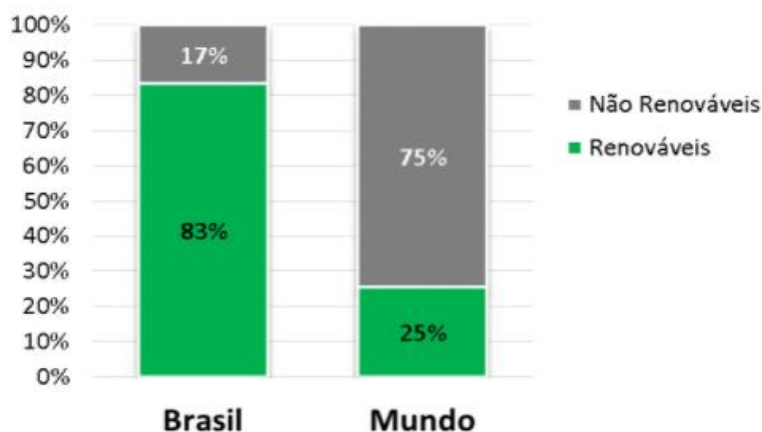


Figura 3. Comparação entre a matriz Energética brasileira e mundial.

Fonte: EPE (2020) Matriz Energética e Elétrica. Recuperado de <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>.

Conforme MME e EPE (2019), a matriz energética é constituída por cerca de 65% de hidrelétricas como demonstrado na Figura 4. Entretanto, apesar de se tratar de uma fonte renovável de energia, as hidrelétricas são responsáveis por grandes impactos ao meio ambiente durante sua construção e instalação. Na qual há grande perda do equilíbrio do ecossistema, devido à larga escala de desmatamento, alagamentos de áreas cultiváveis e expropriação de comunidades de fauna (Assenheimer, 2015).

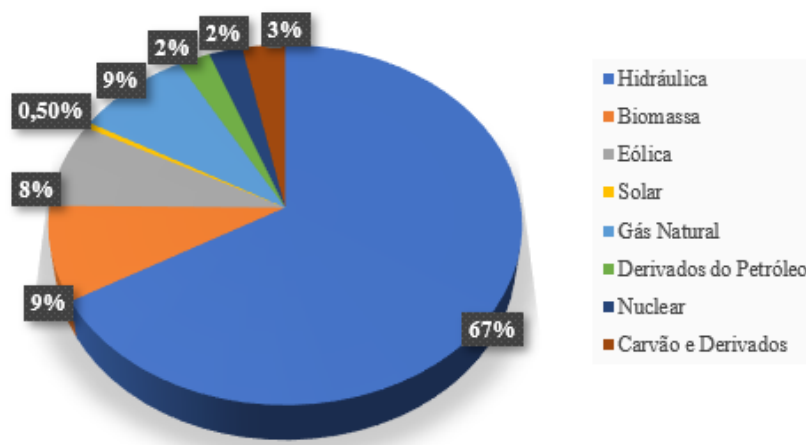


Figura 4. Matriz elétrica brasileira referente ao ano de 2018

Fonte. Recuperado de Balanço energético nacional 2019. Relatório Síntese/Ano Base 2018 de MME e EPE (2019).

O crescimento na produção de energia foi baseado no aumento no consumo energético que ocorreu entre os anos de 1975 e 2000, como demonstra a Figura 5, a rápida industrialização e o crescimento no número de indústrias no país modificaram a porcentagem de energia utilizada pelos principais setores da sociedade (Geller, Schaeffer, Szklo, & Tolmasquim, 2004).

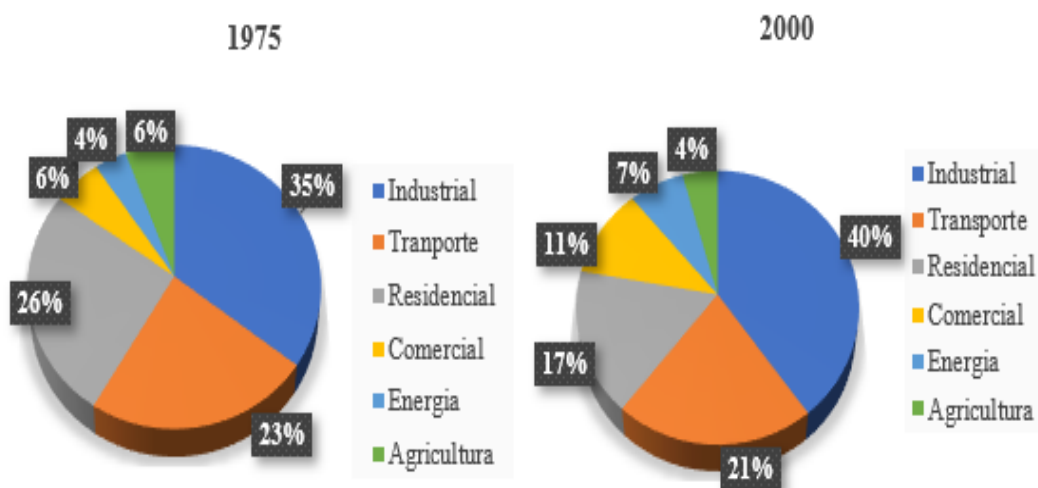


Figura 5. Consumo final de energia por setor dos anos 1975 e 2000.

Fonte: Adaptado de “Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil” de Geller, H., Schaeffer, R., Szklo, A., & Tolmasquim, M. (2004). *Energy Policy*, 32(12), 1437-1450

Com o desenvolvimento industrial e com o aumento do tempo em que a população permanece dentro de ambientes construídos, como mencionado anteriormente, os edifícios são responsáveis por uma parcela significativa do uso de energia primária e conseqüentemente pelas emissões CO₂ em centros urbanos, a exemplo dos prédios públicos, como demonstra a Figura 6. Com isso, a participação do governo nos serviços de resposta à demanda de energia necessita ser estimulada em busca da sustentabilidade e da economia pública, porém, pode ser limitada pela falta de estrutura legal (Kontokosta & Tull, 2017).

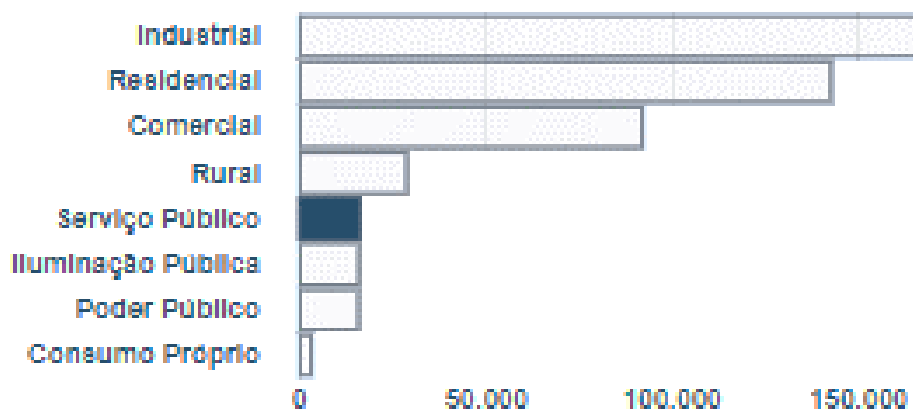


Figura 6. Anuário Estatístico de Energia Elétrica por Setores.

Fonte. Recuperado de Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020. Relatório Síntese/Ano Base 2019 de MME e EPE (2020). <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>

Soluções de flexibilização energética necessitam ser planejadas sob medida para cada cidade e seu clima. A perspectiva de economia financeira pode ser o fator mais motivador para envolver o governo, mas se faz necessário a compreensão de que o uso de energia em edifícios construídos na escala da cidade é um componente crítico para o avanço da sustentabilidade urbana, redução de carbono e alcance da eficiência energética em todo o mundo (Mlecnik, Parker, Ma, Corchero, Knotzer, & Perneti, 2020).

Com isso há a crescente necessidade de que ao mesmo tempo em que o homem gere energia e se mantenha em desenvolvimento, ocorra a conscientização ambiental para que sejam mantidos o equilíbrio e a vida na Terra. A inserção de novas fontes de energia é uma grande etapa para que esse equilíbrio seja salvaguardado (Inatomi & Udaeta, 2005).

2.2 Energias renováveis

As energias renováveis advindas de fontes com capacidade de regeneração a curto prazo e praticamente inesgotáveis, são comumente chamadas de energias não convencionais, uma vez que não são provenientes de combustíveis fósseis ou de grandes hidroelétricas (Azevedo, Nascimento & Schram, 2017).

A energia proveniente dos mares é um exemplo de energia renovável, divididas entre maremotriz, na qual a energia é gerada por meio do movimento das marés, e ondomotriz, na qual a energia é gerada pelo aproveitamento do movimento das ondas (Guerreiro, 2012). A

energia eólica proveniente dos ventos é outro exemplo de energia renovável, que por sua vez utiliza a força das massas de ar para movimentar hélices fixadas em aerogeradores (Juárez-Hernández & León, 2014). Outro exemplo é a energia solar que em um de seus usos, converte a luz solar em energia elétrica por meio de painéis FV (Rüther, 2010).

Devido aos impactos ambientais acarretados durante a geração de energia, faz-se necessário que ocorra um planejamento energético (Inatomi & Udaeta, 2005). Com impacto ambiental mínimo, os sistemas de energia renovável oferecem alternativas na geração de energia para suprir a demanda mundial. Tais sistemas incluem estratégias para integrar fontes renováveis em sistemas coerentes, com a intenção de proporcionar avanços tecnológicos no âmbito econômico e de eficiência (Pereira, 2012). Alcançar um setor energético baseado em carbono zero maximizaria os benefícios econômicos e sociais, criaria riqueza, reduziria a pobreza energética, facilitaria o acesso à energia, o que permitiria um crescimento multissetorial (IRENA, 2020). No entanto, apesar de mais econômica, a utilização de energias renováveis cresce lentamente nos principais setores consumidores de energia, como edifícios e indústria (Kåberger, 2019).

A implantação nesses setores permanece abaixo dos níveis para que se desenvolva um sistema de energia seguro. Conforme o relatório *World Energy Outlook* desenvolvido pela IRENA (2015), as fontes renováveis são cruciais e contribuirão com cerca de 25% da matriz energética mundial até 2040, evitando o anunciado colapso energético. Porém, até o ano 2016, como disposto na Figura 7, a contribuição das fontes renováveis para matriz elétrica mundial era cerca de 24%, enquanto no Brasil a contribuição era em torno de 80% de acordo com MME e EPE (2019).

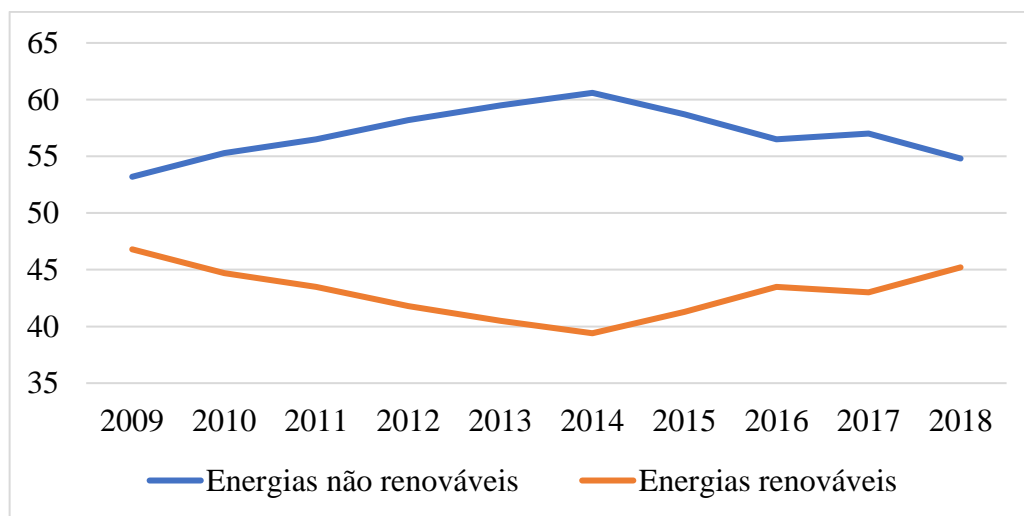


Figura 7. Participação das renováveis e não renováveis na matriz elétrica brasileira.

Fonte. Recuperado de Balanço energético nacional 2019. Relatório Síntese/Ano Base 2018 de MME e EPE (2019).

Dentre as energias renováveis há um desenvolvimento maior no âmbito da energia eólica a nível mundial (Nascimento, Mendonça & Cunha, 2012). A energia eólica proveniente do aproveitamento dos ventos para geração de energia elétrica, corresponde a uma parcela importante da capacidade elétrica global (Souza, Lima, Silveira-Martins & Queiroz, 2014).

Porém, apesar da geração de energia por fonte eólica não emitir CO₂ na atmosfera, ocorrem impactos à fauna, principalmente a aves que voam no espaço em que os aerogeradores são instalados, assim como impacto visual, impacto sonoro e interferência eletromagnética. Contudo tais características podem ser significativamente minimizadas com planejamento adequado das instalações (Terciote, 2002).

A capacidade mundial de energia eólica até o ano de 2019 era de 650GW aproximadamente, segundo a *Global Wind Energy Council* [GWEC], (2019), com o Brasil em 2009, como mostra a Figura 8, responsável por 4.390 MW de capacidade instalada, e 48.475 GWh em 2018, equivalente a um aumento de 14,4% em relação ao ano anterior, ano em que atingiu 42.373 GWh produzidos. Na qual a região nordeste é responsável por cerca de 84,48% do potencial produzido no país (Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL], 2011).

2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Δ 18/17
663	1.183	1.238	2.177	2.705	5.050	6.578	12.210	21.625	33.489	42.373	48.475	14,40%

em GWh

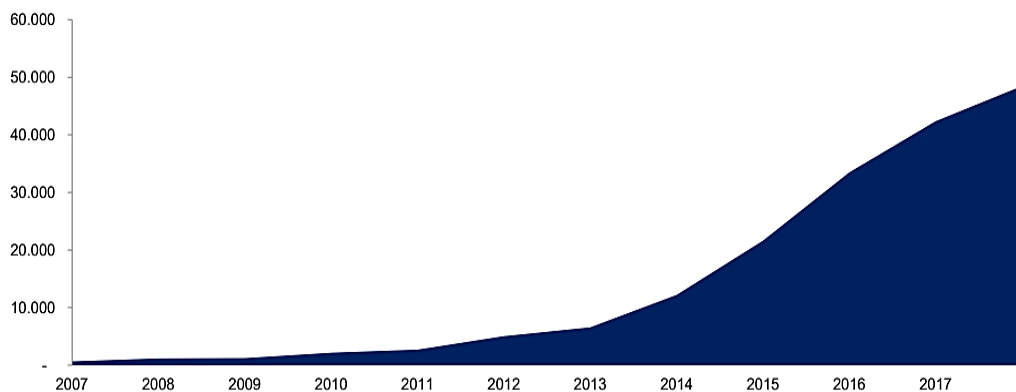


Figura 8. Evolução da geração eólica no Brasil.

Fonte. Recuperado de Balanço energético nacional 2019. Relatório Síntese/Ano Base 2018 de MME e EPE (2019).

Nota-se que a geração de energia por fontes renováveis se desenvolve em todo o mundo. Com uma positiva perspectiva de mercado para a indústria eólica, como citado por GWEC (2019) há a previsão de que 355 GW de capacidade sejam adicionados entre 2020 e 2024 ao potencial mundial.

As projeções para o futuro indicam também que a biomassa representará ao final do século XXI, 10 a 20% de toda a energia usada pela humanidade (Goldemberg, 2009). A biomassa é outra fonte renovável de energia primária não fóssil, que no ponto de vista ecológico consiste em toda matéria orgânica de um ecossistema, de origem animal ou vegetal, como por exemplo os subprodutos de florestas, pecuária, agricultura e rejeitos urbanos. Podem estas a partir de processos de combustão, co-combustão, gaseificação ou pirólise, ser utilizadas na produção de energia (Simioni & Hoeflich, 2010).

Como mencionado por Goldemberg (2009), a biomassa contém a energia armazenada sob a forma de energia química e durante séculos foi a maior fonte de energia primária da humanidade. Dados indicam que em 1850 a biomassa representava 85% do consumo mundial de energia e após a revolução industrial foi substituída por energias fósseis (Leal, 2005).

Já no ano de 2018 a fração da biomassa usada foi de cerca de 2% nos países pertencentes a *Organization for Economic Cooperation and Development* (OCDE) é de até 60% em algumas regiões do continente Africano. Recentemente, o setor energético por meio da biomassa tem trabalhado em aplicações que produzem combustíveis para o setor de transportes (biocombustíveis). A exemplo do etanol produzido em escala comercial a partir do milho nos Estados Unidos, e no Brasil a partir da cana de açúcar. No qual, segundo o Balanço Energético Nacional (MME & EPE, 2019), a participação da biomassa na matriz energética brasileira atualmente é de 8,5%.

De todas as opções disponíveis, a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar é o maior sucesso comercial dos combustíveis de biomassa em produção no país, com abastecimento aproximado de 40% do combustível para veículos de passageiros (Goldemberg, 2009). Tal sucesso é fruto do desenvolvimento de programas de incentivo à produção de biogás ao longo da história. A exemplo do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) criado 1975 pelo governo brasileiro durante a crise mundial de petróleo, com a finalidade de reduzir a dependência de importação de gasolina (Silva, Spers, Wright & Costa, 2013). Com a inserção do Proálcool o Brasil tornou-se o segundo maior produtor de etanol do mundo, o que possibilitou a criação de um mercado para os produtores de cana de açúcar, condição que motivou a indústria automobilística no desenvolvimento e na fabricação de automóveis movidos exclusivamente a biocombustíveis (MME & EPE, 2008).

Como mencionado por Milanez, Faveret Filho e Rosa (2008), o Brasil possui uma posição privilegiada no que se refere à produção de biocombustíveis, em virtude da grande extensão territorial e do clima tropical, com cerca de 100 milhões de hectares de terras aráveis

distribuídas distantes dos biomas naturais. Dados do MME e EPE (2008) apontam que, em 2007, o país utilizava 7 milhões de hectares para cultivar cana de açúcar, sendo cerca de 50% destinados à produção de etanol. E como mostra a Figura 9, o Sudeste, devido às suas particularidades, apresenta o maior potencial do país na produção de etanol, bioeletricidade e desenvolvimento tecnológico, seguido do Nordeste e do Centro Oeste.

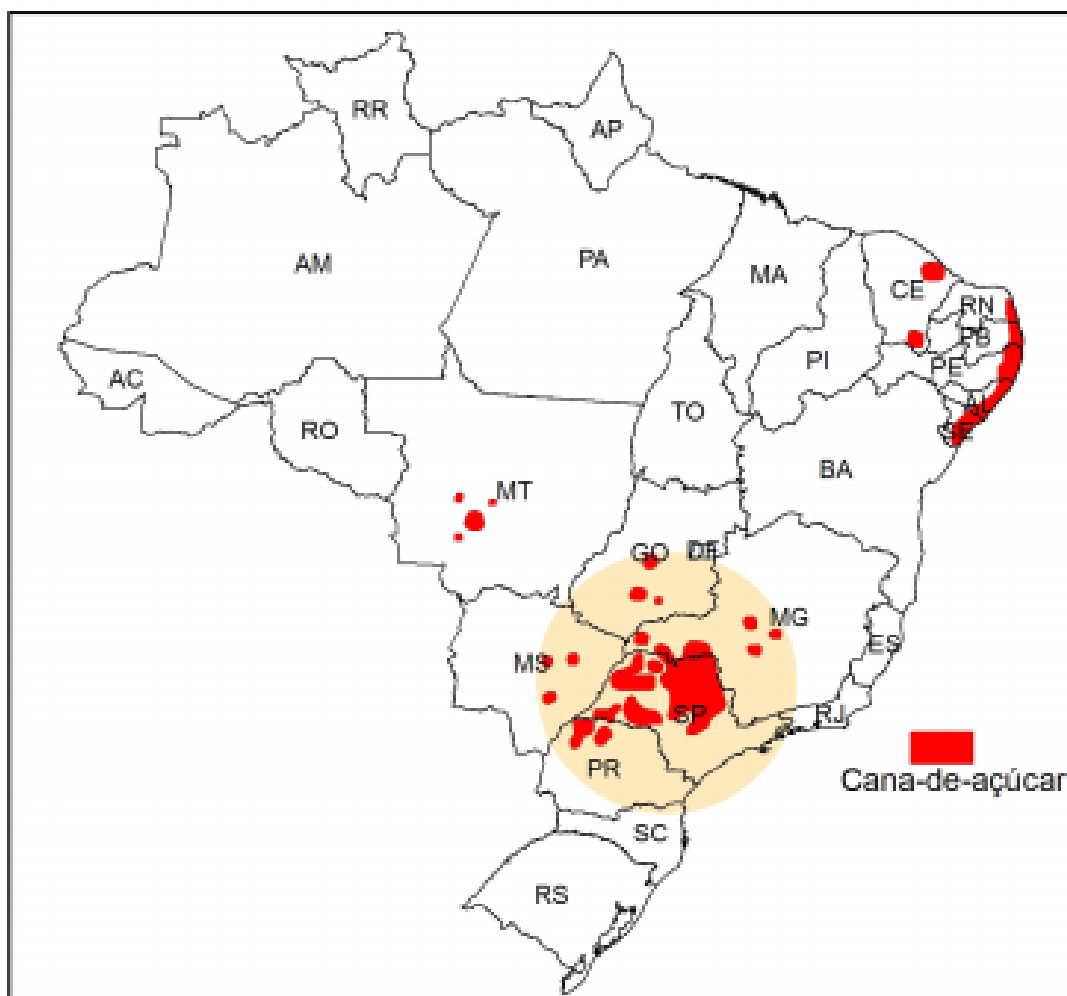


Figura 9. Mapa da produção de cana-de-açúcar no Brasil.

Fonte: Recuperado de “Plano Paulista de Energia” de Secretaria de Energia, 2012, p. 43.

