



VIII ENEI
Encontro Nacional de
Economia Industrial e
Inovação

POLÍTICA INDUSTRIAL E
ECONOMIA DO CONHECIMENTO:
NOVAS ESTRATÉGIAS DE
DESENVOLVIMENTO PARA O BRASIL

20 a 23 de Maio de 2024



Benefícios e barreiras na implantação do sistema fotovoltaico a ser integrado ao Complexo Aquático da UFSC

Thiago de Souza Santos *;
Mauricio Uriona Maldonado**.

Resumo: Nos últimos anos vem ocorrendo um crescimento vertiginoso da geração solar fotovoltaica (FV) na matriz elétrica brasileira, em virtude da queda nos custos dos equipamentos fotovoltaicos aliada a excelente disponibilidade de recursos de energia solar no Brasil.

Tendo em vista que a instalação de sistemas FVs traz autonomia energética, benefícios ao meio ambiente, redução das despesas com energia elétrica, além de poder fomentar atividades de pesquisa em universidades públicas, essas instituições de ensino vêm investindo na aquisição de módulos fotovoltaicos recentemente.

Este artigo apresenta os benefícios, as desvantagens e as barreiras para a implantação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica em um órgão público utilizando como estudo de caso o projeto do Complexo Aquático da UFSC.

A partir das conclusões obtidas, as principais barreiras identificadas foram: incapacidade da estrutura de sustentação da cobertura para a instalação dos módulos, adequações necessárias na subestação de entrada para instalações acima de 75 kW (minigeração distribuída), recursos orçamentários para a execução de todo o projeto e aspectos do processo licitatório. Além disso, foi apontada como desvantagem a questão do passivo que pode surgir ao final da vida útil dos módulos, visto que, atualmente, não existem regulamentações vigentes no Brasil sobre logística reversa desses equipamentos. Não foram identificados prejuízos para os usuários das edificações que possuem sistemas fotovoltaicos. Pelo contrário, a percepção do usuário entrevistado foi positiva nesse quesito.

Palavras-chave: Geração fotovoltaica; Benefícios; Barreiras; Instituições públicas.

Código JEL: O33.

Área Temática: 7.3 Inovação, desenvolvimento e sustentabilidade.

Benefits and barriers in a photovoltaic system design to be integrated into the UFSC Aquatic Complex

Abstract: In recent years, there has been a dizzying growth in solar photovoltaic (PV) generation in the Brazilian electric matrix, due to the falling cost of photovoltaic equipment and the excellent availability of solar energy resources in Brazil.

* Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: thiago.santos@ufsc.br

** Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: m.uriona@ufsc.br

Considering that the installation of PV systems provides energy autonomy, benefits the environment, reduces electricity costs and can also encourage research activities at public universities, these educational institutions have recently been investing in the acquisition of photovoltaic modules. This article presents the benefits, disadvantages and barriers to implementing a photovoltaic solar energy generation system in a public company, using the UFSC Aquatic Complex project as a case study.

Based on the conclusions obtained, the main barriers identified were: the inability of the roof support structure to install the modules, the adjustments needed at the electrical substation for installations above 75 kW (distributed mini-generation), the budget resources needed to carry out the entire project and aspects of the bidding process.

Furthermore, the issue of liability that may arise at the end of the useful life of the modules was highlighted as a disadvantage, given that there are currently no regulations in force on reverse logistics of this equipment in Brazil. No losses were identified for users of buildings with photovoltaic systems. On the contrary, the perception of the interviewed user was positive in this point.

Keywords: Photovoltaic generation; Benefits; Barriers, Public companies.

1. Introdução

O sistema brasileiro de geração de energia elétrica é composto predominantemente por usinas hidrelétricas e usinas termelétricas, conforme mostrado na Figura 1a.

No entanto, nos últimos anos a parcela de fontes alternativas renováveis de energia tem crescido de forma considerável, principalmente com a inserção das usinas solares fotovoltaicas (FV). De acordo com ABSOLAR (2023), a capacidade FV ultrapassou a eólica em 2023, e atualmente é a segunda maior fonte de geração de energia elétrica em termos de potência instalada no Brasil (Figura 1b).