A geração de energia por biomassa do bagaço de cana se mostra uma realidade no sistema elétrico nacional, do qual apresenta potencial real e que deve ser de alguma forma otimizado. De acordo com as informações fornecidas pela Secretaria de Energia (2012), São Paulo é o maior Estado produtor de cana de açúcar, com detenção de 55% da área plantada no Brasil, com geração de cerca de 10.692 GWh de eletricidade no ano de 2010, do qual 4.903 GWh é destinada a consumo próprio e 5.789 GWh ao sistema elétrico nacional.

A biomassa se tornou uma das mais promissoras oportunidades para solucionar os conflitos e expandir a contribuição energética (Goldemberg, 2009). Com a disponibilidade de tecnologias de conversão energética adequadas para aplicações em pequena e grande escalas, a geração de energia elétrica a partir da biomassa já apresenta 100% no setor sucroalcooleiro e 50% no de celulose (Leal, 2005).

Outro potencial energético renovável está nos oceanos, na denominada energia maremotriz, na qual estima-se que cerca de 3 TWh de energia é produzida de maneira natural, porém apenas cerca de 2% a 10% dessa energia é aproveitável, devido a dispersão em mar aberto e a disposição geográfica de litorais, uma vez que, poucos locais como mostra a Figura 10, apresentam condições para receber as instalações (Leite, Saavedra, Camelo, Ribeiro & Ferreira, 2011). São necessárias condições específicas do litoral, assim como a forma da costa e o leito marinho, além de que baías e estuários existentes no local devem ser consideradas (Guerreiro, 2012).

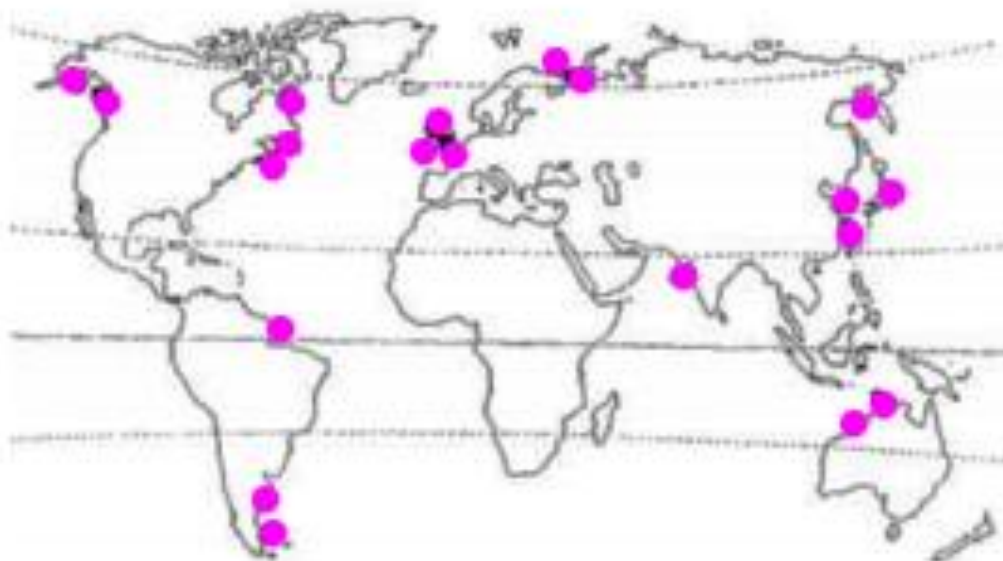


Figura 10. Locais que apresentam características para a exploração da energia de maremotriz. Fonte. Recuperado de “Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências” de Leite, P. B., Saavedra, O. R., Camelo, N. J., Ribeiro, L. A. S & Ferreira, R. M. (2011).

Resultante da influência gravitacional exercida pelo Sol e pela Lua na Terra, o fenômeno das altas e baixas das marés é altamente previsível e conhecido pelo homem (Leite, Saavedra, Camelo, Ribeiro & Ferreira, 2011). Deste modo, utilizar o conhecimento do ciclo para aumentar a geração de energia deve ser considerada para que a utilização da energia advinda dos oceanos atinja uma expressiva porcentagem de geração. Uma vez que, segundo previsão realizada pela

International Energy Agency (IEA) (2020) este tipo de fonte de energia terá considerável representatividade na matriz energética mundial apenas após 2030.

A perspectiva evolucionária das energias renováveis amplia as abordagens que se dão ao setor energético mundial. Dentro deste mercado, a energia solar recebe influência direta e indireta de fatores sociais, econômicos e ambientais e como mostra a Tabela 2, é a fonte que mais tem crescido no Brasil e no mundo nos últimos anos. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada como fonte de energia térmica, assim como para geração de potência mecânica ou elétrica (Assenheimer, 2015).

Tabela 2
Oferta interna de energia 2018/2017

Fonte	2017	2018	2017/2018
Hidrelétrica	370.906	388.971	4,9%
Gás Natural	65.593	54.622	-16,7%
Biomassa	51.023	52.267	2,4%
Petróleo	12.458	9.293	-25,4%
Nuclear	15.739	15.674	-0,4%
Carvão	16.257	14.204	-12,6%
Eólica	42.373	48.475	14,4%
Solar	832	3.461	316,1%
Outras*	14.146	14.429	2,0
Geração Total	589.327	601.396	2,0%

Nota. Adaptado de “Balanço energético nacional 2019. Relatório Síntese/Ano Base 2018 de MME e EPE (2019)

Como mencionado por Bayod-Rújula, Lorente-Lafuente e Cirez-Oto (2011), atualmente há uma busca constante da indústria de energia solar por novos materiais e tecnologias, com o objetivo de promover o aperfeiçoamento de captação e transformação, a fim de proporcionar maior eficiência com menor custo que permita estabelecer uma geração distribuída de dimensões continentais (Ruther, Salamoni, Montenegro, Braun & Devenienne, 2008). Além disso, ao se falar em geração distribuída, o trajeto que se inicia na geração e é finalizado no

consumo, é reduzido e, conseqüentemente, as perdas de energia são drasticamente minimizadas (Purificação, Ramos & Kniess, 2020).

Como mencionado, essa fonte possui grandes dimensões que serão mais bem discutidas no próximo capítulo.

2.2.1 Energia fotovoltaica

Dentre as fontes renováveis de energia, a energia solar apresenta um alto potencial energético e a maior abundância, visto que as radiações solares que atingem a superfície da Terra variam de $0,06 \text{ kW/m}^2$ em altas latitudes a $0,25 \text{ kW/m}^2$ em baixas latitudes (Gómez, Carlesso, Vieira & Silva, 2018).

Utilizada desde os primórdios da humanidade como fonte de energia a fim de fazer fogo e aquecer casas, água e alimentos, a energia solar por certo período do século XX perdeu a importância devido ao aumento na utilização de combustíveis fósseis (Belessiotis & Papanicolaou, 2012). A partir da década de 1970 com o aumento dos preços da comercialização dos combustíveis fósseis e após guerras que levaram a crises energéticas, o interesse em energia solar como alternativa voltou a aumentar, com estimativas que esta fonte representará mais de 25% da matriz elétrica global em 2040 (ANEEL, 2008).

Com uma maior diversificação da matriz energética que busca auxiliar no suprimento crescente de energia limpa, a geração de energia solar cresce exponencialmente desde o início da década. Utilizada para produzir corrente elétrica pelo efeito fotovoltaico, que compreende na conversão direta da luz solar captada em energia elétrica. Por meio de controladores e conversores que coletam e processam, a corrente pode ser utilizada diretamente ou armazenada em baterias (Villalva, 2012 e Santos & Jabbour, 2013).

Capaz de transformar a energia advinda de uma fonte de luz em energia elétrica, as células solares são dispositivos utilizados para coleta da energia fotovoltaica. Dispostas normalmente em agrupamentos chamados de módulos solares, dotados de tecnologias que permitem resistir a condições ambientais antagônicas (Santos, 2011). A esse agrupamento formado por placa solar, controlador de carga, baterias e inversor, dá-se o nome de painel fotovoltaico, que em conjunto transforma-se em um sistema (Carvalho, Riffel, Freire & Montenegro, 2004 e Santos & Jabbour, 2013).

O sistema solar fotovoltaico pode ser classificado de duas maneiras: sistemas FV autônomos (*off grid*), como demonstrado na Figura 11, que são aqueles que suprem energia

para locais normalmente isolados de rede elétrica, podendo tal energia ser armazenada em baterias para um uso posterior. Ou sistemas conectados à rede elétrica (*on grid*), que operam concomitantemente com a rede de eletricidade, como mostra a Figura 12 (Villalva, 2012).



Figura 11. Sistema fotovoltaico autônomo
Fonte: Recuperado de “Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas FV autônomos” de Imhoff (2007).



Figura 12. Sistema fotovoltaico concomitante
Fonte: Recuperado de “Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas FV autônomos” de Imhoff (2007).

A velocidade com que essa fonte se desenvolve decorre da sua capacidade de cobrir a maioria dos segmentos de mercado, da sua facilidade de instalação e da redução dos custos apresentados nos últimos anos. Com tal crescimento a energia fotovoltaica possui potencial para se tornar a longo prazo a maior fonte de eletricidade, devido sua abundância e a distribuição e investimentos em tecnologias que ocorre atualmente (Ferreira, Kunh, Fagnani, Souza, Tonezer, Santos & Coimbra-Araújo, 2018). Apesar do grande potencial solar existente no Brasil, o incentivo à tecnologia ainda é incipiente (Silva, 2018).

A União Europeia (UE) se desenvolve no mercado energético, com uma série de instrumentos legais, que buscam regulamentar um uso racional da energia e a utilização de energias renováveis, como a energia solar, mesmo com um posicionamento geográfico não favorável para utilização de energia solar durante as quatro estações do ano (Fernández, 2011). A exemplo tem-se a Alemanha, que apesar de seu posicionamento geográfico não favorável à irradiação solar, o país possui um forte programa de diversificação e simultânea “limpeza” da matriz energética local. Com investimento na utilização de energias renováveis para geração de energia, o país dispõe de quase 50% do potencial solar instalado em relação ao total mundial, como apresenta a Tabela 3 (ANEEL, 2008).

Tabela 3

Maiores potências instaladas de células fotovoltaicas no mundo em 2007

País	Potência (MW)	% em relação ao total
1° Alemanha	3.862,0	49,3
2° Japão	1.918,9	24,5
3° Estados Unidos	830,5	10,6
4° Espanha	655,0	8,4
5° Itália	120,2	1,5
Outros países	454,4	5,7
Total	7.841,0	100

Fonte: Recuperado de Atlas de energia elétrica do Brasil de ANEEL (2008).

Em comparação, como demonstra a Tabela 4, o Brasil em sua região menos ensolarada, apresenta a possibilidade de geração maior de energia solar do que no local mais ensolarado da Alemanha.

Tabela 4

Irradiação Solar kWh/m²/Dia

País	Mínima	Máxima	Média	Área (mil km ²)
Alemanha	2,47	3,42	2,95	357,02
França	2,47	4,52	3,49	543,43
Espanha	3,29	5,07	4,18	504,97
Brasil	4,25	6,75	5,5	8.515,77

Fonte: Recuperado de “Barreiras e facilitadores para o uso da energia fotovoltaica: uma revisão sistemática da literatura” de Purificação, Ramos e Kniess (2020).

Como mencionado anteriormente, à geração de energia fotovoltaica, mesmo com a favorável irradiação solar no Brasil, ainda representa menos de 0,1% da matriz energética nacional (Bondarik, Pilatti & Horst, 2018). A Figura 13, mostra o total da irradiação horizontal

anual ao qual o país está exposto, pode-se verificar que o valor máximo de irradiação está na região nordeste do país, com o Estado da Bahia que apresenta o maior índice de radiação, com 6,5 kWh/m², seguido pelos Estados do Piauí, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, todos localizados a nordeste do Brasil. Tocantins e Goiás demonstram o maior índice da região central e Minas Gerais e São Paulo a sudeste. O menor índice ocorre em Santa Catarina, região sul do país, com 4,25 kWh/m² por dia, este, ainda superior a Alemanha, país com maior investimento em energia solar fotovoltaica e que apresenta o valor máximo de 3,44kWh/m² (Pereira et al., 2017).

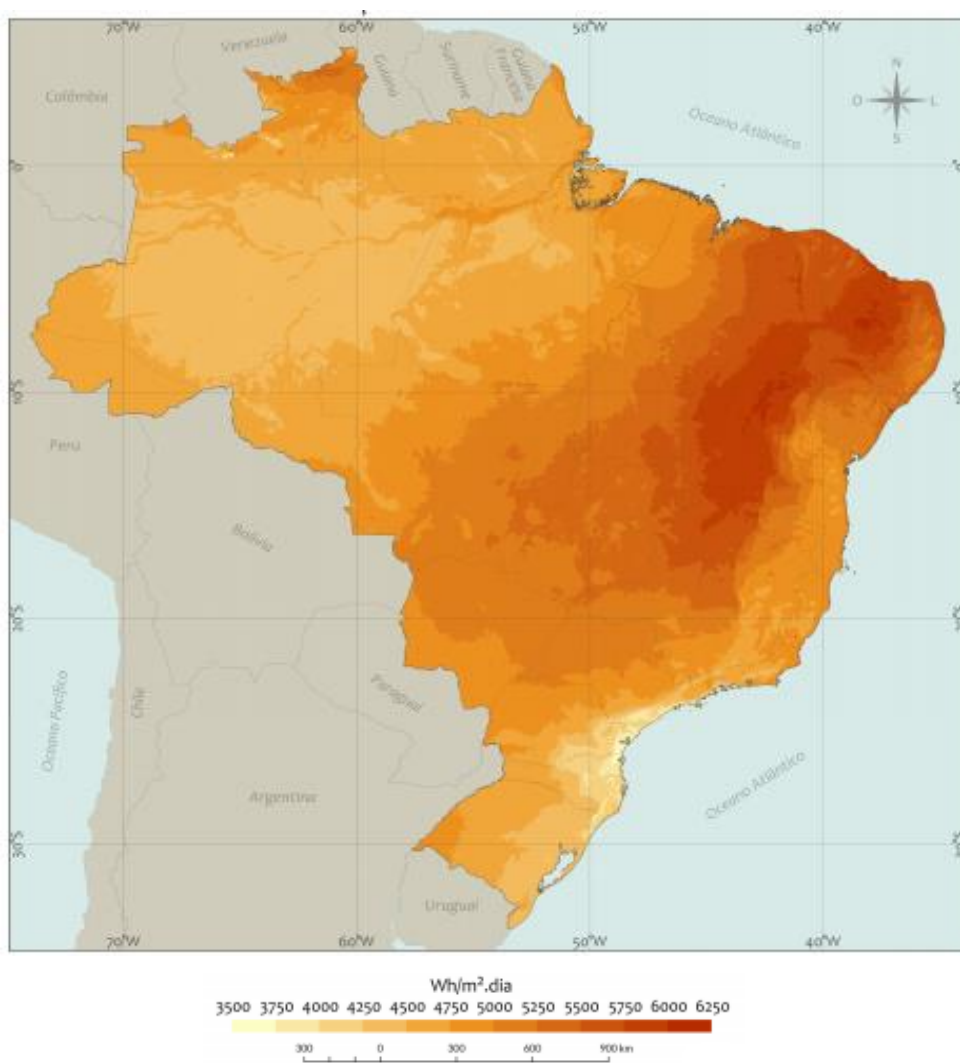


Figura 13. Mapa da irradiação solar no Brasil

Fonte. Recuperado de “Atlas Brasileiro de Energia Solar”, de Pereira et al, 2017, p. 36.

Para que o Brasil possa crescer e desta maneira dominar a cadeia produtiva de energia fotovoltaica, como mencionado por *World Wide Fund for Nature Brazil* [WWF- Brasil], (2012),

é necessário que se estabeleçam políticas de incentivo à geração de energia fotovoltaica em larga escala.

Além do domínio da cadeia mundial, a inserção da geração de energia elétrica a partir de fontes solares, proporcionarão a redução de despesas com energia elétrica (Goldemberg, Coelho, Nastari & Lucon, 2004). Com relação a grandes edificações, parte considerável está presente em grandes cidades, com cerca de 1.000.000 habitantes. Como demonstra o mapa do potencial fotovoltaico brasileiro, representado na Figura 14, há uma compatibilidade entre o número de habitantes por municípios, a concentração de municípios próximos e a incidência de irradiação anual (Pereira, et al., 2017).

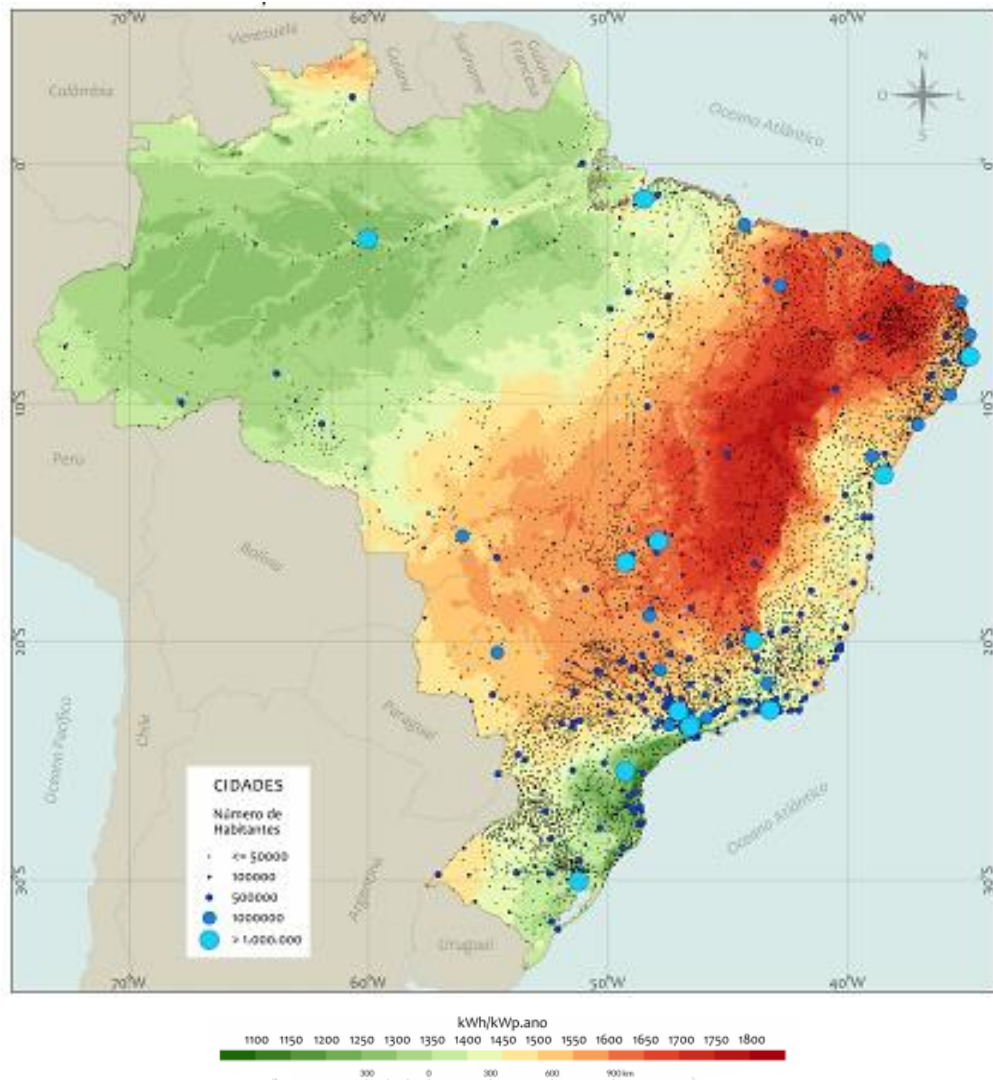


Figura 14. Potencial de geração solar fotovoltaica nas cidades.

Fonte: Recuperado de “Atlas Brasileiro de Energia Solar”, de Pereira et al, 2017, p. 59.

A Figura 15 indica a insolação diária média no Brasil, com destaque para o Estado de São Paulo, que devido à sua latitude, infraestrutura, condições climáticas, à extensão territorial, características de seu sistema elétrico e principalmente ao seu poder econômico apresenta condições favoráveis para o aproveitamento da energia solar (Pereira, et al., 2017).

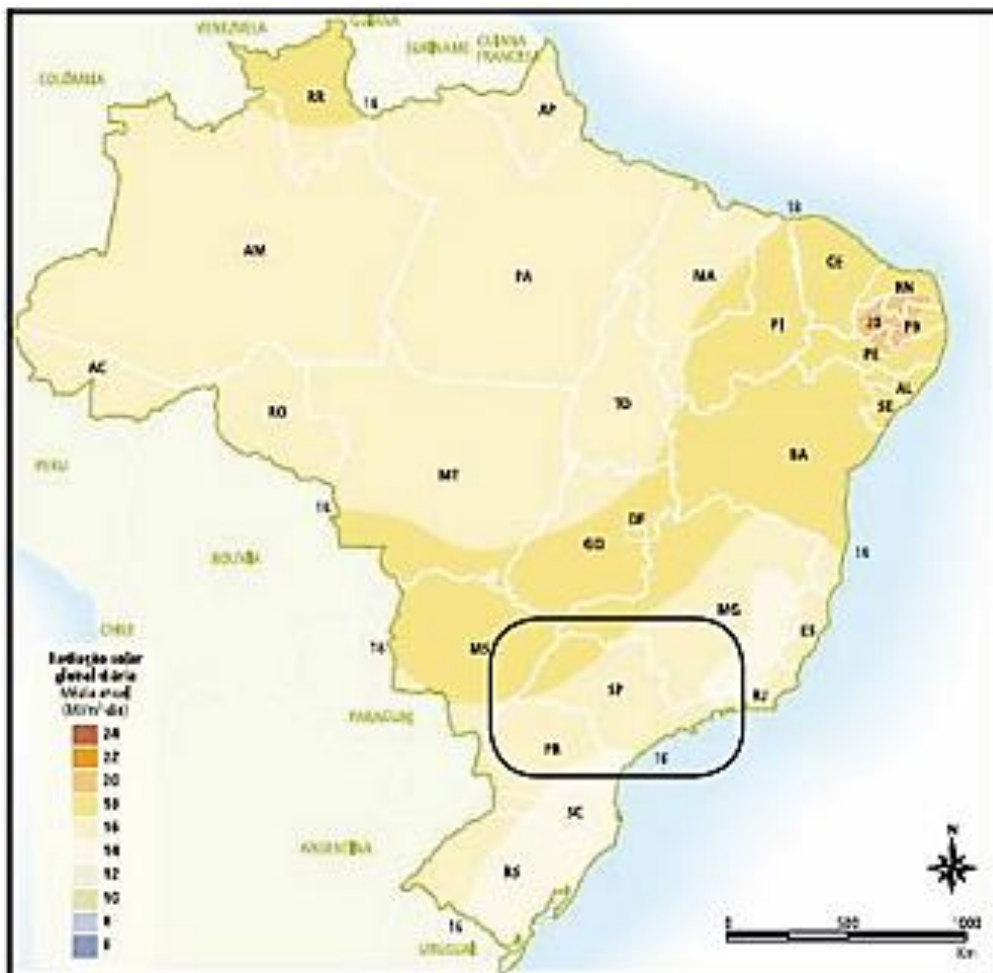


Figura 15. Insolação diária média no Brasil.

Fonte: Recuperado de “Plano Paulista de Energia” de Secretaria de Energia, 2012, p. 73.

O Estado de São Paulo, com 45.919.049 habitantes em uma área de Área: 248.219 km², é a terceira unidade política mais populosa da América do Sul, e dá nome a sua capital, São Paulo. Principal centro comercial, financeiro e corporativo da América do Sul e 8.^a cidade mais populosa do planeta, com cerca de 12 milhões de habitantes, a cidade apresenta tecnologia fotovoltaica promissora. A partir do mapa retratado na Figura 16, disponível no Atlas de Energia Solar Paulista (Secretaria de Energia, 2013), é possível determinar o potencial da irradiação solar que cada região do Estado de São Paulo recebe. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2019).

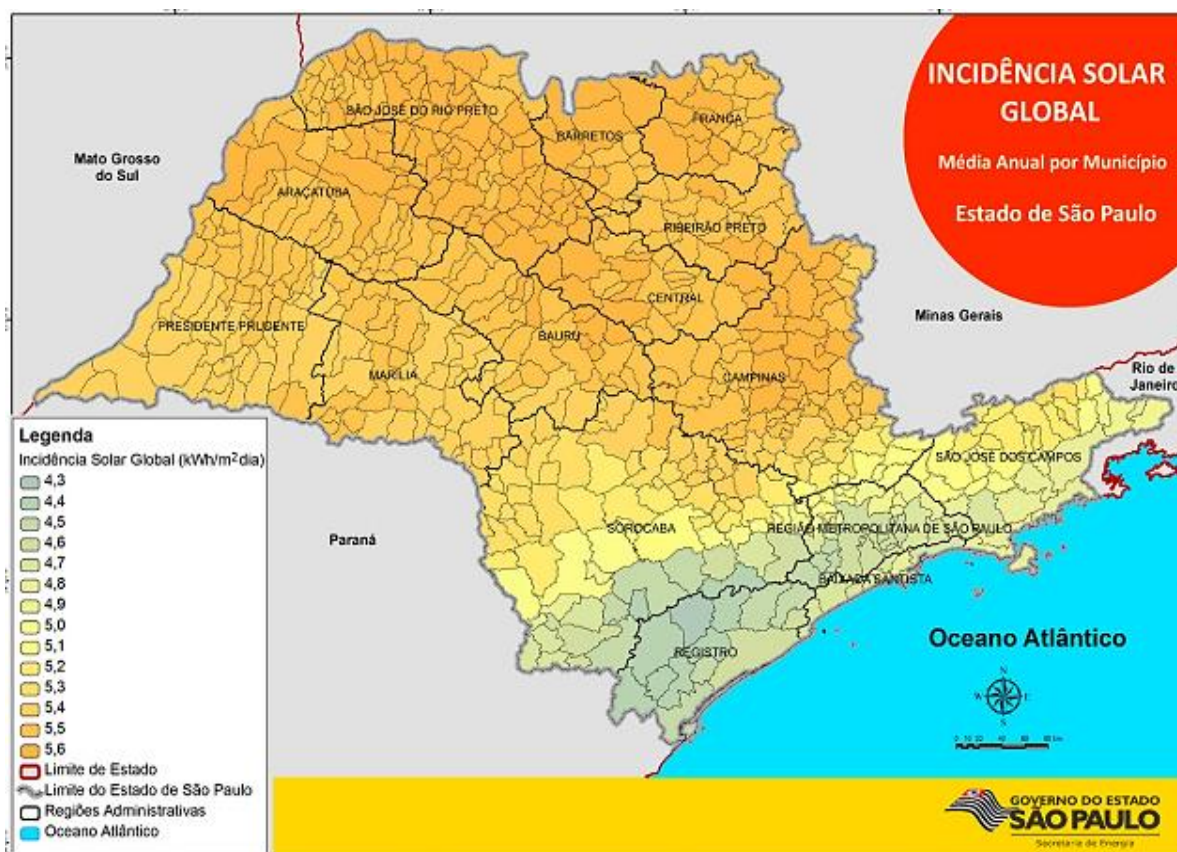


Figura 16. Média anual de incidência solar global por Município do Estado de São Paulo.
 Fonte: Adaptado de “Energia solar paulista. Levantamento do Potencial”. De Secretaria de Energia, 2013, p. 23.

No passado, o setor energético do Estado de São Paulo demonstrou adaptabilidade às crises energéticas, fruto das circunstâncias nacionais e internacionais. Essa capacidade de superar crises energéticas tem sido uma característica fundamental do desenvolvimento energético estadual (Secretaria de Energia, 2012).

Atualmente o Estado apresenta uma quantidade de radiação solar com uma capacidade efetiva de geração de energia equivalente a 512 TWh/ano. Neste cenário, e a fim de exemplificar o potencial da incidência solar no Estado de São Paulo, a Tabela 5, mostra a incidência de energia solar global diária incidente em alguns dos principais municípios paulistas (Secretaria de Energia, 2012). A tabela é disponibilizada com os municípios em ordem alfabética.

Tabela 5

Incidência solar global diária em municípios do Estado de São Paulo

Município	KWh/m ² . Dia Anual
Araçatuba	5,520
Barretos	5,509
Bauru	5,466
Campinas	5,388
Franca	5,484
Marília	5,384
Presidente Prudente	5,401
Registro	4,388
Ribeirão Preto	5,489
Santos	4,709
São Carlos	5,444
S.J. Campos	5,053
S.J.R. Preto	5,512
São Paulo	4,589
Sorocaba	5,126

Fonte: Recuperado de Energia Solar Paulista – levantamento do potencial, de Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Energia, Subsecretaria de Energias Renováveis, fevereiro de 2013, p. 17

São Paulo apresentou até os primeiros meses do ano de 2012 um consumo de eletricidade da ordem de 135 TWh/ano, com uma quantidade de radiação solar com capacidade de geração de energia equivalente a 512 TWh/ano, o sistema fotovoltaico é um considerável potencial a ser explorado, na capital, porém, para que ocorra tal desenvolvimento, se faz necessária a expansão de incentivos para geração advindas desta fonte (Secretaria de Energia, 2012). Uma vez que tais investimentos tornarão expressivo o crescimento econômico do país, ao frear a deterioração do meio ambiente, que o Estado de São Paulo e o Brasil tornem-se líderes no sistema internacional de energia renovável, com possível melhora da concorrência com países mais desenvolvidos em busca de um sistema energético eficiente (Pao & Fu, 2013, Bondarik, Pilatti & Horst, 2018).

2.3 Eficiência energética

O aquecimento global é um dos mais graves problemas ambientais com o qual lida-se nos dias de hoje. Este problema se origina do aumento da concentração de gases agravantes do efeito estufa, que provêm, em sua maioria, da queima de combustíveis fósseis para produção de energia, a exemplo do CO₂ (Torgal, 2013). Como mostra a Figura 17, no início do século XVIII, o nível de concentração de CO₂ na atmosfera era de 280 ppm, e devido ao desenvolvimento tecnológico, como já mencionado anteriormente, em 2013 o índice era de 450 ppm.

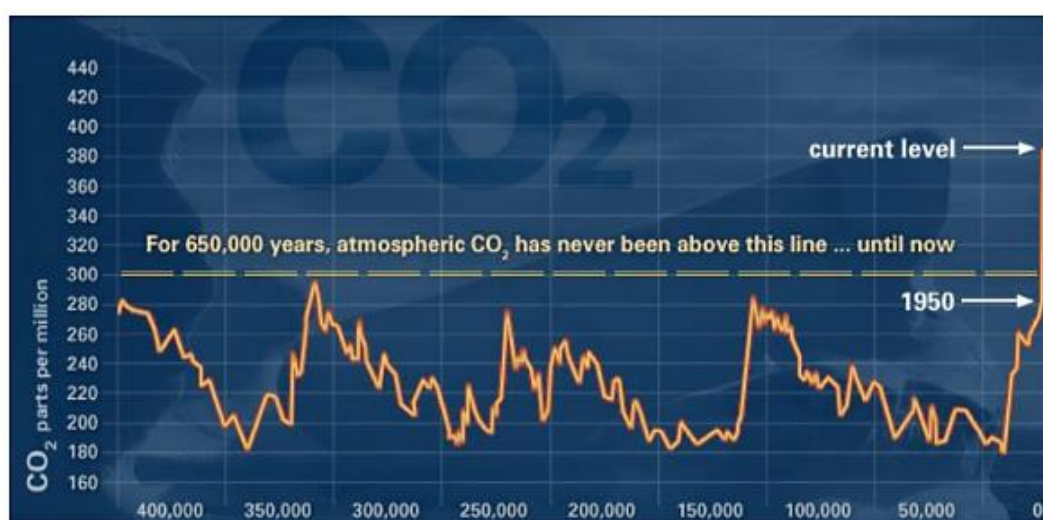


Figura 17. Concentração de CO₂ na atmosfera.

Fonte: Adaptado de “Breve análise da estratégia da União Europeia (UE) para a eficiência energética do ambiente construído” de Torgal, 2013

Um grande impulsionador para o aumento da demanda por energia, é o crescimento acelerado de grandes centros urbanos. Uma vez que o número de habitantes, residências e grandes edifícios aumentam exponencialmente nestas cidades, há a crescente necessidade de consumo, o que leva a uma extração desproporcional e redistribuição inadequada de recursos (Silva, Araújo, Bezerra, Arnaud, Souto & Gomes, 2015).

Estimular o uso de energias renováveis como citado por Llanos, Astigarraga, Jacques e Picasso (2013), é investir em eficiência energética. Uma vez que, possíveis soluções para mitigar os efeitos das mudanças climáticas estão em diversificar a matriz energética, com a substituição de combustíveis fósseis por energia renovável, a fim de contribuir para a formação e desenvolvimento de cidades inteligentes (Purificação, Ramos & Kniess, 2020).

Dados de IRENA (2015), apontam que haverá um aumento estimado de necessidade de energia de até 41% de 2015 até 2040. Tal necessidade de demanda ocorrerá principalmente em

países não pertencentes à OCDE, uma vez que as federações que integram essa organização possuem economias de alta renda com um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) alto e desta maneira, considerados países desenvolvidos.

De acordo com o *World Energy Outlook 2015*, a eficiência energética é a área com maior potencial para que sejam atingidas reduções nas emissões de gases agravantes do efeito estufa. Com a oportunidade para que as federações possam continuar a crescer e se desenvolver, sem impactar ao meio ambiente, além de proporcionar o aumento da economia em processos energéticos (IRENA, 2015). Para que seja alcançada a eficiência energética é necessário basear-se em um equilíbrio entre obter benefícios mais elevados com uma quantidade mínima de recursos (Madrid, 2014).

A diferença entre eficiência energética e economia de energia está estritamente reduzida a uma saída e entrada útil, na eficiência energética, com discussões em um contexto político e relativa melhora na utilização. Enquanto economia de energia, seria utilizada apenas como uma redução no uso total de energia no consumidor final (Pérez-Lombard, Ortiz & Velázquez, 2013).

Dessa maneira, a eficiência energética pode ser definida como o consumo físico de energia de insumo, a exemplo da eletricidade ou calor, comparada a um certo valor de uso, como saída, serviço ou energia produzida. Assim as metas de eficiência energética devem partir de um valor específico de consumo de energia em unidades físicas. A produção por entrada de energia versus a energia por saída, pode servir como indicadores de eficiência energética (Schloman, Rohde & Plötz, 2015). Por Kamal, Al-Ghamdi e Koc (2019) a eficiência energética é definida como a utilização da tecnologia ou comportamento para executar uma determinada tarefa ou função com a mesma qualidade e com menos energia.

A eficiência energética conquistada a partir de energia solar em edifícios, tem sido um dos assuntos em crescente discussão, haja vista que as tecnologias que propiciam a utilização da energia proveniente do sol, estão em constante desenvolvimento e permitem economia e baixo impacto ambiental (Yepes, Arrieta, Arrieta & Amell, 2019). No entanto, é necessária a formulação de políticas públicas explícitas e metas de eficiência energética, bem como o monitoramento e medição de tais metas (Schloman, Rohde & Plötz, 2015, Mejía, 2014, Schiller & Evans, 2005).

Como mencionado por Torgal (2013), o aumento da eficiência energética em edifícios novos e já construídos, é fundamental para a transformação do sistema energético de grandes cidades. Uma vez que o ambiente construído é responsável por metade do consumo total de

energia gerada em países desenvolvidos e um quinto do consumo total de energia do mundo, há um impacto significativo e crescente sobre o meio ambiente, visto que este apresenta a maior parcela das emissões de CO₂ dentro de cidades (Bocasanta, Engelage, Pfitscher & Borgert, 2017).

A eficiência energética em edifícios, se dá no total de consumo de energia em função de variáveis que utilizam diretamente essa energia, além de variáveis que interferem direta ou indiretamente nesse sistema. Existem duas abordagens utilizadas para analisar a eficiência energética de edificações: uma abordagem prescritiva, com a evolução temporal e linha de base da eficiência energética do local e outra abordagem por desempenho, que determina a evolução de eficiência e os métodos de cálculo para comparação com limites pré-estabelecidos (Carlo, 2008).

No que diz respeito à abordagem prescritiva, a evolução temporal é uma medida de eficiência energética a ser comparada que possa identificar as tendências ou direções das mudanças. No entanto, uma comparação do tempo é útil apenas com parâmetros que apresentam diretamente os indicadores de eficiência energética e, com isso, todos outros parâmetros e circunstâncias não devem mudar. Neste período se dará dentre duas medidas, a eficiência inicial, comparada ao nível de eficiência energética alcançada (Schloman, Rohde & Plötz, 2015).

Geralmente, este item é utilizado para alcançar o resultado esperado, por meio de listas de custos, medidas e peculiaridades necessárias para atingir êxito do projeto, assim como as providências a serem tomadas, a fim de prever todas as ocorrências que possam comprometer o resultado desejado (Carlo, 2008).

A segunda dimensão, segue a abordagem por desempenho, na qual é realizada a comparação da eficiência atingida com os limites pré-estabelecidos durante o projeto (Marszal, Heiselberg, Bourrelle, Musall, Voss, Sartori & Napolitano, 2011). Para isso, é necessária uma simulação, que siga as normas locais, atenda a determinados pré-requisitos, considere os agentes envolvidos na situação do projeto, como as características do local da instalação, usuários, tecnologias, demandas normativas e infraestrutura local, para que seja possível a verificação das variáveis em comum (Carlo, 2008).

Determinar inicialmente os índices a serem atingidos e as influências internas e externas para o alcance da eficiência energética, é primordial, para que após a implementação, estudos comparativos possam ser realizados. Uma vez que, os impactos influentes na eficiência energética em edifícios podem ser encontrados nas condições climáticas e no gerenciamento de

controle do ambiente, com a alteração das dimensões analisadas previamente e posteriormente (Chen, Zhang, Xia, Setunge & Shi, 2020).

Prédios construídos demandam grande quantidade de energia, os hospitais são responsáveis por cerca de 6% do consumo total de energia do setor de edifícios utilitários (Teke & Timur, 2014). Com isso, algumas instituições privadas têm investido na implementação de recursos, a fim de reduzir custos operacionais, diversificar a matriz energética, além de minimizar a poluição.

O investimento em eficiência energética de edifícios é um tema importante e o debate a respeito tem aumentado nos últimos anos principalmente no setor privado, mas também em órgãos públicos (Ferrador Filho, de Oliveira & Kniess, 2018). Porém, para que o potencial de aliar economia energética com redução de custos em instituições públicas, se faz necessário que o governo planeje, elabore e coloque em vigor leis de incentivo a busca de eficiência energética, além de ser importante que eles tenham condições financeiras e de sustentabilidade para permanecer em operação (Duaik, Ferraz, Costa, Moralles & Rebelatto, 2019).

A opção de geração energética distribuída, que possibilita a geração diretamente na edificação, como é possível em sistemas solares FV, tem recebido nos últimos 10 anos, um alto incentivo por programas de certificação ambiental de edifícios (IEA, 2010). Os sistemas FV com instalações próximas ao ponto de consumo ou integrados à edificação e interligados à rede elétrica, evitam que ocorram perdas durante a transmissão e distribuição, fator que permite a redução do consumo e proporciona bons índices de eficiência energética.

2.3.1 Marcos regulatórios de incentivo à eficiência energética no Brasil

Na década de 1970, os Estados Unidos e a União Europeia iniciaram a formulação de suas primeiras normas de eficiência energética em decorrência da crise de suprimento de petróleo que o mundo vivia na época (Dixon, McGowan, Onysko & Scheer, 2010). Desde então, regulamentações e mecanismos de incentivo à eficiência energética e conservação de energia têm sido empregados singularmente em países ou em acordos mundiais, para reduzir emissões de gases de efeito estufa (Altoé, Costa, Oliveira Filho, Martinez, Ferrarez & Viana, 2017).

Já nos primeiros anos da década de 1980 com os debates em caráter mundial, foi concretizado um consenso a respeito da problemática da mudança climática e o ambiente em que gerações futuras viveriam. Então, nesta época e dado o cenário, o Brasil iniciou a

formulação de políticas nacionais que incentivaram a utilização de fontes renováveis para geração de energia (Altoé, Costa, Oliveira Filho, Martinez, Ferrarez & Viana, 2017).

Na Tabela 6, serão apresentados os principais marcos regulatórios brasileiros de incentivo à utilização de fontes alternativas de energia e a eficiência energética no Brasil.

Tabela 6

Principais marcos regulatórios brasileiros de incentivo à eficiência energética no Brasil

Lei/ Decreto	Programa/ Projeto	Ano	Disposição
	Programa Conserve	1981	Visava o desenvolvimento de produtos eficientes e a conservação de energia em âmbito industrial.
Decreto nº 87.079/82	Programa de Mobilização Energética (PME)	1982	Racionalizar a utilização da energia obtendo a diminuição do consumo dos insumos energéticos e substituir progressivamente os derivados de petróleo por combustíveis alternativos nacionais.
Portaria Interministerial nº1.877		1985	Instituir o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)
	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	1988	Estudar e divulgar informações avançadas a respeito das mudanças climáticas, suas causas, efeitos sobre o meio ambiente e os seres humanos, e sugerir ações para mitigar ou solucionar tais problemas.
Decreto nº 99.250	Programa Nacional da Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET)	1991	Desenvolver e integrar as ações que visem a racionalização do uso dos derivados de petróleo e do gás natural, em consonância com as diretrizes do Programa Nacional de Racionalização da Produção e do Uso da Energia
Lei n.9.478/97	Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo	1997	Determinar o aproveitamento racional das fontes de energia, visando a preservação do meio ambiente e conservação energética.
Lei 10.295/2001	Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia	2001	Visa a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente
Decreto 4.059/2001		2001	Estabelece os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética
Decreto Legislativo 144/02		2002	Aprova o texto do Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
	Plano Nacional de Energia (PNE) 2030	2007	Primeiro estudo de planejamento integrado dos recursos energéticos realizado no âmbito do Governo brasileiro.
	Programa de Certificação de Eficiência Energética para Edifícios Comerciais, Públicos e de Serviços	2009	Programa que conta com a avaliação de três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar.

	Programa de Certificação para os Edifícios Residenciais	2010	Avaliação dos sistemas de aquecimento de água, além dos sistemas presentes nas áreas comuns dos edifícios multifamiliares.
Resolução ANEEL n.482/2012		2012	Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica.
Portaria do Ministério do Estado de Minas e Energia N° 538	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD)	2015	Ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração de energia com ênfase em energia solar fotovoltaica.

Fonte: Elaborado pelo autor em 2020 a partir de dados recuperados de Portaria Interministerial nº1.877 de 30 de dezembro de 1985 (1985), Fernández (2011), Decreto nº 219, de 18 de julho de 1991 (1991), Lei n.9.478/97 (1997), Decreto nº4.059, de 19 de dezembro de 2001 (2001), Decreto nº 144, de 21 de junho de 1991 (1991), Purificação, Ramos & Kniess (2020), Carlo & Lamberts (2010), Resolução ANEEL n.482/2012 (2012).

Desde 2018 o país adota estratégias que incentivam a utilização de fontes de energia alternativas na busca de uma produção de energia mais limpa e sustentável, com um arcabouço regulatório que propicia a eficiência energética no país (Bondarik, Pilatti & Horst, 2018). Dado que o crescimento econômico é crucial para fornecer recursos que possibilitem um desenvolvimento energético sustentável, estudos apontam para uma tendência de crescimento de sua inserção na matriz energética brasileira de forma consistente e duradoura.

A relação entre o desenvolvimento do país e seus grandes centros urbanos, traz a necessidade do debate a respeito da sustentabilidade e eficiência energética de edifícios construídos, suas questões gerenciais referentes a práticas sustentáveis, a dinâmica social e econômica (Vanegas & Botero, 2012).

O consumo de energia no setor público e as emissões de gases de efeito estufa deve ser sistematicamente avaliado e medido em todo o mundo. Uma vez que em países desenvolvidos e em desenvolvimento, o consumo de energia é basicamente suprido a partir de combustíveis fósseis (Badulescu, Simut, Badulescu & Badulescu, 2019). Para isso incentivos regulatórios que abordam principalmente grandes edifícios se fazem necessários para que edifícios construídos economizem e trabalhem de maneira energeticamente eficiente.