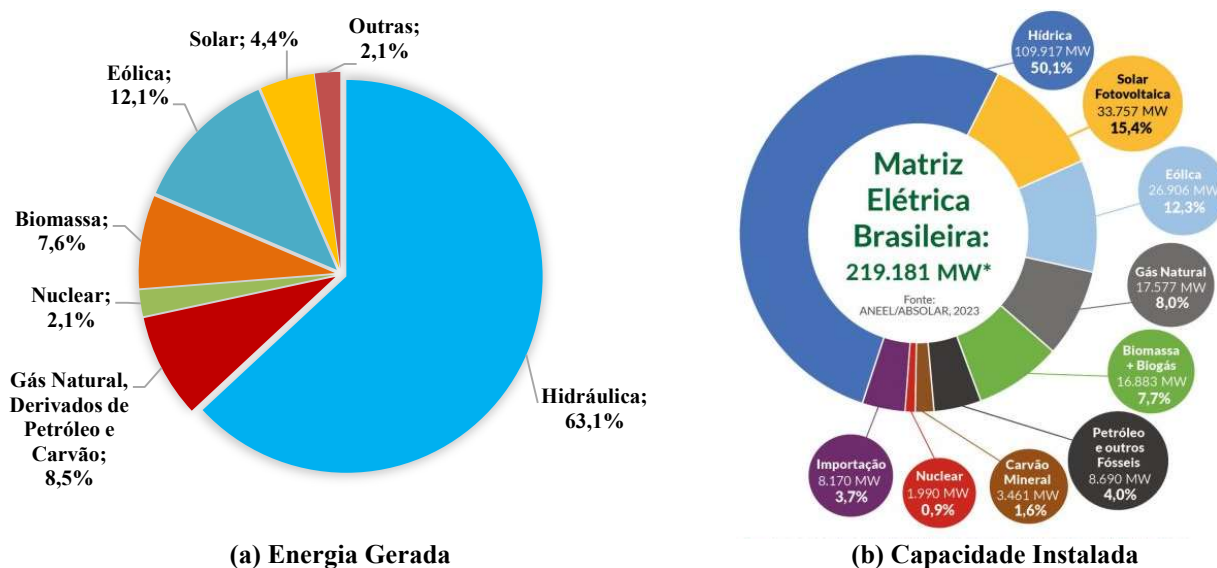


Figura 1 - Matriz elétrica brasileira 2022
Fonte: (a) EPE (2023); (b) ABSOLAR (2023)

No Gráfico 1 é apresentada a evolução da capacidade instalada da geração solar fotovoltaica no Brasil entre os anos de 2013 e 2022. É possível constatar que a potência instalada das usinas FVs aumentou em 82,43% no ano de 2022, em comparação com o ano anterior.

Esse crescimento vertiginoso da geração FV vem ocorrendo em virtude da queda nos custos dos equipamentos fotovoltaicos, aliada a excelente disponibilidade de recursos de energia solar no Brasil. O governo brasileiro e as empresas de eletricidade começaram a avaliar e considerar as usinas fotovoltaicas em escala de utilidade como um grande contribuinte para o mix de eletricidade. (PEREIRA et al., 2017; NASCIMENTO et al., 2019).

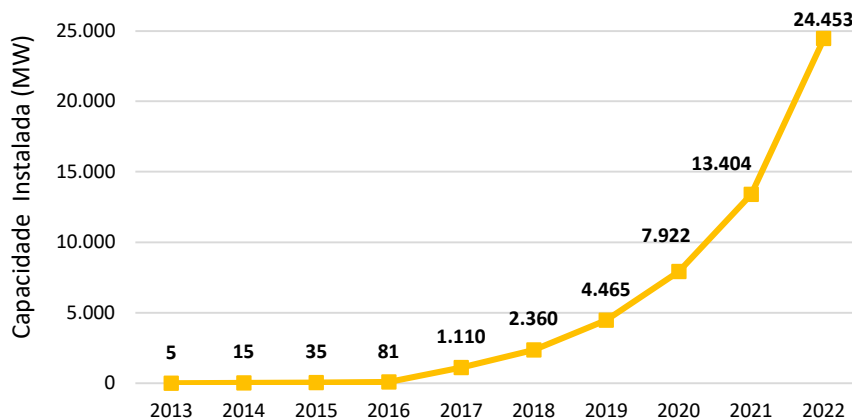


Gráfico 1 - Evolução da capacidade instalada da geração solar fotovoltaica no Brasil
Fonte: Adaptado de EPE (2023)

O comportamento de aumento da demanda por módulos fotovoltaicos no Brasil pode ser explicado pela Lei da Difusão de Inovação de Rogers (1962) e pela Lei da Oferta e Demanda. Essas teorias nos mostram que quanto mais pessoas compram um determinado produto, mais investimentos são feitos no seu processo de produção. Paralelamente, quanto mais as empresas produzem um determinado produto, mais expertise vão adquirindo e aprimorando os processos de fabricação com as lições aprendidas de experiências anteriores.

Com mais investimentos e aprimoramento no processo, há uma otimização na escala produtiva, tornando o custo do produto menor e consequentemente aumentando a demanda.

Cabe destacar também que a geração fotovoltaica contribui para a atenuação dos problemas de mudanças climáticas. Com o incremento da geração FV, há uma redução do acionamento das usinas termelétricas que utilizam combustíveis fósseis como o gás natural, o carvão e o óleo diesel. Logo, ocorre uma diminuição da emissão dos gases de efeito estufa (GEE).