2.4 Projetos de energia solar fotovoltaica em prédios públicos

Edifício energeticamente eficiente é um conceito que abrange regulamentos de planejamento e construção, na busca de métodos e tecnologias que contemplem a otimização de recursos e visam uma alta eficácia (Bitencourt, 2006). Uma das maneiras eficientes de

atingir este objetivo está na implementação de sistemas de energias renováveis como fonte de geração secundária. Turbinas eólicas e painéis solares podem ser utilizados simultaneamente, conectados à rede, para que em emergências, não seja interrompido o fornecimento.

Para contextualizar este tema, serão apresentados a seguir casos internacionais e nacionais de projetos de energia solar fotovoltaica em edifícios públicos construídos destinados a diferentes frentes. Casos esses, em fase de desenvolvimento ou já implantados com apresentação de dados iniciais e posteriores do sistema.

2.4.1 Edifícios administrativos

A contribuição da energia solar para a transformação de edifícios públicos utilizados como escritórios, busca atingir edifícios energia zero (EEZ). Baseado em estratégias para reduzir o consumo energético e com aplicação de diversas tecnologias fotovoltaicas, torna-se possível a avaliação do potencial de diversos casos, como citado por Didoné, Wagner & Pereira (2014).

Edifícios aeroportuários são exemplos de aplicação ideal para sistemas FV *on grid*, no qual picos de geração solar e consumo são muitas vezes coincidentes (Braun, Jardim & Rüther, 2007). Os aeroportos apresentam grandes edificações, com áreas ensolaradas, livres de sombreamento, fachadas e telhados podem acomodar os módulos FV, como mencionado por Braun, dos Santos, Zomer e Rüther (2010) a área de cobertura de um aeroporto brasileiro é suficiente para suprir no mínimo 35% de sua demanda energética.

Assim como demonstrado em pesquisa desenvolvida por Braun, dos Santos, Zomer e Rüther (2010), em que foram selecionados seis aeroportos brasileiros, com análise dados de consumo energético e movimentação de passageiros no ano de 2007, disponibilizados pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO). Foi constatado que aeroportos com demandas menores de consumo de energia, possuem grandes percentuais de contribuição energética gerada por módulos FV, já que a tipologia aeroportuária apresenta geralmente grande área disponível para instalação dos módulos. Entretanto, a integração de sistemas FV em aeroportos com alta demanda, necessitam de grande potência instalada e para isso grande espaço disponível, o que se torna inviável, uma vez que os aeroportos com maior demanda se encontram no centro das grandes cidades brasileiras.

Outro exemplo de prédio administrativo é o citado por Albuquerque, Caixeta, Morais e Silva (2012), no qual ocorreu no do estacionamento do edifício da Secretaria da Agricultura,

Pecuária e Abastecimento do Estado do Tocantins (SEAGRO-TO), simulações de duas situações para a melhor instalação de sistema FV: a primeira com 162 módulos para o índice de penetração de 10% da potência contratada pelo prédio, a uma potência máxima de 20.000W sob condições de índice de irradiação solar de 1.000 W/m². Posteriormente, para a segunda situação, foram utilizados 242 módulos para o índice de penetração de 15%, a uma potência máxima de 30.000 W, sob o mesmo índice. Foi constatado no estudo que o arranjo mais apropriado é o do sistema FV capaz de gerar potência ativa que compense a potência reativa da rede. Deste modo será possível que o usuário consiga uma redução significativa no consumo de energia, com a utilização de um menor espaço.

2.4.2 Escolas de ensino

Escolas estaduais ou municipais necessitam de uma alta demanda de energia, uma vez que, operam em pelo menos dois turnos e possuem muitos usuários. Em um projeto Hass, Rohr e Santos (2018) quantificaram os módulos necessários para atender a demanda energética das escolas municipais de ensino fundamental (EMEF) localizadas no perímetro urbano da cidade de Cruz Alta/RS. Nesta pesquisa foi constatado alguns aspectos positivos na utilização das coberturas dos ginásios para instalação das placas solares. Uma vez que o local apresenta uma ótima orientação solar, a grande área das coberturas com a capacidade de abrigar um maior número de placas, a inexistência de obstáculos que pudessem reduzir a incidência solar em algum período do dia, com perdas apenas por sombreamento natural decorrente da trajetória solar.

Diante dos aspectos apresentados foi constatado pelos autores que a cobertura de todos os ginásios escolares são ótimos pontos para instalação de um sistema solar que possa contribuir com a economia de energia (Hass, Rohr & Santos, 2018).

Outro exemplo a ser citado é o da Escola Estadual de Ensino Fundamental Eduardo Vargas, localizada no bairro Cidade Alta, no município de Alegrete/RS, onde foram desenvolvidos projetos de viabilidade econômica a partir de sistemas de energia solar fotovoltaica. O sistema de energia solar fotovoltaica aceito, foi dimensionado considerando o consumo anual de 20.767kWh, o projeto prevê o uso de 50 placas com uma potência instalada de 13,25kW que irá contribuir para diminuir consideravelmente o consumo de energia (Silva, 2018).

Em acordo com o afirmado por Silva (2009), que instituições de ensino públicas do Brasil, por meio de subsídios dos governos nos âmbitos federal, estadual e municipal, possuem espaço físico e existe insolação disponível, para instalar e utilizar painéis FV em suas dependências.

2.4.3 Hospitais

Grande parte dos hospitais construídos até os anos 2000 em todo o mundo, foram projetados e desenvolvidos com critérios de atendimento, conforto e segurança, sem levar em conta o desempenho energético. Por tanto, o alto consumo de energia não foi um objeto de atenção durante o projeto. Com isso a necessidade de adaptação de antigos edifícios hospitalares se torna essencial (Nourdine & Saad, 2020).

Em Marrocos, foi instalado um de telhado fotovoltaico de 150 kWp no hospital de especialidades de Ibn Sina, em Rabat, com a obtenção de uma economia de energia de 260 MWh/ano. Com implantação semelhante, o hospital Ibn Rochd em Casablanca, obteve a introdução de 1000m² de painéis solares para produção de água quente sanitária, com uma economia de cerca de 890 MWh/ano (Nourdine & Saad, 2020).

No Egito, país localizado em parte no continente Africano, há uma grande produção de energia, porém, devido ao enorme aumento no consumo interno e a diminuição do investimento no setor de energia, o país se tornou dependente das importações de hidrocarbonetos. A fim de investir na economia de energia, um grande hospital localizado em Alexandria, no Egito, foi utilizado como modelo para estudo com intuito de explicar os problemas e aspectos importantes do desempenho energético e aplicar os padrões de energia da construção. Tal projeto objetivou-se na explicação de modelos de economia de energia que podem ser aplicados em todo o país para que ocorra a modernização energética de edifícios hospitalares (Radwan, Hanafy, Elhelw, & El-Sayed, 2016).

Dois grandes edifícios hospitalares localizados em Oradea, Romênia, Hospital Oradea Clinical County e o Hospital Municipal Doutor Gavril Curteanu, datados de 1968 a 1989, respectivamente, receberam projetos de eficiência e modernização energética. O intuito foi de reduzir as emissões de gases de efeito estufa por meio do fornecimento de novas soluções que envolvem fontes de energia renovável (Prada, Prada, Cristea, Popescu, Bungău, Aleya & Bungău, 2020).

A partir da perspectiva deste modelo e como mostra a Tabela 7, foi comprovada a eficiência alcançada por ambos os casos após a implementação dos projetos. Contagem essa realizada a partir da quantidade de CO₂ lançado na atmosfera durante um ano.

Tabela 7

Tonelada de CO₂ inicial e pós-implantação de projeto de eficiência energética

	Edifício inicial (Ton. CO ₂ / ano)	Edifício com eficiência energética (ton. CO ₂ / ano)	Economia (%)
Hospital Oradea Clinical County	1855	423	77,20
Hospital Municipal Doutor Gavril Curteanu	1517	497	67,24

Fonte: Adaptado de “New solutions to reduce greenhouse gas emissions through energy efficiency of buildings of special importance–Hospitals” de Prada, Prada Cristea, Popescu, Bungău, Aleya, & Bungău, 2020.

Diferente do acesso à saúde pública que conhecemos no Brasil, países como os Estados Unidos não possuem um sistema de saúde com cobertura universal. Os indivíduos são responsáveis por adquirir seu próprio seguro saúde o que não possibilita que prédios sejam disponibilizados integralmente para o atendimento à saúde pública (Sanchez & Ciconelli, 2012).

Um projeto proposto ao Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos (HU-UFSCar), localizado na cidade de São Carlos/Brasil, é um exemplo do desenvolvimento de um sistema fotovoltaico. Com a inserção de painéis FV no estacionamento do hospital, a área escolhida continua com sua funcionalidade, ao mesmo tempo que fornece aproximadamente 25% do consumo total de energia da HU-UFSCar em seu primeiro ano de operação e com *payback* de 7 anos. (Duaik, Ferraz, Costa, Moralles & Rebelatto, 2019).

Outros exemplos no Brasil, são o Centro Infantil Boldrini e a Santa Casa/Hospital Irmãos Penteados, ambos localizados em Campinas/SP, e beneficiados pelo Programa CPFL nos Hospitais, desenvolvido pela CPFL Energia e o Instituto CPFL, no qual houve a instalação de um sistema solar fotovoltaico, que proporcionou 6% de economia na utilização de energia elétrica (Rei, 2019).

Com o programa desenvolvido em prol da melhoria de hospitais públicos, para um investimento em energia solar fotovoltaica dentro de Programas de Eficiência Energética no país, o plano contará com até R\$ 150 milhões investidos nas quatro distribuidoras – CPFL Paulista, CPFL Piratininga, CPFL Santa Cruz e RGE - do Grupo CPFL e prevê atender até 200 hospitais. A fim de oferecer um processo limpo, respeitar normas de proteção ao meio ambiente

e gerar uma economia entre 30% e 50% nos gastos com energia para as unidades hospitalares (Rei, 2019).

2.4.4 Universidades

Assim como grande parte dos edifícios projetados e construídos nas décadas passadas, edifícios universitários não seguem critérios de eficiência energética. Nessa linha, iniciativas como o Projeto IF SOLAR e IFRN Solar, objetivam a partir da geração de energia por fontes renováveis, atingir a eficiência energética no ambiente de ensino e aprendizagem da Rede Federal. Tais iniciativas possuem potencial de contribuir de maneira positiva para a economia dos gastos públicos (Lima, 2019).

Como mostra a Figura 18, que apresenta a instalação na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a usina é oriunda de um projeto de eficiência energética na universidade, apoiada pelas distribuidoras de energia Rio Grande Energia Sul (RGESul) e a CPFL. O projeto é capaz de produzir 100 kWp, produção muito abaixo do consumo total da edificação, desta forma, com pouco impacto na fatura de energia. Porém, dados de Moura (2020), indicam que uma usina com capacidade 10 vezes superior à atual, ainda não atingiria uma porcentagem adequada para o consumo mensal, mesmo que a UFSM não possua uma alta demanda de energia no horário de pico, pois neste há menos concentração de atividades acadêmicas na instituição. Além disso, a implementação deste novo projeto demandaria uma área de aproximadamente 5,6 mil m², com um investimento de R\$10 milhões (UFSM, 2019).



Figura 18. Usina Fotovoltaica Instalada na UFES.

Fonte: Recuperado UFES (2019). <https://www.ufes.br/2019/12/31/ufes-recebe-recurso-investir-em-nova-usina-fotovoltaica/>.

Outro projeto a ser destacado é a construção de 450 m² de um sistema fotovoltaico no estacionamento do Instituto Federal do Sul de Minas (IFSul de Minas) Campus Muzambinho, como mostra a Figura 19. O projeto se caracteriza como o segundo maior do tipo no Brasil e o maior do estado de Minas Gerais. A usina instalada é composta por 5 inversores, cada um com 15 mil W de potência e 264 módulos FV. Com um sistema *on grid*, a energia gerada e não consumida no dia é devolvida à rede de energia e vira crédito para o edifício. O sistema instalado tem capacidade de geração de 70 kW mensal e representa uma economia aproximada de 6% de energia (Ministério da Educação, 2017).



Figura 19. Usina Fotovoltaica instalada no IFSul - Campus Muzambinho.

Fonte: Recuperado Ministério da Educação (2017). <https://portal.ifsuldeminas.edu.br/index.php/ultimas-noticias-ifsuldeminas/78-noticias-da-prodi/1008-if-solar>

Com a implementação de programas de utilização de energias renováveis e eficiência energética, edifícios já construídos reduzirão o consumo de energia em pelo menos 10% em um período de um ano (Prada, Prada, Cristea, Popescu., Bungău, Aleya, & Bungău, 2020). Para isso são necessárias que políticas públicas que incentivem a instalação de sistemas solares FV, sejam desenvolvidas a fim de regulamentar e estruturar informações e serviços, para que ocorra um crescimento e desenvolvimento no ambiente público brasileiro (Schiller & Evans, 2005, Mejía, 2014).

3 Metodologia

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos no qual a presente pesquisa foi norteada, considerando o tipo de pesquisa, as etapas de coleta e análise de dados.

3.1 Delineamento da pesquisa

A presente pesquisa seguiu a abordagem qualitativa, nas quais foram examinadas as percepções, a fim de obter um entendimento das atividades fundamentadas na interpretação dos fenômenos e na atribuição de significados aos dados obtidos. Uma vez que, o conhecimento está em constante processo de construção e cada caso envolve uma multiplicidade de dimensões, e a realidade pode ser compreendida sob diversas óticas (Collis & Hussey, 2005). A pesquisa qualitativa emprega diferentes estratégias de investigação, coleta e análise de dados, que contribuem para a compreensão dos fenômenos individuais, organizacionais e sociopolíticos, com a utilização do pesquisador como instrumento chave no desenvolvimento da pesquisa (Yin, 2015).

Em busca da compreensão do tema e dos principais conceitos, o presente estudo possui caráter exploratório, que procura definir e classificar inicialmente o problema e utilizar um ou mais métodos qualitativos de levantamento de informações caracterizados por descrever um evento (Vergara, 1998). Com o propósito de responder à questão norteadora do estudo, foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica, que explorou e discutiu as referências publicadas em periódicos, revistas, livros e sites, a respeito de energias renováveis, eficiência energética, marcos regulatórios de incentivo à eficiência energética e projetos de eficiência em edifícios públicos, com o objetivo de realizar uma análise de sistemas de energia fotovoltaica implantados em prédios públicos.

A pesquisa se caracteriza por um de estudo de caso, que como determinado por Creswell (2007), o pesquisador explora em profundidade um fato, atividade, processo ou indivíduo (s), agrupando tais dados por tempo e atividade, acompanhado de uma coleta informações detalhadas durante um determinado período, com a utilização de uma variedade de procedimentos de coleta de dados. Desta maneira, para esta pesquisa, optou-se por um estudo de caso único, que segundo Eisenhardt (1989) e Yin (2015), diz respeito ao aprofundamento de forma inigualável dos fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos, com utilidade

em vezes que o estudo possui intenção de aprofundar os conhecimentos sobre diversos pontos de um único objeto de pesquisa.

3.2 Estratégia de pesquisa

Como estratégia adotada neste estudo, utilizou-se como fonte de dados a pesquisa bibliográfica, da qual, faz-se um passo decisivo em qualquer pesquisa científica. Com o objetivo de colocar o autor da pesquisa diante de informações a respeito do assunto pesquisado, há a utilização da busca em livros e revistas científicas relevantes, com palavras-chave previamente determinadas (Medeiros, 2011). Para alcançar os objetivos específicos traçados no presente trabalho, a estratégia foi estruturada em quatro etapas: revisão bibliográfica, análise documental, entrevistas semiestruturadas e análises qualitativas dos dados, como mostra a Figura 20.

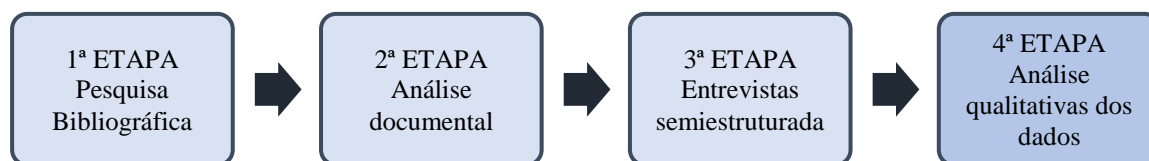


Figura 20. Etapas da coleta de dados.

Fonte: Autoria própria (2021)

3.3 Critérios para determinação do caso

Inicialmente, foi realizado um levantamento de edifícios com projetos de placas solares fotovoltaicas já implementados no município de São Paulo e que possuem o selo *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). Esta certificação foi criada em 2000 pelo Green Building Council (USGBC) com o objetivo de orientar e analisar o comprometimento de edificações que seguem princípios sustentáveis desde a fase de projeto até o uso diário das instalações da edificação. Atualmente, é a principal certificação de construção sustentável no Brasil, onde é representado oficialmente pela Green Building Council Brasil (GBCBrasil) (Gomes, 2018). A lista a seguir resume os principais prédios identificados:

- Edifício Jacarandá - Cidade Monções
- São Paulo Corporate Towers - Vila Olímpia

- Complexo Comercial Rochaverá – Morumbi
- JK 1455 - Vila Nova Conceição
- Eldorado Business Tower – Pinheiros
- Torre Santander – Centro
- True Chácara Klabin - Vila Mariana
- Templo Religioso Sukyo Mahikari – Saúde
- Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo - Gleba do Pêssego

Posteriormente, foram determinados os seguintes critérios para a escolha do caso:

- Localização: Dentro do Município de São Paulo.
- Setor: Público
- Instalação: Sistema de placas solares fotovoltaicas que alimentam o edifício.
- Tempo: Projeto implantado há mais de 2 anos.

Considerando estes critérios citados, foi escolhido o Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo como objeto único de estudo. Pesquisa de caso único exigem uma investigação cuidadosa, a fim de minimizar as chances de uma representação equivocada e que busque maximizar o espaço de coleta de evidências do estudo. O desafio de um autor que analisa um caso único, é obter o maior número de evidências, com uma coleta de dados intensiva no mesmo local, a fim de convencer o leitor que a teoria utilizada é realmente importante e geradora de apontamentos valiosos (Yin, 2001). A Figura 21 apresenta as técnicas utilizadas na presente pesquisa.

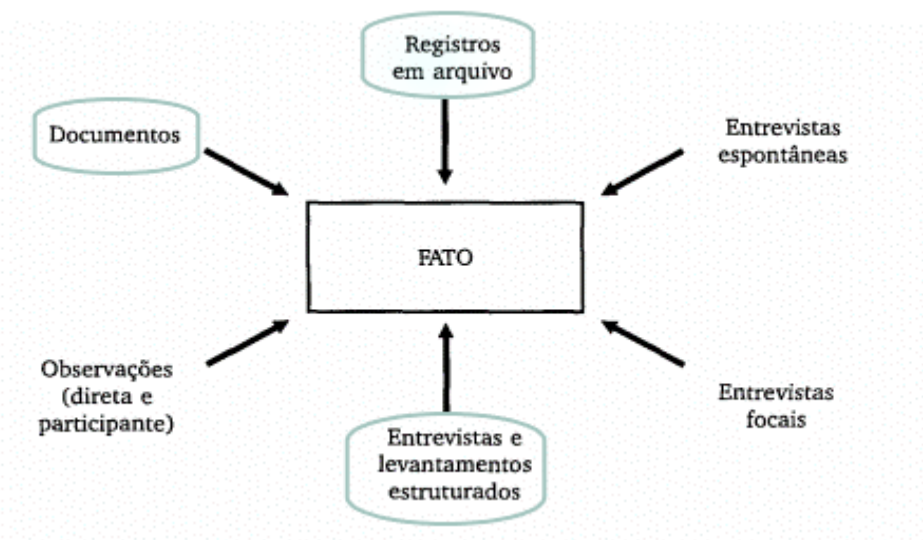


Figura 21. Convergência de várias fontes de evidência em estudo único
Fonte: Yin (2001)

As situações em que o estudo de caso único pode ser conduzido estão relacionadas com a introdução a um estudo mais apurado, com a apresentação de mecanismos exploratórios e com a condução de um caso-piloto (Yin, 1993). Com base no determinado por Yin (2001), o objeto escolhido na presente pesquisa se destaca por ser o primeiro edifício público sustentável no município de São Paulo.

3.3.1 Área de estudo

O Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo está localizado no município de São Paulo, nas coordenadas $23^{\circ}35'11.55''S/46^{\circ}29'2.21''O$, como mostra a Figura 22 e constitui a maior e mais importante reserva ecológica dentro do bairro de Itaquera, zona leste. Decretada pela Lei nº6.409, de 5 de abril de 1989, e regulamentada pelo Decreto nº37.678, de 20 de outubro de 1993, a Área de Proteção Ambiental Parque e Fazenda do Carmo (APA Parque e Fazenda do Carmo), possui duas Unidades de Conservação de âmbitos diferentes, o Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo (PNMFC), foco deste trabalho, e a Unidade de Conservação de Proteção Integral Parque do Carmo-Olavo Egydio Setúbal (PCOES) (Secretaria do Verde e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2014).



Figura 22. Mapa de localização da PNMFC dentro do Estado de São Paulo.
Fonte: Recuperado de Secretaria do Verde e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2014)

3.4 Procedimento de coleta de dados

Para alcançar os objetivos específicos traçados, inicialmente houve o levantamento de casos, no contexto internacional e do Brasil, de prédios públicos de diferentes usos que implementaram sistemas FV. A coleta de dados é a etapa em que se iniciou a aplicação dos instrumentos e técnicas selecionadas, a fim de promover o desenvolvimento da teoria como parte essencial da pesquisa (Yin, 2001; Marconi, Lakatos, 2017).

Desta forma, a coleta de dados se deu por meio de pesquisa bibliográfica, análise de documentação e entrevistas semiestruturadas. Como mencionado por Creswell (2010), a inclusão dos limites para o estudo, com a coleta de informações por meio de observações de documentos e materiais visuais, assim como entrevistas, promove o estabelecimento do protocolo para o que ocorra o registro das informações.

Em termo de coleta de dados, conforme o Yin (2015), são diversas formas de evidências comumente utilizadas, quais sejam: artefatos físicos, documentos, entrevista, observação participante, observação não participante e registro em arquivos. É enfatizado por tal autor, que a triangulação entre as diferentes fontes eleva o grau de confiabilidade da pesquisa. Deste modo, nesta pesquisa o processo de triangulação ocorreu entre o levantamento bibliográfico, a análise documental e entrevistas semiestruturadas, com busca da garantia que as descobertas deste estudo de caso fossem acuradas, e permitissem um estilo corroborativo, capaz de fortalecer e comprovar os dados obtidos.

3.4.1 Pesquisa bibliográfica

Com análise de artigos de alto impacto publicados nacional e internacionalmente em bases de dados, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a respeito de energias renováveis e energia fotovoltaica em edifícios públicos, como primeira etapa de coleta de dados. A pesquisa bibliográfica é utilizada para explicação de comportamentos e atitudes, que podem ser completadas com variáveis, construções e hipóteses, além de fornecer uma lente para guiar o pesquisador em relação às questões que são importantes e que devem ser examinadas (Creswell, 2007).

Vinculada a pesquisa bibliográfica, a leitura, análise e interpretação de livros e periódicos, produtos que sintetizam a confecção do trabalho científico, é necessária uma leitura

atenta acompanhada de anotações e fichamentos que, por sua vez, servirão de fundamentação teórica para a pesquisa. Desta maneira, há a criação da conexão com autores que estudam temáticas pertinentes aos assuntos tratados na pesquisa, uma vez que, lida com o caminho teórico/documental já trabalhado por outros pesquisadores (Deslandes, 1994, Mazucato, 2018).

Com a busca por avaliar as informações sobre edifícios públicos, no contexto internacional e do Brasil, que tenham implementado sistemas FV, utilizou-se a base Scopus e o Portal de Periódicos da CAPES para realizar a coleta dos dados. Para isso, foram determinadas as seguintes palavras-chave: “*renewable energy*” and “*photovoltaic solar energy*” and “*public building*” e suas traduções em português e espanhol. O Apêndice A, apresenta um quadro resumo com a base bibliográfica construída nesta etapa de coleta.

3.4.2 Análise documental

Após construída a plataforma teórica que deu suporte à fundamentação da pesquisa, foi efetuada a análise documental do projeto de implementação das placas FV desenvolvido no Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo. Conforme determinado por Vergara (1998) e Mazucato (2018) o levantamento de dados documentais é uma importante fonte de informações e evidências, que utiliza de materiais institucionais, públicos, privados, oficiais ou extraoficiais, a exemplo: regulamentos, normas, leis, projetos de leis, relatórios técnicos.

Para este trabalho foram analisados documentos fornecidos pela gestão do parque e pelo engenheiro elétrico responsável pelo desenvolvimento do projeto de sustentabilidade do edifício, indivíduos que serão melhores descritos no capítulo de entrevista. Tais documentos são apresentados na Tabela 8 e o código que foi utilizado para identificá-los no capítulo de análise dos resultados.

Tabela 8
Documentos analisados

Documento	Descrição	Código Utilizado
Energia solar na SVMA: Conceitos, situação atual, perspectivas, desafios e benefícios	Apresenta a situação atual e perspectiva da utilização de energia solar na SVMA.	D1
Projeto do Parque Municipal Natural Fazenda do Carmo, por Rogério Vaz S. Anachoreta	Apresenta todos os passos seguidos durante o desenvolvimento do projeto de instalação do sistema solar fotovoltaico	D2

Requisitos mínimos para interligação de microgeração e minigeração distribuída com a rede de distribuição da Eletropaulo com paralelismo permanente através do uso de inversores - Consumidores de alta, média e baixa tensão.	Apresenta os itens necessário para que uma edificação para que ocorra a geração distribuída.	D3
Parecer de acesso à rede de distribuição da Eletropaulo para micro e minigeração	Apresenta os itens necessário para que uma edificação tenha acesso à rede de distribuição micro e minigeração	D4
Memorial descritivo da edificação da sede do PNMFC	Descreve de maneira minuciosa todos os itens e passos seguidos durante a construção da sede do PNMFC	D5

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

3.4.3 Entrevistas semiestruturadas

Com a análise fornecida pela revisão bibliográfica e documental, foi formada a base científica utilizada para validar os dados obtidos nas entrevistas. Visto que, em estudos qualitativos a teoria é vista como uma “versão do mundo”, sujeita à revisão, avaliação contínuas de dados, com diversos componentes, que envolvem e conduzem a investigações diferentes, a fim de aprofundar-se cada vez mais no entendimento dos dados (Creswell, 2007, Zappellini & Feuerschütte, 2015).

As perguntas da entrevista foram feitas a gestores, engenheiros e arquitetos responsáveis pela construção e administração do edifício estudado. Com a utilização de um roteiro semiestruturado, que como mencionado por Creswell (2007), permite aumentar a coleta de informações, ao combinar perguntas abertas e fechadas, com questões previamente definidas. Uma vez que, esse modelo de entrevista é empregado quando se deseja delimitar o volume das informações, a fim de obter um direcionamento para o tema, com uma maior liberdade ao pesquisador (Goldenberg, 2004).

Utilizado nas pesquisas exploratórias, a entrevista difere do questionário por conter tópicos sobre os assuntos relacionados aos objetivos determinados no estudo. A determinação do roteiro da pesquisa, é utilizada como estratégia para o entrevistador conduzir o processo de levantamento de informações, que não se resume apenas em planejar perguntas a serem feitas ao entrevistado, mas também seguir passos que determinem uma coleta bem estruturada (Goldenberg, 2004).

Como mencionado por Perdigão, Herlinger e White (2011), o primeiro passo para a construção do roteiro, deve ser a análise cuidadosa do *briefing* ou um estudo atento dos objetivos determinados na pesquisa. O segundo passo é o levantamento de quais as respostas

desejáveis. O terceiro, é estabelecer prioridades, com a determinação de quais são as informações centrais e quais as com importância secundária. E um dos últimos itens a planejar na elaboração de um roteiro, são as perguntas que serão aplicadas aos entrevistados.

Seguindo os objetivos a serem atingidos nesta pesquisa, foram redigidas 29 perguntas, divididas em 6 grupos, a fim de levantar dados que validem o conteúdo inicialmente identificado na revisão bibliográfica e na análise documental. Com autorização prévia, por meio do envio do formulário de consentimento, com modelo disponível no Apêndice B, as entrevistas foram gravadas e os áudios foram transcritos e interpretados, com o propósito de desenvolver a discussão apresentada no capítulo seguinte.

A tabela 9, mostra como cada bloco de questões foi desenvolvido com base nos objetivos específicos definidos. No Apêndice C está disponível o roteiro semiestruturado utilizado nesta pesquisa.

Tabela 9

Grupo de questões redigidas para a entrevistas

Bloco de questões	Objetivos	Questões
Planejamento	Destacar os principais itens do projeto de implementação de energia solar na sede do PNMFC.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qual foi o start inicial que levou ao projeto, foi uma diretriz ou financiamento específico? 2. Quais foram os índices/ fatores que levaram a gestão a planejar a instalação do sistema solar fotovoltaico na sede do PNMFC? 3. Como foi realizado o planejamento para implantação da energia solar para alimentação do prédio? 4. Quais foram os passos realizados durante o planejamento de implantação da energia solar para alimentação do local? 5. Quanto tempo levou desde o início do planejamento, para que a energia solar fosse instalada no imóvel?
Instalação	Realizar o diagnóstico de eficiência energética da sede do PNMFC, obtida por meio da implementação de placas solares fotovoltaicas, seguindo a abordagem: prescritiva e por desempenho.	<ol style="list-style-type: none"> 6. Foram encontradas barreiras (Legislação/ Empresas) durante a instalação do sistema FV? Se sim, quais? 7. Quais foram os facilitadores para a implantação do projeto? 8. Quando foi implantado o sistema atual? 9. Quando o sistema começou a ser utilizado? 10. Quantos painéis foram instalados? 11. O sistema é <i>on grid</i> ou <i>off grid</i>? 12. Quanto custou a instalação dos painéis solares? 13. Como foi adquirido o sistema Fotovoltaico instalado: () Programa governamental () Particular 14. Quem foi o responsável financeiro pela obra? 15. Qual a voltagem da instalação: () Bateria () 110V () 220V 16. Qual a potência instalada? 17. O sistema solar FV instalado possui bateria para que a energia gerada seja estocada?

Acompanhamento	Destacar os principais itens do projeto de implementação de energia solar na sede do PNMFC	<p>18. Após a instalação das placas é realizado um acompanhamento/manutenção periódica?</p> <p>19. Qual é a periodicidade da manutenção das placas solares instaladas no local?</p> <p>20. Como é realizada a manutenção das placas solares fotovoltaicas? E qual é a média de custo da manutenção das placas solares fotovoltaicas?</p> <p>21. Foi necessário que a equipe de manutenção do local recebesse capacitação para lidar com os equipamentos instalados? Se sim, esta capacitação foi suficiente para lidar com o sistema instalado?</p>
Resolução Normativa	Analisar as políticas públicas de incentivo à eficiência energética no Brasil.	<p>22. Quais foram os regulamentos obedecidos para a instalação do sistema?</p> <p>23. Há compensação de créditos de energia dentro do sistema instalado?</p> <p>24. A distribuidora de energia local pode impedir a conexão do micro gerador utilizando como justificativa a redução da flexibilidade de operação?</p>
Previsão Futura	Realizar o diagnóstico de eficiência energética da sede do PNMFC, obtida por meio da implementação de placas solares fotovoltaicas, seguindo a abordagem: prescritiva e por desempenho.	<p>25. Qual a previsão de duração do sistema de energia solar implantado no local?</p> <p>26. Após quantos anos será capaz de recuperar o dinheiro investido na implantação do sistema fotovoltaico?</p>
Detalhes sobre o Projeto	Destacar os principais itens do projeto de implementação de energia solar na sede do PNMFC	<p>27. Há outras pessoas envolvidas no projeto que poderiam fornecer informações pertinentes?</p> <p>28. Qual foi a documentação gerada durante o projeto de instalação?</p> <p>29. Há mais alguma informação que você acha pertinente?</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

As entrevistas foram realizadas com duração média de 60 minutos e gravadas com assinatura prévia do termo de consentimento. No Apêndice D está disponível o documento assinado por cada um dos entrevistados.

A Tabela 10 descreve os nomes dos entrevistados, cargos ocupados, data da realização da entrevista, blocos de questões aplicados e o código utilizado na análise para referenciar a cada um dos entrevistados.

Tabela 10
Especialistas entrevistados

Código Utilizado	Cargo ocupado	Blocos de questões aplicados	Data da entrevista
AM	Diretora Divisão de Unidades de Conservação da Biodiversidade e Herbário Municipal na SVMA	Blocos 1 e 7	08/03/2021

HS	Gestora do PNMFC	Entrevista Completa	18/02/2021
LL	Coordenador de projetos e obras na SVMA	Blocos 1, 5, 6 e 7	18/02/2021
RA	Engenheiro Eletricista	Blocos 2, 3, 4, 5 e 6	23/02/2021

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Por se tratar de uma pesquisa qualitativa, o objetivo do estudo não foi o somatório das entrevistas, mas sim a saturação do conteúdo empírico, pautado diretamente nos objetivos elencados inicialmente e indiretamente no referencial teórico usado e pelo recorte do objeto (Minayo, 2007).

Com a realização das entrevistas com todos os principais integrantes das fases de planejamento e instalação do sistema FV no edifício, chegou-se à saturação nesta etapa de coleta, deixando de ser necessárias novas entrevistas, quando nenhum novo elemento é encontrado ou quando o acréscimo de aprendizado incremental obtido com as novas entrevistas for mínimo (Eisenhardt, 1989). A identificação da saturação teórica se torna um critério determinante para interrupção da coleta de dados, uma vez que, como defendido por Fraser e Gondim (2004), o importante não são quantos indivíduos foram entrevistados, mas se os entrevistados foram capazes de trazer conteúdos significativos para o tema proposto.

3.5 Análise dos resultados

A análise dos resultados consiste em extrair sentido dos dados que foram obtidos por meio de texto, imagens e áudios. Envolve a preparação, escolha da análise, além da necessidade aprofundar-se cada vez mais no entendimento, a fim de efetuar uma representação, para que seja possível a interpretação do significado mais amplo dos dados (Creswell, 2007).

O estudo de caso envolve uma descrição detalhada do cenário e das pessoas envolvidas, seguida pela análise de dados obtidos. Como mencionado por Rossman e Rallis (2011), a proposta pode incluir diversos processos genéricos que transmitem um sentido das atividades gerais da análise dos dados. Neste contexto, Creswell (2007) cita que há alguns passos que pesquisadores qualitativos utilizam durante a análise de resultados. Na Tabela 11 são descritos tais passos e como cada um deles foi aplicado na etapa de análise de resultados da presente pesquisa.

Tabela 11

Passos utilizados durante a etapa de análise de resultados de pesquisas qualitativas

Passo	Descrição	Aplicação na presente pesquisa
1	Organizar e preparar os dados para análise	Organização dos resultados obtidos conforme as fontes de informações.
2	Ler todos os dados obtidos.	Leitura análise reflexão sobre seu sentido geral das informações coletadas.
3	Codificação	Organizar os resultados em séries.
4	Descrição detalhada de locais, fatos e entrevistas	Com a descrição de informações detalhadas sobre o objeto de pesquisa, os indivíduos entrevistados, com a determinação de códigos para essa descrição.
5	Prever como a descrição e os temas serão representados na narrativa	Apresentação de elementos visuais, figuras e tabelas como complemento para as discussões.
6	Interpretação e extração dos significados dos dados obtidos	Apresentação dos resultados, com a promoção da discussão com dados passados que confirmam ou divergem.

Fonte: Autoria própria com base em dados de Creswell (2007)

Como com qualquer outro produto de pesquisa, o processo de revisão desempenha um papel muito importante ao se melhorar e garantir a qualidade dos resultados (Yin, 2001). Desta maneira, foram escolhidos os documentos de pré e pós-implantação do sistema solar FV no PNMFC, com a formulação de hipóteses e elaboração de indicadores que possibilitaram a interpretação. Para que ocorresse a integração da análise documental e das entrevistas, reduzindo a complexidade e a extensão dos dados obtidos, foi realizada uma categorização das entrevistas e após comparadas as informações com os documentos analisados. Tais dados se complementam para responder aos objetivos específicos determinados inicialmente.

4 Resultados e Discussão

Este capítulo apresenta os resultados obtidos durante a coleta de dados, assim como promove a discussão entre autores. Inicia-se apresentando a contextualização do caso que foi objetivo de pesquisa, após, ocorre o detalhamento do caso, com a exposição de itens da arquitetura, do sistema de tratamento de esgoto, a captação da água da chuva e a respeito do desempenho energético.

Também se apresenta em detalhes as etapas de planejamento, instalação, acompanhamento, resolução normativa e previsão futura a respeito do sistema solar FV implementado no local estudado.

4.1 Contextualização do objeto de pesquisa

O PNMFC é uma das áreas protegidas presentes dentro do município de São Paulo. Como disposto na Lei Nº 9.985 (2000) e mencionado por HS em entrevista.

“O parque natural é uma área protegida, com o objetivo de preservar o patrimônio natural e cultural de uma região, proporcionando à população local um ambiente de lazer ao fomentar atividades econômicas e educacionais, baseadas na proteção do meio ambiente. ”

Com isso, a Mata Atlântica, considerada a segunda maior Floresta Pluvial Tropical da América do Sul, originalmente encontrava-se ao longo de toda a costa leste brasileira, inclusive dentro do município de São Paulo. No século XVI era responsável por cobrir, cerca de 15% do território brasileiro, já em 2019, e de acordo com INPE (2019), restavam apenas 12,4% da floresta que existia originalmente, como mostra a Figura 23.

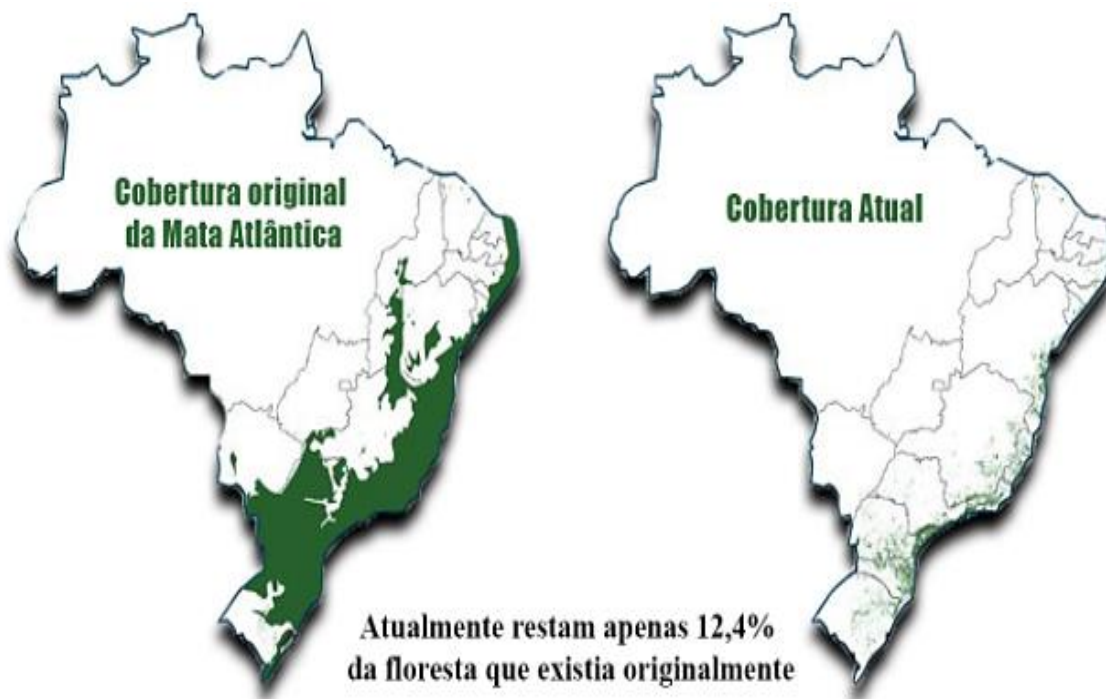


Figura 23. Degradação da Mata Atlântica.

Fonte: Atlas da Mata Atlântica (2019)

Este bioma é um dos 34 hotspots mundiais, e apresenta atualmente uma perda de mais de 75% de sua cobertura vegetal, o que torna o bioma de alta prioridade para conservação (Pinto, Bedê, Paese, Paglia & Lamas, 2006). O Estado de São Paulo abriga 83% da área total de Mata Atlântica, na qual 13% são remanescentes florestais, o que torna a manutenção e recuperação das áreas verdes urbanas crucial para a conservação da fauna e flora nativa. Desta maneira, as estratégias para a conservação da biodiversidade em todo o mundo têm enfatizado a necessidade de criação de unidades de conservação como o principal mecanismo para preservar amostras significativas de espaços naturais (INPE, 2019).

O PNMFC compõe o maior remanescente de Mata Atlântica da Zona Leste do município de São Paulo, com 867.600 hectares como mostra a Figura 24, o parque refere-se à primeira Unidade de Conservação de Proteção Integral criada em meio urbano no município paulista (Ferreira, 2014).

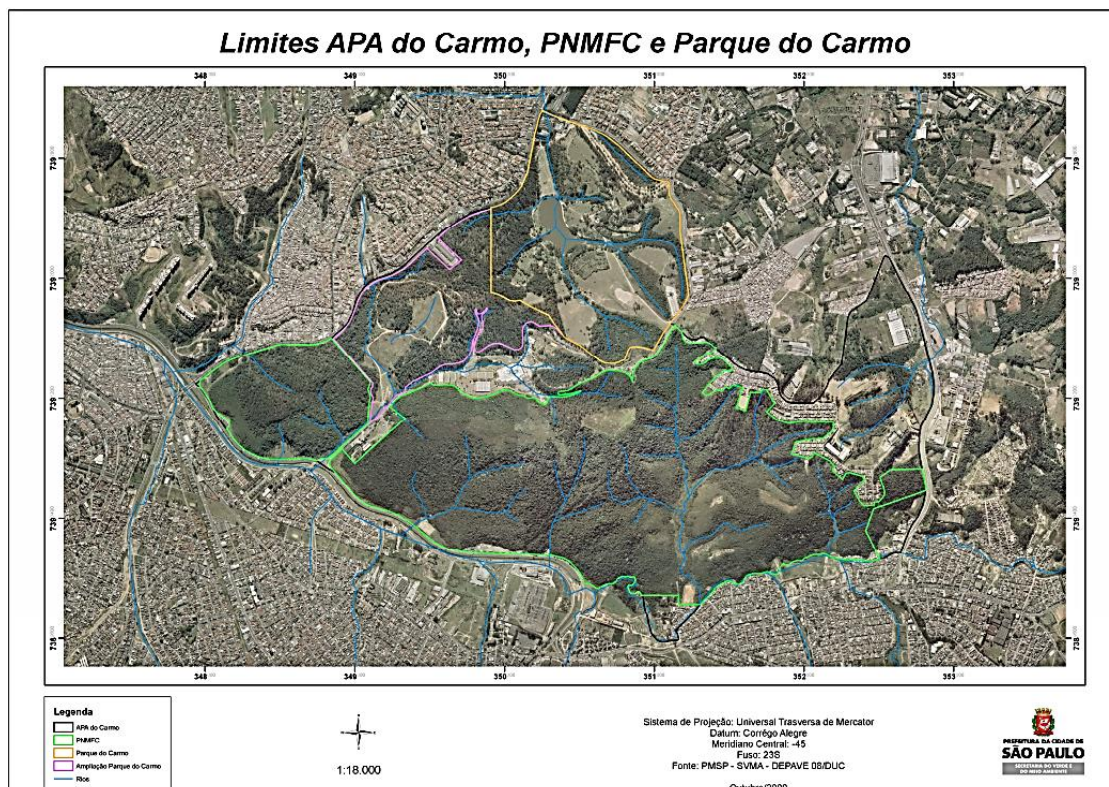


Figura 24. Limites da APA do Carmo, Parque do Carmo e PNMFC
 Fonte: Recuperado de Secretaria do Verde e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2021)

4.2 Detalhamento do caso

Com o crescimento de cidades, se tornou necessária a criação de áreas de proteção ambiental (APA) para que os resquícios de mata sejam protegidos. Com isso e como mencionado por AM e HS em entrevista, o PNMFC criado em 1989, com o nome da Fazenda Nossa Senhora do Carmo, na qual na época, havia uma grande plantação de café, onde atualmente há uma extensa área coberta com remanescentes da Mata Atlântica, divididos entre a Área de Proteção Ambiental Parque e Fazenda do Carmo e o PNMFC.