Por outro lado, o destino final dos módulos fotovoltaicos após a vida útil tem sido apontado como um ponto de preocupação de médio a longo prazo pelo setor de energia solar, tendo em vista que não existem regulamentações vigentes no Brasil sobre a logística reversa desses equipamentos.

Atualmente, a reciclagem é a alternativa mais indicada para a destinação final dos painéis fotovoltaicos, visto que a deposição em aterros sanitários pode contaminar o solo e o lençol freático, resultando em problemas significativos de poluição ambiental. Além disso, investimentos para o aumento da vida útil dos módulos FV's implicam em menores quantidades a serem recicladas (FARRELL et al. 2020; MARCUZZO et al. 2022).

De acordo com Marcuzzo et al. (2022), a Alemanha e alguns estados dos EUA já possuem política, incentivos e fatores regulatórios específicos para a reciclagem de painéis solares fotovoltaicos. Adicionalmente, apesar de não possuírem legislação específica para o tratamento de resíduos FVs, a China vem patrocinando pesquisa e desenvolvimento em tecnologias de reciclagem, como o Programa Nacional de P&D de Alta Tecnologia, e o Japão produziu um conjunto de diretrizes para promover um plano adequado de recolha, reciclagem e tratamento (LIU et al., 2020; JAPÃO, 2016).

Tendo em vista que a instalação de sistemas FVs traz autonomia energética, diminuição da emissão dos GEE, redução das despesas com energia elétrica, além de poder fomentar atividades de pesquisa em universidades públicas, essas instituições de ensino vêm investindo na aquisição de módulos de geração de energia solar fotovoltaica nos últimos anos.

Na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), destaca-se o andamento do contrato de instalação de módulos fotovoltaicos nº 355/UFSC/2019¹ e a conclusão do contrato nº 285/UFSC/2020², ambos para a região de Florianópolis, com capacidade de 683,76 kWp e de 210 kWp, respectivamente.

Além disso, uma das metas do Plano de Logística Sustentável da Instituição – PLS 2021 - 2024³ é o aumento da geração própria de energia elétrica proveniente de fontes renováveis.

¹ <https://dfo.ufsc.br/projetos-e-instalacao-de-30-modulos-de-geradores-de-energia-solar-fotovoltaicos>

² <https://dfo.ufsc.br/projetos-e-instalacao-de-7-modulos-de-geradores-de-energia-solar-fotovoltaicos-7-x-3000-21000-kwp>

³ <https://ufscsustentavel.ufsc.br/pls-2021>

Para atingir a referida meta, alguns dos projetos de reformas e de novos prédios da UFSC contemplarão a integração de módulos FVs. Um desses projetos é a reforma do telhado do Complexo Aquático do Campus Reitor João David Ferreira Lima, localizado no bairro Trindade da cidade de Florianópolis/SC.

Considerando a tendência das instituições de ensino e demais órgãos da administração pública em instalar sistemas fotovoltaicos nos seus referidos espaços físicos em um futuro próximo e que essas instituições nem sempre possuem equipe técnica com *know-how* no assunto, haverá uma procura por publicações sobre esse tema.

Nesse sentido, este trabalho possui o objetivo de apresentar os benefícios, as desvantagens e as barreiras para a implantação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica em um órgão público, utilizando como estudo de caso o projeto do complexo aquático da UFSC.

A partir das constatações e das conclusões obtidas, espera-se que este artigo possa contribuir com empresas sem expertise, em especial às instituições públicas brasileiras.

2. Sistemas Fotovoltaicos em Universidades Brasileiras

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel que verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas em um eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz (VALLÊRA; BRITO, 2006).

Somente após 115 anos da descoberta de Becquerel foi possível utilizar o efeito fotovoltaico para geração de energia elétrica. Com os avanços tecnológicos dos semicondutores, os pesquisadores Chapin, Fuller e Pearson do Bell Laboratories desenvolveram a primeira célula fotovoltaica em 1954 que apresentou uma eficiência de 6% (KAZMERSKI, 2006). A primeira aplicação dessas células solares foi realizada na alimentação elétrica de uma rede telefônica local em Americus, no estado da Georgia – uma região rica em sol (QUEISSER, 2004).

Embora a geração de energia elétrica por meio de fonte solar vem sendo utilizada no mundo inteiro há algumas décadas, no Brasil, o uso dessa tecnologia teve início apenas nos anos 80. A Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) instalou um sistema fotovoltaico de 11 kWp em Natal/RN, o qual operou entre 1986 e 1991. Em 1995, o sistema foi transferido para Recife/PE e conectado à rede elétrica da sede da companhia, no qual operou até o ano de 2001 quando foi desativado devido a problemas técnicos verificados nos inversores e à degradação dos módulos. Essa foi a primeira experiência de um gerador solar fotovoltaico conectado à rede no Brasil (BENEDITO, 2009).