Destarte, foi escolhido como objeto de pesquisa o PNMFC, que tem como finalidade a preservação e recuperação das características do ecossistema original local, assim como, promover pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação ambiental. Baseado nesses objetivos, em janeiro de 2019, a fim de promover um melhor desenvolvimento, foi inaugurada a nova sede do PNMFC, mostrada na Figura 25 (Secretaria Especial de Comunicação, 2019).



Figura 25. Sede do PNMFC
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Como disposto em D5, e mencionado por HS “está edificação foi elaborada pensando na eficiência e baixo impacto, como resultado tornou-se o primeiro prédio municipal sustentável do município”. Descrição complementada por LL.

“A edificação dispõe de um captador de água da chuva, que armazena a água coletada, para uso próprio. Além disso, o edifício promove o tratamento do esgoto gerado, por meio de plantas macrófitas, que possuem a capacidade de retirar da água substâncias tóxicas, dando condições favoráveis ao efluente. E conta também com um sistema solar fotovoltaico, que foi o foco deste trabalho, no qual há a geração de energia, com o excedente devolvido para a rede elétrica”.

4.2.1 Arquitetura do edifício

A sede do parque buscou alternativas de caráter ambiental, como a redução na produção de resíduos desde a obra, como citado por LL em entrevista “o desenho de arquitetura foi desenvolvido de maneira econômica, na busca de gastar menos energia, com as estruturas que chegaram já prontas ao local de instalação”. Uma vez que o setor de construção civil além de ser um grande consumidor de recursos naturais, é igualmente um grande gerador de resíduos, à medida que não há um sólido programa de gestão (Ortega, 2014).

Em consenso com o defendido por Gritti e Landini (2010), durante a execução da obra, ocorre uma mudança do local, assim como há a utilização de recursos naturais não renováveis, que provocam diversos impactos ambientais. Com isso se faz necessária a análise de todos os materiais utilizados, os impactos prévios que estes produzem durante o processo de fabricação, de sua vida útil até sua disposição final.

Para a construção da sede do PNMFC, optou-se para utilização de estrutura de madeira, cujo impacto ambiental é substancialmente menor que o de uma estrutura em concreto ou em aço. Como disposto em D5 a produção de 1 tonelada de madeira consome cerca de 325% menos energia do que a produção de 1 tonelada de concreto.

Durante a construção, outra característica a fim de respeitar e preservar a topografia e as particularidades naturais do solo, item disponível em D5 e levantada por HS e LL em entrevista, foi a escolha por um edifício elevado que toca o solo apenas com suas estruturas de metal, modelo que remete às características de uma palafita, como mostra a Figura 26.



Figura 26. Estrutura metálica de sustentação da sede
Fonte: Atlas da Mata Atlântica (2019)

O arquétipo escolhido é semelhante ao projeto desenvolvido pela Secretaria de Estado de Educação e Qualidade de Ensino do Amazonas (SEDUC) e que será padronizado para todo o país, a construção de escolar que contemplem a tipologia arquitetônica regional e insiram tecnologia sustentável (Costa & Araújo, 2020). A palafita, diz respeito a um modelo tradicional da região Norte do Brasil, que busca dialogar com o modo tradicional de viver e com os fenômenos naturais ao qual o local está propenso, como variações sazonais do nível água dos

rios, o solo normalmente encharcado, assim como os materiais disponíveis moldam a arquitetura das residências da área.

4.2.2 Tratamento de esgoto

O esgoto produzido na sede do PNMFC é tratado por um sistema conhecido como *wetland*, como mostra a Figura 27. Segundo Silveira, Wink, Zappe, Kist e Machado (2019), trata-se de uma alternativa de pré-tratamento de efluentes urbanos, que utiliza de mecanismos naturais, por meio de macrófitas, vegetação que apresenta grande potencial de recuperação de energia e nutrientes com baixo custo, além de promover a diminuição dos índices de pressão ambiental nos processos de recuperação de águas residuais.



Figura 27. Sistema *wetland*
Fonte: Atlas da Mata Atlântica (2019)

A respeito do sistema, HS entrevistada enfatizou

“Não seria certo minimizar o consumo de energia e de água, e devolver o esgoto sem tratamento ao meio ambiente, com a geração um alto custo para o tratamento de esgoto. É necessário que ocorra um pensamento sustentável para se tornar possível economizar e impactar cada vez menos o meio ambiente”.

Ideia completada por AM com “um sistema necessário para que um edifício seja considerado sustentável”.

E como mencionado Esteban e de Miguel (2008) o sistema *wetland* pode ser visto como o melhor e mais difundido tratamento para reutilização de água para irrigação. Porém, mesmo que apresente uma crescente tendência para usos com objetivos ambientais, tal condição por exemplo não seria viável em nenhum dos edifícios apresentados no item 2.4 do referencial teórico desta pesquisa, uma vez que tal processo necessita de um espaço verde proporcional para a plantação de tais espécies e seja adequado a quantidade de indivíduos que utilizam o edifício.

4.2.3 Captação de água pluvial

A edificação também possui um sistema de captação de água pluvial, como citado por HS em entrevista “as águas são captadas pelas calhas e direcionadas para dois tanques situados no fundo da edificação, a fim de ser utilizada para irrigação e outros fins similares”.

Os autores Huang, Yeh e Chang (2010) e Wanders e Wada, (2015) destacam que o uso da água da chuva, como complemento às redes municipais de abastecimento, tem ganhado importância, uma vez que, a sociedade, ganha consciência nos últimos anos a respeito do impacto da vida humana no planeta e sobre a necessidade de uso sustentável e gestão de recursos naturais a partir da deterioração contínua ao redor o mundo.

No Brasil, as políticas a respeito da coleta e utilização de águas pluvial ainda são dispersas e dificultam a visualização da posição do país na regulação do setor (Pacheco, Gómez, Oliveira, & Teixeira, 2017). E como detalhado por HS.

“A sede do PNMFC é um edifício planejado inicialmente para esta coleta e distribuição no ponto de uso, solução possível para mitigar o impacto sobre os recursos hídricos e podem trazer benefícios socioambiental local e municipal, uma vez que minimiza, mesmo que em pequena porcentagem a quantidade de efluente entregue ao sistema de esgoto”.

A água que normalmente é desperdiçada e se mistura ao esgoto, sendo levada ao tratamento, quando poderia ser reutilizada. Pesquisas estimam que a economia de água pelo aproveitamento da chuva pode chegar a 50%. A exemplo temos o município de Barueri, que desde 2019, com a promulgação da Lei 2.664, de 12 de março de 2019, novas edificações terão

que ser construídas com modelo sustentável e antigos terão de ser adaptados, a fim de buscar utilizar energia renovável, sistema de captação de água da chuva, a fim de obedecer à critérios sustentáveis (Câmara Municipal de Barueri, 2019).

4.2.4 Desempenho energético

Como disposto em D5, a construção buscou também uma adequada orientação solar quanto à implantação da edificação, com uma devida avaliação e construção que visa um melhor desempenho energético, além de propiciar conforto ambiental no interior do edifício. Como dito por HS em entrevista.

“A distribuição dos espaços interiores foi disposta criteriosamente para garantir uma correta ventilação transversal de todos os espaços, bem como, maior aproveitamento de luz natural feito por claraboias instaladas na cobertura, além de portas que permitem grandes aberturas”.

O sistema solar fotovoltaico, também foi um planejado que visou a eficiência energética do PNMFC e será melhor detalhado no item a seguir.

4.3 Sistema solar fotovoltaico

Destacado como a primeira Unidade de Conservação de Proteção Integral criada na cidade de São Paulo por AM., HS e LL, observou-se a necessidade do desenvolvimento de uma sede administrativa que comportasse a demanda e gerasse um baixo impacto ao ambiente. Uma vez que, “No âmbito da SVMA ter uma sede era o princípio, dado que no local anteriormente não possuía infraestrutura adequada para gestão e uso público” como citado por HS.

Desta maneira, projetada pela SVMA e entre as iniciativas de Boas Práticas da Agência Ambiental na Administração Pública (A3P), foi inaugurada em janeiro de 2019 uma nova sede administrativa, como o primeiro prédio municipal sustentável da Cidade de São Paulo, como mostra a Figura 28.



Figura 28. Visão do conjunto da Administrativa do PNMFC, 2018
Fonte: Secretaria do Verde e Meio Ambiente (2019).

4.3.1 Planejamento

Como detalhado em entrevista com AM.

“O projeto implantado no PNMFC, foi desenvolvido para o Parque Natural Municipal da Cratera de Colônia (PNMCC), que devido à falta de recursos que provém de compensação ambiental não pode ser implantado no PNMCC”.

O start para a implantação do projeto da sede sustentável no parque localizado na zona leste de São Paulo, durante o desenvolvimento do projeto e como presente em D1 e D2, o sistema de metrô de São Paulo estava em débito ambiental, devido a obra da Linha 15- prata.

Em concordância com o mencionado por HS, os projetos de novos edifícios são instalados a seguir um padrão determinado pela Divisão Técnica de Medicina Veterinária e Manejo da Fauna Silvestre (DEPAVE), logo, este modelo não se aplicaria bem ao PNMFC, como defendido por AM “cada local possui suas características e essas necessitam ser respeitadas”. Deste modo, foi determinado que seria bem empregado o primeiro edifício sustentável do município estivesse presente dentro de um parque natural.

Em entrevista com RA, engenheiro responsável pelo projeto, foi mencionada a motivação da instalação fotovoltaica realizada no parque

“A Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) é dona da maior área de solo do município, a geração de energia torna-se assim uma oportunidade de uso de recurso abundante, uma vez que bem planejada e realizada, com o aproveitamento das áreas livres disponíveis e criadas, pode-se zerar o custo da energia elétrica dentro da SVMA e posteriormente em toda a PMSP”.

Para isso, de acordo com o mencionado por R.A em entrevista e presente em D3 e D4, durante o planejamento do projeto foram seguidos os passos mencionados, a seguir:

- Escolha de local: Verificar o melhor espaço para instalação do a árvore solar;
- Medições de potencial solar e adequação de infraestrutura: Verificar se o local escolhido apresenta o melhor potencial solar dentro do ambiente;
- Aprovação do local: Primeiramente mencionado pela gestão;
- Escolha do fornecedor;
- Preparação do Diagrama de Gantt;
- Trâmites de documentos;
- Autorizações órgãos de patrimônio;
- Início da montagem e todos os testes iniciais;
- Término da montagem e testes finais;
- Medições da economia realizada: Iniciadas após 2 anos da instalação.

Em entrevista, HS citou que para que todos os passos determinados fossem alcançados, foram necessários 10 anos de pesquisas, reuniões até que em 2018 foi iniciada a instalação das placas solares fotovoltaicas no PNMFC.

4.3.2 Instalação

Após o planejamento da sede, em 2018 houve o início da instalação e em 2019 a entrega do projeto. E como mencionado por todos os entrevistados (AM, HS, LL e RA) não foram encontradas barreiras. Diferente de pesquisa realizada por Purificação, Ramos e Kniess (2020), na qual os autores mencionam que o alto custo inicial de investimento são percebidos como a principal barreira à adoção, porém, como PNMFC é um órgão público e a instalação ocorreu através de compensação ambiental, estas barreiras não foram encontradas.

Da mesma maneira, por se tratar de um órgão público, a SVMA utilizou do sistema de compensação como facilitador para que a instalação ocorresse, por meio do metrô de São Paulo (responsável financeiro pela obra). Assim como mencionado em pesquisa realizada por Purificação, Ramos e Kniess (2020), a compensação é um tipo de política de incentivo à geração

distribuída, na qual se permite que consumidores que produzam a sua própria energia elétrica utilizem-na como crédito.

Com a utilização deste facilitador, o sistema de painéis solares FV desenvolvido no PNMFC, possui um formato inovador, de árvore, como disposto em D2 e D5, e conta com uma pequena *foot-print*, espaço ocupado no solo. Com as placas fotovoltaicas orientadas para o norte, há uma melhor absorção dos raios solares, excelente formato para ser replicado em diferentes áreas, como mostra a Figura 29 e como mencionado por HS e RA em entrevista.



Figura 29. Infraestrutura do sistema solar fotovoltaico

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Ao detalhar o sistema instalado o entrevistado RA menciona

“O sistema escolhido para instalação no local é de pequeno porte, porém tem potência suficiente para suprir a demanda diária de energia do PNMFC, na maior parte do dia e do ano”.

De acordo com D1, D2, D4 e D5, o conjunto está instalado em uma área de 22 m², com 22 painéis de 150W cada, como mostra Figura 30, com a capacidade de atingir uma potência geral de 3 kW e com geração de energia/mês de 500 a 700 kWh mensais, dados resumidos na Tabela 12.



Figura 30. Parte Inferior da infraestrutura do sistema solar fotovoltaico

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Tabela 12

Dados do sistema solar fotovoltaico

Grupo	Unidade	Potência Nominal (kW)	Potência Efetiva (kW)	Primeira Sincronização para Testes	Início da Operação
1 Conjunto	22	3,30	3	2018	2019

Fonte: Adaptado de Eletropaulo (2018).

A central geradora é composta de 1 inversor de 3KW, no qual, a exportação da energia produzida ocorre através do sistema elétrico da Eletropaulo, atual Enel, no montante de 3Kw máximo, correspondente à potência líquida da energia elétrica a ser produzida pelo referido empreendimento, de acordo com D4.

A Baixa-Tensão desta distribuidora, possui faixa contínua de frequência entre 59 e 61 Hz. A faixa contínua de tensão nos terminais em regime permanente é de 240V, através de sua entrada de energia atual, como disposto em D1 e D5, no qual, o excedente de energia produzido por esta central geradora é exportado para a rede, uma vez que o sistema não possui bateria acoplada. Sistema esse mencionado na literatura como sistema *on grid* (Figura 31).

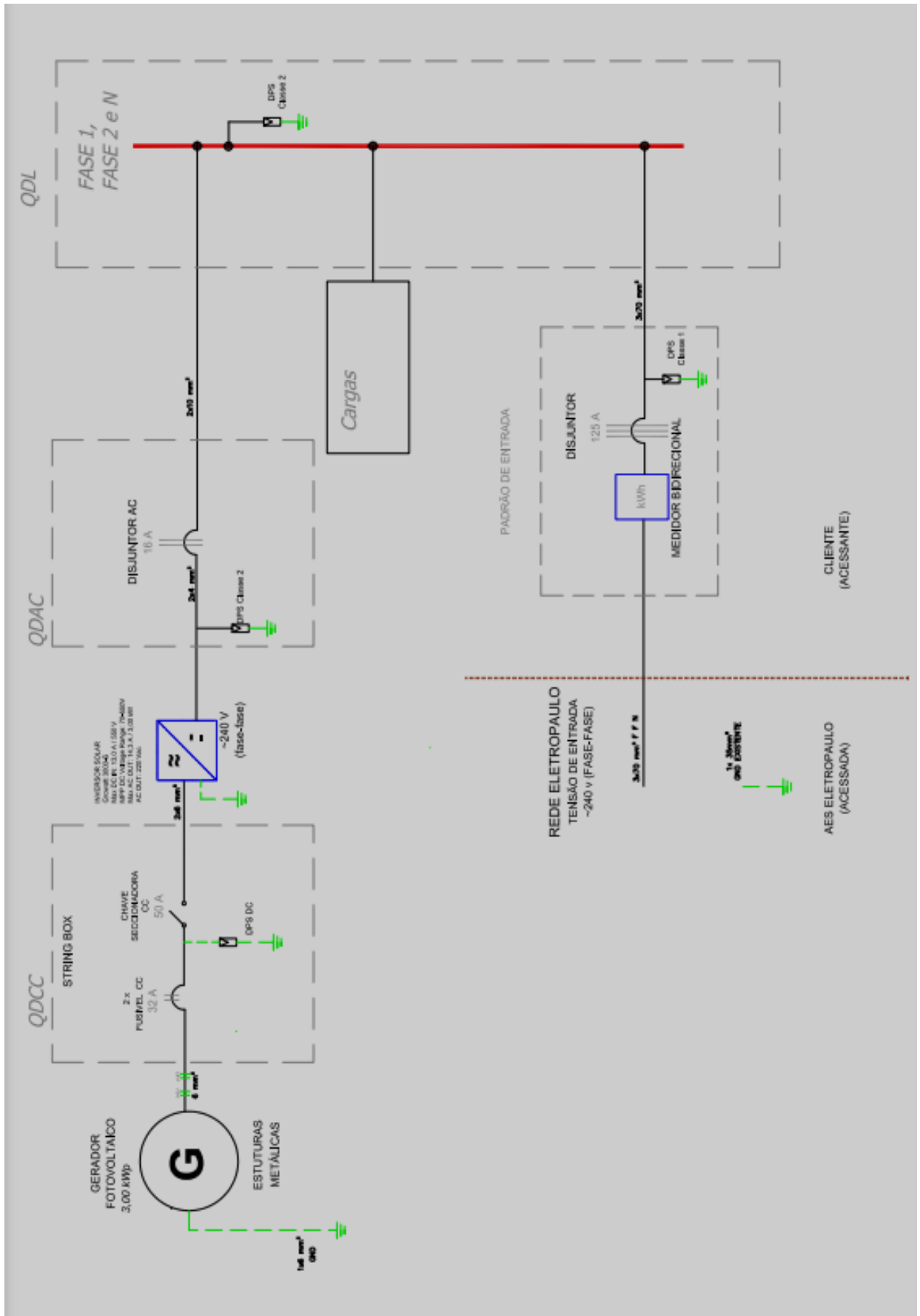


Figura 31. Projeto do sistema solar fotovoltaico on grid instalado no PNMFC
 Fonte: Secretaria do Verde e Meio Ambiente (2019).

4.3.3 Acompanhamento

Um dos pontos positivos do sistema solar fotovoltaico instalado no parque, e como mencionado por HS e RA, não é necessário que uma equipe própria do parque seja instruída a lidar com o equipamento. Uma vez que, o equipamento não necessita de limpeza detalhada antes dos 5 anos de instalação.

O entrevistado LL menciona

“A priori a manutenção deveria ser realizada pelo parque, então seria necessário que houvesse um núcleo de manutenção que fizesse isso, a exemplo a limpeza periódica. Mas a capacitação dos funcionários do PNMFC não se faz necessária, porque o sistema não exige uma capacitação técnica ou algo assim”.

Assim como determinado pela empresa e disponível em D2, ao completar 5 anos é necessário um *checkup* completo a fim de averiguar todos os equipamentos. Caso ocorram fatores adversos como queda de galhos ou chuva de granizo, antes deste prazo, a equipe técnica é acionada (RA e HS).

Desta maneira, para que a instalação atinja a média de 15 anos de duração, é efetuada pela equipe de engenharia uma manutenção a cada 6 meses, a fim de verificar se o equipamento apresenta defeitos nas placas ou software (RA e HS).

Os entrevistados RA e LL responderam a respeito de reparos necessários

“Tais reparos ocorrem por meio da garantia proporcionada pela empresa responsável pela instalação, e como disposto no art. 618 do código civil, que dispõe da garantia de obras públicas a empresa se responsabiliza por reparos nos primeiros 5 anos. Após passado o tempo previsto, a prefeitura se responsabilizará pelo custo de reparos”.

4.3.4 Resolução normativa

Em entrevista com HS, LL e AM, todos os entrevistados mencionaram “o principal responsável por verificar as normas a serem seguidas para que ocorresse a instalação do sistema FV no parque seria RA, desta maneira, todos preferiram não responder a tal tópico do questionário.

Em acordo com o detalhamento feito por RA em entrevista.

“Para a instalação do sistema solar fotovoltaico no PNMFC foi seguida a Resolução Normativa 482/12 da ANEEL que diz respeito a parte técnica do painel fotovoltaico, e dispõe a respeito da venda de energia do aproveitamento obrigatório da potência gerada, por parte das operadoras de energia, na qual a energia devolvida ao sistema gera créditos que podem ser utilizados em até 5 anos”.

E como mencionado por R. A. “Em uma microgeração distribuída a resolução da Aneel, diz que é obrigatório que a distribuidora local aceite até o limite da microgeração distribuída (com potência gerada até 75 kw) a PNMFC, que gera 3 kW”.

A determinação da Resolução 482/12 (ANEEL, 2012), possibilitou que residentes gerassem sua própria energia solar e fornecessem a energia não utilizada para a rede pública, transformando o excedente em desconto para as próximas contas. Com previsão de 120 mil unidades consumidoras com microgeração ou minigeração instaladas nos 10 primeiros anos.

4.3.5 Previsão futura

Quando perguntado durante entrevista a respeito da previsão de duração do sistema solar implantado no PNMFC o engenheiro elétrico responsável pela instalação, respondeu:

“O segredo de uma instalação para qualquer propósito é ela ser muito durável. Hoje em dia há placas solares que começam a perder a eficiência com 5 anos e outras que começam a perder com 15 anos. Então estima-se que as placas instaladas no parque tenham a periodicidade de 15 anos, que ao seguir o decaimento de eficiência que são pequenos nos primeiros anos e com 20 anos não haverá mais geração” (RA).

A entrevistada HS menciona que

“Todo o sistema implantado na sede do PNMFC como “modelão” para as pessoas, pensarem um pouco, uma vez que questão da energia renovável grita sempre aos olhos, por gerarem economia, e como faz diferença quando um gestor público (prefeito/governador) começa a pensar e aprovar projetos como o do parque”.

A entrevistada AM, citou que

“O projeto do PNMFC é um marco, que é necessário ousar, é preciso subverter as coisas para que sejam alcançados novos patamares com resultados melhores de sustentabilidade dentro de edifícios públicos.

Assim como primeiramente é necessário quebrar amarras do poder público com relação a agilidade e neste sentido a construção da sede do PNMFC foi uma grande quebra de barreira e que se espera que este projeto possa ser espalhado para outros espaços respeitando suas individualidades”.

A principal informação buscada ao instalar um sistema de energia alternativa, é a respeito de em quanto tempo haverá o retorno do valor investido na instalação fotovoltaica. De acordo com RA e LL o *payback* em 2020, para o sistema escolhido estava entre 4 e 5 anos, devido ao aumento de apoio regulamentar e pelo desenvolvimento das tecnologias. De acordo com Yu, Geoffron e Popiolek (2014), as políticas de apoio de incentivo governamental, propiciam resultados diretos e indiretos na perspectiva de curto e longo nos aspectos tecnológicos, econômicos e energéticos da sociedade.

5 Considerações Finais

As energias renováveis oferecem a possibilidade de diversificação da fonte energética permitindo minimizar a liberação de gases agravantes do efeito estufa, que normalmente é causada pela utilização de fontes fósseis, minimizando impactos ambientais.

Grandes cidades, como a exemplo de São Paulo, são normalmente abastecidas por grandes centrais de produção de energia elétrica e muitas vezes tais centros estão localizadas há grandes distâncias, fator que favorece a perda de eletricidade que ocorre durante o transporte. A utilização de energias renováveis seguindo o modelo de geração distribuída, permite que a energia elétrica seja gerada no local de consumo ou próximo a ele, sendo eficaz para o sistema de energia solar FV, tornando-se um processo vantajoso, com a apresentação possível economizar, uma vez que em 2021 o *payback* está em torno de 5 a 6 anos.

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, foi possível compreender que a implantação de sistemas solares FV, a fim de promover a geração distribuída, possibilita que edifícios públicos destinados a diferentes frentes e localizados em diferentes regiões, podem realizar suas funções base ao mesmo tempo minimizar o uso de energia elétrica, aliviando o sistema de distribuição, além de reduzir suas contas de energia e minimizar os índices de impacto ambiental.

No que diz respeito ao PNMFC, primeiro edifício sustentável do município de São Paulo, o presente trabalho procurou levantar os passos estabelecidos para instalação da energia fotovoltaica distribuída, considerando como metodologia a revisão bibliográfica da literatura no cenário nacional e internacional, a análise documental e entrevistas semiestruturadas com os responsáveis pela implementação e gestão do projeto do edifício estudado.

Foi constatado que devido ao excelente planejamento realizado durante 10 anos, se tornou possível a implantação do sistema solar FV, que no momento alimenta a edificação e possui a previsão 100% retorno, além de contribuir com a economia dos cofres públicos. Com o planejamento também se tornou possível que todos os itens implantados que no momento validam o edifício como sustentável acontecessem, promovendo o edifício como um marco da Prefeitura da Cidade de São Paulo, tornando-se um modelo a ser seguido em outras áreas da cidade e até mesmo do país.

O sistema solar fotovoltaico instalado no PNMFC contribui para o parque de maneira a minimizar a utilização de energia elétrica, ajudando de maneira positiva para a redução de impactos ambientais.

Porém, para que novos projetos como o desenvolvido para a sede do PNMFC ocorram, é necessário que as amarras que prendem o poder público em permanecer seguindo modelos pré-definidos, sejam quebradas, visando buscar diversificar e atender as características únicas dos edifícios, com a implantação do sistema energético que melhor se adapta ao local, a fim de permitir uma maior economia e atingir a eficiência energética.

Reconhece-se que se faz necessário principalmente que ocorra um aumento nos incentivos governamentais, por meio de políticas públicas, uma vez que estas exercem um papel fundamental na promoção da geração distribuída de energia fotovoltaica, seja por meio de subsídios ou financiamentos.

Como limitações é importante destacar que devido à pandemia do COVID-19 que o mundo enfrenta desde os últimos meses de 2019, foram lançados novos desafios quanto ao tempo para coleta de dados. Esse tempo reduzido, não nos permitiu analisar detalhadamente a eficiência energética gerada no edifício após a implantação do sistema FV, afetando de maneira considerável os resultados obtidos.

Para estudos futuros, orienta-se o aprofundamento desse estudo incluindo outros autores que abordem a implantação de energia solar FV em edifícios públicos, além da realização de estudos multicasos que possibilitem a comparação entre edifícios sustentáveis presentes dentro do município de São Paulo.

Referências

- Ackermann, T., Andersson, G., & Söder, L. (2001). Distributed generation: a definition. *Electric power systems research*, 57(3), 195-204.
- Agência Nacional de Energia Elétrica. (2008). Atlas de energia elétrica do Brasil. 3ed. Brasília, DF. Recuperado de <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>.
- Agência Nacional de Energia Elétrica. (2011). Resumo geral das usinas. Brasília: ANEEL.
- Ahmed, W., & Sarkar, B. (2019). Management of next-generation energy using a triple bottom line approach under a supply chain framework. *Resources, Conservation and Recycling*, 150, 104431.
- Aichele, R., & Felbermayr, G. (2012). Kyoto and the carbon footprint of nations. *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(3), 336-354.
- Aichele, R., & Felbermayr, G. (2013). The effect of the Kyoto Protocol on carbon emissions. *Journal of Policy Analysis and Management*, 32(4), 731-757.
- Albuquerque, F. L., Caixeta, G. G., Morais, A. J., & Silva, S. B. (2012). Análise da Curva de Carga em Prédios Públicos com Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Dotados de Compensação de Potência Reativa. IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE 2012). Goiânia, Goiás: [sn].
- Alhagla, K., Mansour, A., & Elbassuoni, R. (2019). Optimizing windows for enhancing daylighting performance and energy saving. *Alexandria Engineering Journal*, 58(1), 283-290.
- Almer, C., & Winkler, R. (2017). Analyzing the effectiveness of international environmental policies: The case of the Kyoto Protocol. *Journal of Environmental Economics and Management*, 82, 125-151.
- Altoé, L. Costa, J. M., Oliveira Filho, D., Martinez, F. J. R., Ferrarez, A. H., & Viana, L. A. (2017). Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. *Revista Estudos Avançados*, 31(89).
- Angelis-Dimakis, A., Biberacher, M., Dominguez, J., Fiorese, G., Gadocha, S., Gnansounou, E., Guariso, G., Kartalidis, A., Panichelli, L., Pinedo, I., & Robba, M. (2011). Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1182–1200.
- Assenheimer, O. (2015). Instalação de sistema fotovoltaico em prédios hospitalares: caso de estudo. (Monografia de Especialização) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Azevedo, J. P. M., do Nascimento, R. S., & Schram, I. B. (2017). Energia eólica e os edimpactos ambientais: um estudo de revisão. *Revista Uningá*, 51(1).

- Badulescu, D., Simut, R., Badulescu, A., & Badulescu, A. V. (2019). The Relative Effects of Economic Growth, Environmental Pollution and Non-Communicable Diseases on Health Expenditures in European Union Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 5115.
- Barbosa, E. D., & Freitas, W. R. S. (2017). Gestão ambiental em hospitais: em busca de evidências da contribuição da gestão de recursos humanos. I Simpósio Sul-Mato-grossense de administração.
- Bayod-Rújula, Á. A., Lorente-Lafuente, A. M., & Cirez-Oto, F. (2011). Environmental assessment of grid connected photovoltaic plants with 2-axis tracking versus fixed modules systems. *Energy*, 36(5), 3148-3158.
- Belessiotis, V. G., & Papanicolaou, E. (2012). 3.03 - História da energia solar. *Comp. Renovar. Energia* (3) 85-102. doi: :10.1016/B978-0-08-087872-0.00303-6.
- Bitencourt, F. (2006). Componentes de utopia ou de sobrevivência. *Revista Ambiente Hospitalar*.
- Bizzarri, G., & Morini, G.L. (2004). Greenhouse gas reduction and primary energy savings via adoption of a fuel cell hybrid plant in a hospital. *Applied Thermal Engineering*, 24, 383-400
- Bizzarri, G., Morini, G. L. (2006). New technologies for an effective energy retrofit of hospitals. *Applied Thermal Engineering*, 26, 161–169. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2005.05.015.
- Bocasanta, S. L., Engelage, E., Pfitscher, E. D., Borgert, A. (2017). Avaliação de sustentabilidade: eficiência energética em edifícios de uma universidade comunitária. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 6(2), 140-149. doi: 10.5585/geas.v6i2.826.
- Bondarik, R., Pilatti, L. A., & Horst, D. J. (2018). Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. *Interciencia*, 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).
- Braun, P., Jardim, C. D. S., & Rüther, R. (2007). Análise da contribuição energética de sistemas fotovoltaicos integrados em edificações: Aeroporto Internacional de Florianópolis, um estudo de caso. IX Encontro Nacional e V Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, Ouro Preto, MG, 260-269.
- Braun, P., dos Santos, Í. P., Zomer, C. D., & Rüther, R. (2010). A integração dos sistemas solares fotovoltaicos em seis aeroportos brasileiros utilizando diferentes tecnologias de células solares. *Revista Brasileira de Energia Solar*, 1(1).
- Burke, M. J., & Stephens, J. C. (2018). Political power and renewable energy futures: A critical review. *Energy Research & Social Science*, 35, 78-93.
- Câmara Municipal de Barueri. (2019). Energia solar e captação de água da chuva são obrigatórias em prédios públicos. Recuperado de

<https://www.barueri.sp.leg.br/institucional/noticias/energia-solar-e-captacao-de-agua-da-chuva-sao-obrigatorias-em-predios-publicos>

- Carlo, J. C. (2008). Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Carlo, J. C., & Lamberts, R. (2010). Parâmetros e Métodos Adotados no Regulamento de Etiquetagem da Eficiência Energética de Edifícios: parte 1: método prescritivo. *Ambiente Construído*, 10(2), 7-26.
- Carvalho, P. C. M., Riffel, D. B., Freire, C., & Montenegro, F. F. D. (2004). The Brazilian experience with a photovoltaic powered reverse osmosis plant. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 12(5), 373-385.
- Chen, S., Zhang, G., Xia, X., Setunge, S., & Shi, L. (2020). A review of internal and external influencing factors on energy efficiency design of buildings. *Energy and Buildings*, 109944.
- Collis, J. & Hussey, R. (2005). *Pesquisa em administração*. (2ª.ed.) Porto Alegre: Bookman.
- Costa, D. S., & de Araújo, V. S. (2020) Estudo de estratégias bioclimáticas para uma escola tipo palafita em Iranduba-Amazonas. *Meio Ambiente, Sustentabilidade e Tecnologia*—Volume 4, 41.
- Creswell, J. W. (2007). *Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto* (2ª.ed.) Porto Alegre: Artmed.
- Creswell, J. W. (2010). Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto. In *Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto* (pp. 296-296).
- Decreto nº 144, de 21 de junho de 2002. Aprova o texto do Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, aberto a assinaturas na cidade de Quioto, Japão, em 14 de dezembro de 1997, por ocasião da Terceira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Recuperado de <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decleg/2002/decretolegislativo-144-20-junho-2002-458772-norma-pl.html>
- Decreto nº 219, de 18 de julho de 1991. Institui o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural - CONPET e dá outras providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/anterior%20a%202000/1991/dnn213.htm
- Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm
- Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá

outras providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.htm

Decreto 37.678, de 20 de outubro de 1993. Aprova o regulamento da Área de Proteção Ambiental do Parque e Fazenda do Carmo. Recuperado de <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1993/decreto-37678-20.10.1993.html>

Deslandes, S. F. (1994). Pesquisa social: teoria, método e criatividade. In Pesquisa social: teoria, método e criatividade (pp. 80-80).

Dias, M. V. X., Bortoni, E. D. C., & Haddad, J. (2005). Geração distribuída no Brasil: oportunidades e barreiras. *Revista Brasileira de Energia*, 11(2), 1-11.

Didoné, E. L., Wagner, A., & Pereira, F. O. R. (2014). Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV. *Ambiente Construído*, 14(3), 27-42.

Dixon, R. K., McGowan, E., Onysko, G., & Scheer, R. M. (2010). US energy conservation and efficiency policies: Challenges and opportunities. *Energy Policy*, 38(11), 6398-6408.

Dogan, E., Altinoz, B., Madaleno, M., & Taskin, D. (2020). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A replication and extension of. *Energy Economics*, 104866. doi: 10.1016/j.eneco.2020.104866

Duaik, I. R., Ferraz, D., Costa, N. D., Moralles, H. F., & Rebelatto, D. A. D. N. (2019). Financial Viability of a Photovoltaic System: the case of University Hospital at the UFSCar/Brazil. doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3418178>.

Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*, 14(4), 532-550.

El-Darwish, I., & Gomaa, M. (2017). Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency. *Alexandria Engineering Journal*, 56(4), 579-589.

Eletropaulo. (2018). Parecer de Acesso à Rede de Distribuição da Eletropaulo para Micro e Minigeração

Empresa de Pesquisa Energética (2020) Matriz Energética e Elétrica. Recuperado de <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>.

Espinosa, V. M., Hernández, J. R. H., Espinoza, J. C. T. (2018). Gestión de la eficiencia energética edificaciones del Ecuador. *Opuntia Brava*, 10(4).

Esteban, R. I., & de Miguel, E. O. (2008). Present and future of wastewater reuse in Spain. *Desalination*, 218(1-3), 105-119.

Fernández-González, D., Ruiz-Bustanza, I., González-Gasca, C., Noval, J. P., Mochón-Castaños, J., Sancho-Gorostiaga, J., & Verdeja, L. F. (2018). Concentrated solar energy applications in materials science and metallurgy. *Solar Energy*, 170, 520-540.

- Fernández, P. S. (2011). Reto Europeo: la Eficiencia Energetica em Edificios. La Nueva Directiva Comunitaria 31/2010. *Revista Seqüência*, 32(62),55-77. doi: 10.5007/21777055.2011v32n62p55.
- Ferrador Filho, A. L., de Oliveira, A., & Kniess, C. T. (2018). Eficiência Energética Com Base Nos Critérios Procel: Estudo De Caso Em Edifício Público. *Holos*, 7, 2-25.
- Ferreira, A., Kunh, S. S., Fagnani, K. C., de Souza, T. A., Tonezer, C., dos Santos, G. R., & Coimbra-Araújo, C. H. (2018). Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 181-191.
- Ferreira, R. C. (2014). Estrutura da guilda das aves frugíveras da APA Parque e Fazenda do Carmo, São Paulo, Brasil. *Enciclopédia Biosfera, Goiânia*, 10(18), 3262-3279.
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (2020). Recent Facts about Photovoltaics in Germany, Alemanha. Recuperado de <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf>
- Fraser, M. T. D., & Gondim, S. M. G. (2004). Da fala do outro ao texto negociado: discussões sobre a entrevista na pesquisa qualitativa. *Paidéia*, 14(28), 139-152.
- Geller, H., Schaeffer, R., Szklo, A., & Tolmasquim, M. (2004). Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil. *Energy Policy*, 32(12), 1437-1450.
- Global Wind Energy Council. (2019). *Global wind report: annual market update 2019*. Brussels: GWEC.
- Goldemberg, J. (2009). Biomassa e energia. *Química nova*, 32(3), 582-587.
- Goldemberg, J., Coelho, S. T., Nastari, P. M., & Lucon, O. (2004). Ethanol learning curve—the Brazilian experience. *Biomass and Bioenergy*, 26(3), 301-304.
- Goldemberg, J. & Lucon, O. (2007). Energia e meio ambiente no Brasil. *Revista Estudos Avançados*, 21(59).
- Goldemberg, J. & Villanueva, L. P. (2003). *Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento*. São Paulo: Edusp, p. 44.
- Goldenberg, M. (2004). *A arte de pesquisar: Como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais*. 8 Ed. Editora Record.
- Gomes, F. B. (2018). Sustentabilidade na construção civil e as certificações: Análise de aplicações em edificações do selo leed™ no Distrito Federal.
- Gómez, J. M., Carlesso, F., Vieira, L. E., & Da Silva, L. (2018). A irradiância solar: conceitos básicos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(3).
- Gritti, G. C. M., & Landini, M. C. (2010). *Construção Sustentável: Uma opção racional*. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) Universidade São Francisco. Itatiba.

- Grunewald, N., & Martinez-Zarzoso, I. (2016). Did the Kyoto Protocol fail? An evaluation of the effect of the Kyoto Protocol on CO2 emissions.
- Guerreiro, R. (2012). A geração de energia maremotriz e suas oportunidades no Brasil. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, 8(2).
- Gyamfi, S., Diawuo, F. A., Kumi, E. N., Sika, F., & Modjinou, M. (2018). The energy efficiency situation in Ghana. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1415-1423.
- Hass, A., Rohr, F., & Santos, I. P. (2018). Estudo para utilização de energia solar fotovoltaica aplicada a escolas municipais na cidade de Cruz Alta-RS. Artigo Científico-Universidade Federal de Santa Maria-UFSM.
- Huang, S. L., Yeh, C. T., & Chang, L. F. (2010). The transition to an urbanizing world and the demand for natural resources. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(3), 136-143.
- Imhoff, J. (2007). Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.
- Inatomi, T. A. H. & Udaeta, M. E. M. (2005). Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos. *Brasil Japão. Trabalhos*, 189-205.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). Produto Interno Bruto de Cidades e Estados- Ano 2019. Recuperado de <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html>
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2019). SOS Mata Atlântica e INPE lançam novos dados do Atlas do bioma. Disponível em http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5115
- Internacional Energy Agency. (2010). Recuperado de: <http://www.iea.org/>.
- International Energy Agency (2020). Data and statistics. Recuperado de <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=BRAZIL&fuel=Energy%20supply&indicator=ElecGenByFuel>.
- International Energy Agency (2020). World Energy Investment 2020. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2020>
- International Renewable Energy Agency. (2015). Global Renewables Outlook. Abu Dhabi Recuperado de: <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2015>.
- International Renewable Energy Agency. (2020). Global Renewables Outlook. Abu Dhabi Recuperado de: <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020>.
- Juárez-Hernández, S., & León, G. (2014). Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social. *Problemas del desarrollo*, 45(178), 139-162.

- Jannuzzi, G. D. M. (2001). Energia e meio ambiente. <http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/Artigos/ieunica.htm>.
- Kåberger, T. (2019). Economic Management of Future Nuclear Accidents. In *The Technological and Economic Future of Nuclear Power* (pp. 211-220). Springer VS, Wiesbaden.
- Kamal, A., Al-Ghamdi, S. G., & Koc, M. (2019). Revaluating the costs and benefits of energy efficiency: A systematic review. *Energy Research & Social Science*, 54, 68-84.
- Kontokosta, C. E., & Tull, C. (2017). A data-driven predictive model of city-scale energy use in buildings. *Applied energy*, 197, 303-317.
- Leal, M. R. L. V. (2005). O potencial de aproveitamento da energia da biomassa. *Inovação Uniemp*, 1(3), 40-41.
- Lei 2.664, de 12 de março de 2019. Dispõe sobre a instalação de sistema de captação de energia solar e de sistema de captação, armazenamento e utilização de águas pluviais na construção de novos prédios públicos municipais. Recuperado de https://sapl.barueri.sp.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2019/8/ple0004_2019_lei2664_2019.pdf
- Lei 6.409, de 05 de abril de 1989. Declara de proteção ambiental a região do Parque e Fazenda do Carmo. Recuperado de <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1989/lei-6409-05.04.1989.html#:~:text=Declara%20de%20prote%C3%A7%C3%A3o%20ambiental%20a%20regi%C3%A3o%20do%20Parque%20e%20Fazenda%20do%20Carmo&text=Artigo%201.%C2%BA%20%2D%20Fica%20declarada,e%20%22Fazenda%20do%20Carmo%22>.
- Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19478.htm
- Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm
- Leite, P. B., Saavedra, O. R., Camelo, N. J., Ribeiro, L. A. S., & Ferreira, R. M. (2011). Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 19(2), 219-232.
- Leite, R. C., & Cortez, L. A. B. (2008). O etanol combustível no Brasil. *Revista Biocombustíveis no Brasil: Realidades e Perspectivas*, Ministério das Relações Exteriores.
- Lima, G. C. (2019). Eficiência energética e energia solar fotovoltaica em prédios públicos no setor de educação no nordeste do Brasil: o caso da expansão do IFRN. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- Llanos, E., Astigarraga, L., Jacques, R., & Picasso, V. (2013). Eficiencia energética en sistemas lecheros del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 17(2), 99-109.
- Madrid, R. V. (2014). Eficiencia energética, tradiciones versus nuevas soluciones. *Boletín CF+S*, (42/43), 463-473.
- Marconi, M. A., Lakatos, E. M. (2017). *Fundamentos de Metodologia Científica*. Atlas; 8ª Ed., p 368
- Marques, F. M. R. (2014). Perspectivas para a Energia Solar no Brasil. *Revista Business School São Paulo*, v. 1, p. 10-13.
- Marszal, A. J., Heiselberg, P., Bourrelle, J. S., Musall, E., Voss, K., Sartori, I., & Napolitano, A. (2011). Zero Energy Building—A review of definitions and calculation methodologies. *Energy and buildings*, 43(4), 971-979. doi: doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.12.022.
- Mazucato, T. (2018). *Metodologia da Pesquisa e do Trabalho Científico*. Editora FUNEPE, p. 94
- Medeiros, J. B. (2011). *Redação científica: A prática de fichamentos, Resumos, Resenhas*. São Paulo: Atlas, 2006. MOKFA, Christiane Silva Valente. A percepção dos colaboradores de uma instituição financeira de Dianópolis-TO em relação ao impacto do clima organizacional na QVT.
- Mejía, G. (2014). Estudio comparativo entre la legislación de eficiencia energética de Colombia y España. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (77), 122-134.
- Memon, S. A. (2014). Phase change materials integrated in building walls: A state of the art review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 870–906. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.042>
- Milanez, A. Y., Faveret Filho, P. D. S. C., & Rosa, S. E. S. D. (2008). *Perspectivas para o etanol brasileiro*.
- Minayo, M. D. S. (2007). O desafio da pesquisa social. *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*, 30, 9-29.
- Ministério da Educação (2017). Instituto Federal do Sul de Minas. IF SOLAR: Projeto inovador do IFSULDEMINAS possibilita a geração de energia solar em 82 unidades da Rede Federal. Recuperado de <https://portal.ifsuldeminas.edu.br/index.php/ultimas-noticias-ifsuldeminas/78-noticias-da-prodi/1008-if-solar>
- MME - Ministério de Minas e Energia (2015). Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica Recuperado de <http://www.procelinfo.com.br/>. Brasília: Author.
- MME - Ministério de Minas e Energia (2015). Desempenho Energético. Recuperado de <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID>
- MME – Ministério de Minas e Energia & EPE - Empresa de Pesquisa Energética (2008). Balanço energético nacional 2008. Relatório Síntese/Ano Base 2007. Recuperado de <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2008>

- MME – Ministério de Minas e Energia & EPE - Empresa de Pesquisa Energética (2019). Balanço energético nacional 2019. Relatório Síntese/Ano Base 2018. Recuperado de: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>.
- MME – Ministério de Minas e Energia & EPE - Empresa de Pesquisa Energética (2020). Anuário Estáticos de Energia Elétrica 2020. Relatório Síntese/Ano Base 2019 de EPE. Recuperado de <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>
- Mlecnik, E., Parker, J., Ma, Z., Corchero, C., Knotzer, A., & Perneti, R. (2020). Policy challenges for the development of energy flexibility services. *Energy Policy*, 137, 111147.
- Moura, T. (2020). Minigeração fotovoltaica aplicada a prédios públicos como método de redução de gastos financeiros.
- Müller, T. I. (2014). O uso da energia solar em edificações públicas-proposta para inserção de sistema de energia solar fotovoltaico no Centro de Saúde de Linha Nova/RS.
- Nascimento, T. C., Mendonça, A. T. B. de, & Cunha, S. K. da. (2012). Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil. *Cadernos EBAPE.BR*, 10(3), p. 630-651.
- Nehring, R. (2009). Traversing the mountaintop: world fossil fuel production to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1532), 3067-3079.
- Nouridine, B., & Saad, A. (2020). About energy efficiency in Moroccan health care buildings. *Materials Today: Proceedings*. doi: doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.135.
- Opoku, R., Adjei, E. A., Ahadzie, D. K., & Agyarko, K. A. (2020). Energy efficiency, solar energy and cost saving opportunities in public tertiary institutions in developing countries: The case of KNUST, Ghana. *Alexandria Engineering Journal*, 59(1), 417-428.
- Ortega, S. G. (2014). Sustentabilidade na Construção Civil: significados, práticas e ideologia. *Organizações e Sustentabilidade*, 2(1), 112-137.
- Pacheco, F. (2006). Energias Renováveis: breves conceitos. *Revista Conjuntura e Planejamento*, 149, 4-11.
- Paines, P. A., Vignochi, L., Possamai, O. (2018). Simulation of photovoltaic systems for commercial sector. *Revista Exacta*, 16(3). doi: [10.5585/ExactaEP.v16n3.7579](https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v16n3.7579).
- Pacheco, P. R. C., Gómez, Y. D., Oliveira, I. F., & Teixeira, L. C. G. (2017). A view of the legislative scenario for rainwater harvesting in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 141, 290–294. doi:[10.1016/j.jclepro.2016.09.097](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.097)
- Pao, H. T., & Fu, H. C. (2013). Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 381-392.
- Pepermans, G., Driesen, J., Haeseldonckx, D., Belmans, R., & D'haeseleer, W. (2005). Distributed generation: definition, benefits and issues. *Energy policy*, 33(6), 787-798.

- Perdigão, D. M., Herlinger, M., White, O. M. (2011). Teoria e Prática Da Pesquisa. Aplicada. P 504 Elsevier; 1ª ed.
- Pereira, E. B., Martins, F. R., Gonçalves, A. R., Costa, R. S., Lima, F. J. L., Rütther, R., . . . Souza, J. G. (2017). Atlas Brasileiro de Energia Solar (2ª ed.). São José dos Campos: INPE. Recuperado de <http://www.absolar.org.br/atlas-brasileiro-de-energia-solar-2aedicao.html>
- Pereira Jr, A. O., Pereira, A. S., La Rovere, E. L., Barata, M. M. L., Villar, S. C., & Pires, S. H. (2011). Strategies to promote renewable energy in Brazil. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(1), 681-688.
- Pereira, T. C. G. (2012). Dossiê de pesquisa: fontes renováveis de energia. Edição digital.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Velázquez, D. (2013). Revisiting energy efficiency fundamentals. *Energy Efficiency*, 6(2), 239-254.
- Pinto, L. P., Bedê, L., Paese, A., Fonseca, M., Paglia, A., & Lamas, I. (2006). Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial. *Biologia da conservação: essências*. São Carlos: RiMa, 91-118.
- Portaria Interministerial nº1.877 de 30 de dezembro de 1985. Instituir o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Recuperado de <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team>.
- Prada, M., Prada, I. F., Cristea, M., Popescu, D. E., Bungău, C., Aleya, L., & Bungău, C. C. (2020). New solutions to reduce greenhouse gas emissions through energy efficiency of buildings of special importance—Hospitals. *Science of the Total Environment*, 718, 137446.
- Public Utility Commission Of Texas, (2001) Distributed Generation Interconnection Manual, march 2001.
- Purificação, R. A. N., Ramos, H. R., & Kniess, C. T. (2020). Barreiras e facilitadores para o uso da energia fotovoltaica: uma revisão sistemática da literatura. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 16(2).
- Radwan, A. F., Hanafy, A. A., Elhelw, M., & El-Sayed, A. E. H. A. (2016). Retrofitting of existing buildings to achieve better energy-efficiency in commercial building case study: Hospital in Egypt. *Alexandria engineering journal*, 55(4), 3061-3071
- Rei, G. (2019). CPFL e RGE nos Hospitais [site] Recuperado de <https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/eficiencia-energetica/cpfl-e-rge-nos-hospitais/Paginas/default.aspx>
- Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Recuperado de <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>
- Ribeiro, F. M., & Silva, G. A. (2010). Life-cycle inventory for hydroelectric generation: a Brazilian case study. *Journal of Cleaner Production*, 18(1), 44-54.

- Rosa, C. B., Siluk, J. C. M., Michels, L., Rigo, P. D., Rediske, G. (2018). A gestão da energia solar fotovoltaica sob a ótica da bibliometria. *Revista Tecno-lógica*, 22(2), 113-119.
- Rossmann, G. B., & Rallis, S. F. (2011). *Learning in the field: An introduction to qualitative research*. Sage.
- Rüther, R. (2004). *Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil*. Editora UFSC.
- Rüther, R. (2010). Potencial da energia solar fotovoltaica no Brasil e projetos vitrine, estádios solares e aeroportos solares. In *Proceedings of seminar Mercosul Pós-Copenhague*.
- Rüther, R., Salamoni, I., Montenegro, A., Braun, P., & Devenienne, R. (2008). Programa de telhados solares fotovoltaicos conectados à rede elétrica pública no Brasil. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente construído*, 12.
- Sanchez, R. M., & Ciconelli, R. M. (2012). Conceitos de acesso à saúde. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 31, 260-268.
- Santos, F. (2011). *Utilização de energia fotovoltaica para a eficiência energética de uma moradia*. 2011 (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) -Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto).
- Santos, J. B., Jabbour, C. J. C. (2013). Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais, *Revista Saúde e sociedade*, 22(3), 972-977.
- Schiller, S., & Evans, J. M. (2005). Rol de la Envolvente en la Edificación Sustentable. *Revista de la Construcción*, 4(1), 5-12.
- Schlomann, B., Rohde, C., & Plötz, P. (2015). Dimensions of energy efficiency in a political context. *Energy Efficiency*, 8(1), 97-115.
- Secretaria de Energia (2012). *Plano Paulista de Energia*. Recuperado de <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/2012/05/09/ppe-2020-plano-paulista-de-energia/>.
- Secretaria de Energia. (2013). *Energia solar paulista. Levantamento do Potencial*. *Secretaria de Energia, Subsecretaria de Energias Renováveis, São Paulo*.
- Secretaria do Verde e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. (2014). *Plano De Manejo Parque Natural Municipal Fazenda Do Carmo*. Disponível em https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/publicacoes_svma/index.php?p=18104444
- Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (2020). *Dados Energéticos do Estado de São Paulo em 2019*
- Secretaria do Verde e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. (2021). *Parque Natural Municipal Fazenda Do Carmo*. Disponível em

https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/unid_de_conservacao/index.php?p=42141

- Secretaria Especial de Comunicação (2019). Sede do Parque Natural Fazenda do Carmo é o primeiro prédio público municipal sustentável. Disponível em <http://www.capital.sp.gov.br/noticia/sede-do-parque-natural-fazenda-do-carmo-e-o-primeiro-predio-publico-municipal-sustentavel>
- Signorini, V. B., Vianna, S. D., & Salamoni, I. (2015). Análise do potencial de geração de energia solar fotovoltaica em um sistema integrado à edificação e interligado à rede-estudo de caso no prédio administrativo do campus porto da UFPEL. *Revista de Arquitetura IMED*, 3(2), 108-117.
- Silva, A. O. D. (2018). Exploração de recursos renováveis em escolas públicas: caso Escola Estadual Ensino Fundamental Eduardo Vargas.
- Silva, A. T. B., Spers, R. G., Wright, J. T. C., & da Costa, P. R. (2013). Cenários prospectivos para o comércio internacional de etanol em 2020. *Revista de Administração*, 48(4), 727-738.
- Silva, M. J. G. D., Araújo, C. S. D., Bezerra, S. D. T. M., Arnaud, S., Souto, C. D. R., & Gomes, H. P. (2015). Sistema de controle adaptativo aplicado a um sistema de distribuição de água com ênfase na eficiência energética. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 20(3), 405-413.
- Silva, S. H. A. B. (2009). Utilização da energia solar como forma de diminuição do consumo de energia elétrica nas escolas da rede municipal de ensino de Belo Horizonte.
- Silveira, E. O., Wink, M., Zappe, A. L., Kist, L. T., & Machado, Ê. L. (2019). Sistema integrado com microalgas e wetland construído de fluxo vertical no tratamento de efluentes urbanos. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 24(2), 305-313.
- Simioni, F. J., & Hoeflich, V. A. (2010). Cadeia produtiva de energia de biomassa na região do Planalto Sul de Santa Catarina: uma abordagem prospectiva. *Revista Árvore*, 34(6), 1091-1099.
- de Souza, G. H. S., Lima, N. C., Silveira-Martins, E., & Queiroz, J. V. (2014). Gestão energética e inovação sustentável: A formação de preço da energia eólica no Estado do Rio Grande do Norte. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 11(3), 255-280.
- Teke, A., & Timur, O. (2014). Assessing the energy efficiency improvement potentials of HVAC systems considering economic and environmental aspects at the hospitals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 224-235.
- Terciate, R. (2002). A energia eólica e o meio ambiente. *Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural*.
- Torgal, F. P. (2013). Breve análise da estratégia da União Europeia (UE) para a eficiência energética do ambiente construído. *Ambiente construído*, 13(4), 203-212.

- Torgal, F. P., Mistretta, M., Kaklauskas, A., Granqvist, C. G., & Cabeza, L. F. (2013). Nearly zero energy building refurbishment: A multidisciplinary approach. Springer Science & Business Media.
- Universidade Federal de Santa Maria. (2019). Disponível em <https://www.ufsm.br/2019/12/31/ufsm-recebe-recurso-investir-em-nova-usina-fotovoltaica/>
- Vanegas, J., Botero, S. (2012). Eficiencia energética en microempresas de Medellín: un estudio de valoración de barreras. *Lecturas de Economía*, 77, 129-161.
- Venturini, L. D. B. & Lopes, L. F. D. (2015). O modelo triple bottom line e a sustentabilidade na administração pública: pequenas práticas que fazem a diferença.
- Vergara, S. C. (1998). *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. São Paulo: Atlas.
- Verma, D., Midtgård, O. M., & Sætre, T. O. (2011). Review of photovoltaic status in a European (EU) perspective. In 2011 37th IEEE Photovoltaic Specialists Conference 3292-3297.
- Villalva, M.G. (2012). *Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações (2ªed)*. São Paulo: Érica.
- Wanders, N., & Wada, Y. (2015). Human and climate impacts on the 21st century hydrological drought. *Journal of Hydrology*, 526, 208-220.
- Worldwide Fund for Nature Brazil. (2012). *Além de Grandes Hidrelétricas. Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil*. Sumário WWF Brazil. Brasília: Author. Recuperado de https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/alem_de_grandes_hidreletricas_sumario_para_tomadores_de_decisao.pdf
- Yepes, H., Arrieta, C., Arrieta, A. A. Amell. (2019). Combustión sin llama como una alternativa para mejorar la eficiencia de sistemas térmicos: revisión del estado del arte, *Tecnológicas*, 22(46).
- Yin, R. (1993). *Applications of Case Study Research*, Beverly Hills, CA, Sage.
- Yin, R. K. (2001) *Estudo de caso: planejamento e métodos*. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de Caso: Planejamento e métodos*. Bookman editora.
- Yu, H. J. J., Popiolek, N., & Geoffron, P. (2014, November). Solar photovoltaic energy policy and globalization: a multiperspective approach with case studies of Germany, Japan, and China. *Progress in Photovoltaics*, 24(4), 458-476. doi: 10.1002/pip.2560
- Zafrilla, J. E., Arce, G., Cadarso, M. Á., Córcoles, C., Gómez, N., López, L. A. & Tobarra, M. Á. (2019). Triple bottom line analysis of the Spanish solar photovoltaic sector: A footprint assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114, 109311. doi: doi.org/10.1016/j.rser.2019.109311.

Zappellini, M. B., & Feuerschütte, S. G. (2015). O uso da triangulação na pesquisa científica brasileira em administração. *Administração: Ensino e Pesquisa*, 16(2), 241-273.

Apêndices

APÊNDICE A - LEVANTAMENTO DA LITERATURA

Tópico	Autores	Teoria
Geração de energia e o meio ambiente	Inatomi e Udaeta (2005)	Crescimento na exploração de recursos naturais e na utilização de tecnologias em larga escala para obtenção de energia
	Goldemberg e Villanueva (2003)	
	Jannuzzi (2001)	Efeitos negativos do sistema de energia fóssil
	Torgal, Mistretta, Kaklauskas e Cabeza (2013)	
	Inatomi e Udaeta (2005)	
	Almer e Winkler (2017)	
	Grunewald e Martinez-Zarzoso (2016)	
	Aichele e Felbermayr (2012), (2013)	
	Ahmed e Sarkar (2019)	Desenvolvimento Sustentável
	Zafrilla et al. (2019)	
	Ahmed e Sarkar (2019)	
Altoé, Costa, Oliveira Filho, Martinez, Ferrarez e Viana (2017)		
Energias renováveis	Azevedo, Nascimento e Schram (2017)	Energias renováveis
	Guerreiro (2012)	
	IRENA (2020)	
	Juárez-Hernández e León (2014)	
	Kåberger (2019)	
	Nascimento, Mendonça e Cunha (2012)	Energia Eólica
	Souza, Lima, Silveira-Martins e Queiroz (2014)	
	ANEEL (2011)	
	Goldemberg (2009)	Biomassa
	Leal (2005)	
	MME e EPE (2019)	
	Silva, Spers, Wright e Costa (2013)	
	Milanez, Faveret Filho e Rosa (2008)	
	Leite, Saavedra, Camelo, Ribeiro e Ferreira (2011)	Maremotriz
Guerreiro (2012)		
Energia fotovoltaica solar	Gómez, Carlesso, Vieira e Silva (2018)	Crescimento da energia solar
	Fernández (2011)	
	ANEEL (2008)	
	Santos e Jabbour (2013)	
	Villalva (2012)	
	Carvalho, Riffel, Freire e Montenegro (2004)	Sistema solar fotovoltaico
	Villalva (2012)	
	Ferreira, Kunh, Fagnani, Souza, Tonezer, Santos e Coimbra-Araújo (2018)	
	ANEEL (2008)	Energia solar fotovoltaica no mundo
	Bondarik, Pilatti e Horst (2018)	Energia solar fotovoltaica no Brasil
	Pereira et al. (2017)	
WWF- Brasil (2012)		

	Goldemberg, Coelho, Nastari e Lucon, (2004)	
	Secretaria de Energia (2013)	
	Pao, e Fu (2013)	
Eficiência Energética	Torgal (2013)	Problemas ambientais
	Silva, Araújo, Bezerra, Arnaud, Souto & Gomes (2015)	
	IRENA (2015)	Edifícios construídos
	Torgal (2013)	
	Bocasanta, Engelage, Pfitscher e Borgert (2017)	
	Yepes, Arrieta e Arrieta (2019)	

APÊNDICE B – MODELO DE FORMULÁRIO ENCAMINHADO AOS ENTREVISTADOS.

Prezado (a) senhor (a), agradecemos desde já sua disposição em nos encontrar. Gostaríamos de convidá-lo a colaborar na realização da pesquisa descrita neste formulário. Por favor, leia o texto que segue. Antes de tomar a decisão final sobre sua colaboração, não hesite em fazer à equipe de pesquisa todas as perguntas que julgar necessárias. Se o (a) senhor (a) aceitar participar da pesquisa, a equipe de pesquisa conservará consigo o original deste formulário assinado e lhe enviará uma cópia.

Título da pesquisa:

Análise de sistemas de energia fotovoltaica implantados em prédios públicos localizados no município de São Paulo

Composição da equipe de pesquisa:

Eu, Joyce Éllen Santos de Oliveira, estudante do Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis (PPG-CIS) da Universidade Nove de Julho (UNINOVE), telefone (11) 99844-6378, correio eletrônico: joycees@uninove.br e Heidy Rodriguez Ramos, orientadora e professora do Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis (PPG-CIS) da Universidade Nove de Julho (UNINOVE), correio eletrônico: heidyrr@uni9.pro.br.

Descrição da pesquisa:

Esta pesquisa tem por objetivo analisar a eficiência energética de prédios públicos, localizados no Estado de São Paulo, que tenham implantado sistemas de energia fotovoltaica buscando a eficiência energética. Para a realização desta pesquisa, sua participação será de grande valor, visto que a sede do Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo (PNMFC) é o primeiro prédio público municipal sustentável.

A entrevista tem previsão aproximadamente de uma hora, sendo gravada com a utilização de um gravador digital e/ou notebook. Em princípio, apenas as pessoas da equipe de pesquisa terão acesso aos dados gravados. As gravações das entrevistas serão mantidas em local seguro.

Consideramos importante poder identificar em nossas pesquisas o nome de sua empresa, bem como o nome dos dirigentes que venham a participar das entrevistas. Nós o faremos apenas com a autorização expressa do responsável da área que responde em nome de sua empresa. O nome de possíveis outros participantes nas entrevistas (os não-dirigentes de sua empresa) não precisam ser identificados em nossa pesquisa.

Não hesite em entrar em contato diretamente conosco sobre toda e qualquer questão a respeito desta pesquisa.

Muito obrigada!

Joyce Éllen Santos de Oliveira

Heidy Rodriguez Ramos

FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO

Pesquisadora 1: Joyce Éllen Santos de Oliveira

Pesquisadora 2: Heidy Rodriguez Ramos

Consentimento a assinar:

Participação na entrevista (para assinar antes da entrevista)

Após ter lido e entendido o texto precedente e ter tido a oportunidade de receber informações complementares sobre o estudo, eu aceito, de livre e espontânea vontade, participar da(s) entrevista(s) de coleta de dados para esta pesquisa sobre o projeto de implantação de energia fotovoltaica no Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo (PNMFC).

Eu sei que eu posso me recusar a responder a uma ou outra das questões se eu assim decidir. Entendo também que eu posso pedir o cancelamento da entrevista, o que anulará meu aceite de participação e proibirá a(s) pesquisadora(s) de utilizar as informações obtidas comigo até então.

Autorização de citação do nome do(a) entrevistado(a) e do nome da empresa pesquisada

Local: _____ Data: _____	Pessoa Entrevistada Nome: _____ Assinatura: _____
	Entrevistadores Nome: _____ Assinatura: _____ Nome: _____ Assinatura: _____

APÊNDICE C – ROTEIRO DAS ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS

As questões estão relacionadas com os objetivos específicos e foram formuladas com base em descobertas realizadas na pesquisa bibliográfica.

BLOCO 1 - PLANEJAMENTO

1. Qual foi o start inicial que levou ao projeto, foi uma diretriz ou financiamento específico?
2. Quais foram os índices/ fatores que levaram a gestão a planejar a instalação do sistema solar fotovoltaico na sede do PNMFC?
3. Como foi realizado o planejamento para implantação da energia solar para alimentação do prédio?
4. Quais foram os passos realizados durante o planejamento de implantação da energia solar para alimentação do local?
5. Quanto tempo levou desde o início do planejamento, para que a energia solar fosse instalada no imóvel?

BLOCO 2 - INSTALAÇÃO

6. Foram encontradas barreiras (Legislação/ Empresas) durante a instalação do sistema FV? Se sim, quais?
7. Quais foram os facilitadores para a implantação do projeto?
8. Quando foi implantado o sistema atual?
9. Quando o sistema começou a ser utilizado?
10. Quantos painéis foram instalados?
11. O sistema é on grid ou off grid?

12. Quanto custou a instalação dos painéis solares?

13. Como foi adquirido o sistema Fotovoltaico instalado:

Programa governamental Particular

14. Quem foi o responsável financeiro pela obra?

15. Qual a voltagem da instalação:

Bateria 110V 220V

16. Qual a potência instalada?

17. O sistema solar FV instalado possui bateria para que a energia gerada seja estocada?

BLOCO 3 – ACOMPANHAMENTO

18. Após a instalação das placas é realizado um acompanhamento/manutenção periódica?

19. Qual é a periodicidade da manutenção das placas solares instaladas no local?

20. Como é realizada a manutenção das placas solares fotovoltaicas? E qual é a média de custo da manutenção das placas solares fotovoltaicas?

21. Foi necessário que a equipe de manutenção do local recebesse capacitação para lidar com os equipamentos instalados? Se sim, esta capacitação foi suficiente para lidar com o sistema instalado?

BLOCO 4 - RESOLUÇÃO NORMATIVA

22. Quais foram os regulamentos obedecidos para a instalação do sistema?

23. Há compensação de créditos de energia dentro do sistema instalado?

24. A distribuidora de energia local pode impedir a conexão do micro gerador utilizando como justificativa a redução da flexibilidade de operação?

BLOCO 5 - PREVISÃO FUTURA

25. Qual a previsão de duração do sistema de energia solar implantado no local?

26. Após quantos anos será capaz de recuperar o dinheiro investido na implantação do sistema fotovoltaico?

BLOCO 6 – DETALHES SOBRE O PROJETO (Perguntas abertas)

27. Há outras pessoas envolvidas no projeto que poderiam fornecer informações pertinentes?

28. Qual foi a documentação gerada durante o projeto de instalação?

29. Há mais alguma informação que você acha pertinente?