Com relação a instalação de sistemas fotovoltaicos em universidades brasileiras, a Universidade Federal de Santa Catarina foi pioneira. No prédio do Departamento da Engenharia Mecânica da UFSC, localizado no Campus Trindade em Florianópolis/SC, foi colocado em operação o primeiro sistema FV integrado em edifício e conectado à rede elétrica pública brasileira no ano de 1997 (RÜTHER; DACOREGIO, 2000). O gerador fotovoltaico mais antigo do país em funcionamento completou 25 anos de operação ininterrupta em 2022 e possui uma potência instalada de 2 kWp, fixado em uma área total de 40m².⁴

Na Tabela 1 são apresentados os primeiros sistemas fotovoltaicos instalados em universidades brasileiras.

Observa-se que a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) foram juntamente com a UFSC as instituições de ensino precursoras na inserção de sistemas fotovoltaicos no Brasil. Após o ano 2000, outras universidades também implantaram sistemas FVs em seus referidos espaços físicos como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a Escola Técnica de Pelotas, a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Verifica-se ainda que até 2009 os geradores fotovoltaicos de universidades brasileiras estavam situados predominantemente nas regiões Sul e Sudeste do país e apresentavam 87,26 kWp de potência total instalada.

No cenário atual, em termos de capacidade instalada, destacam-se as usinas da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), da Universidade Federal

⁴ <https://noticias.ufsc.br/2022/09/gerador-fotovoltaico-mais-antigo-do-pais-completa-25-anos/>

do Paraná (UFPR) e da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), conforme mostrado na Tabela 2. Nota-se que a ordem de grandeza da capacidade dos sistemas fotovoltaicos atuais (MWp) são bem superiores às primeiras instalações (kWp). Adicionalmente, verifica-se uma tendência de investimentos em instalações fotovoltaicas em solo ao invés de sistemas integrados a edificações.

Tabela 1 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede instalados em universidades brasileiras entre 1995 e 2009

	Sistema	Potência (kWp)	Ano da instalação
1	Labsolar-UFSC (Prédio da Eng. Mecânica)	2,00	1997
2	LSF-IEE-USP (Lab. de Sist. Fotovoltaicos)	0,75	1998
3	UFRJ-COPPE	0,85	1999
4	Labsolar-UFSC (Centro de Convivência)	1,10	2000
5	LSF-IEE-USP (Prédio da Administração do IEE)	6,30	2001
6	Labsolar-UFSC (Centro de Eventos)	10,24	2002
7	LSF-IEE-USP (Lab. de Sist. Fotovoltaicos)	6,00	2003
8	UFRGS (Prédio da Engenharia Mecânica)	4,80	2004
9	Escola Técnica de Pelotas	0,85	2004
10	LSF-IEE-USP (Estacionamento)	3,00	2004
11	Grupo FAE-UFPE (Recife/PE)	1,28	2005
12	UFJF (Faculdade de Engenharia)	31,70	2006
13	CPEI-CEFET-MG	3,24	2006
14	GREEN-PUC-MG	2,05	2006
15	GEDAE-UFPA	1,60	2007
16	LH2 - Unicamp	7,50	2007
17	Tractebel (Hospital Universitário da UFSC)	2,00	2009
18	Tractebel (Colégio de Aplicação da UFSC)	2,00	2009

Fonte: Adaptado de Benedito (2009)

Tabela 2 – Usinas fotovoltaicas de maior relevância instaladas em universidades brasileiras nos últimos anos

	Sistema	Potência (MWp)	Tipo da instalação	Ano da instalação	Origem do Recurso
1	Usina II da UFR ⁵	1,811	Em solo	2022	Emenda Parlamentar
2	Usina da UFLA ⁶	1,370	Em solo	2023	Termo de Execução Descentralizada (TED) via MEC
3	Centro Politécnico da UFPR ⁷	1,166	Sobre telhados de estacionamentos e edificações	2020	Projetos de eficiência energética - editais da COPEL e da ANEEL
4	Unidade 2 (Cidade Universitária) da UFGD ⁸	1,126	Em solo	2019	Termo de Execução Descentralizada (TED) via MEC

Fonte: Elaborado pelo autor

Outro fato interessante observado é que as instituições de ensino supracitadas não utilizaram de recurso orçamentário próprio para a construção das usinas. Os sistemas fotovoltaicos em questão foram financiados por outras fontes de recursos como emendas parlamentares, TED via Ministério da Educação (MEC) e Projetos de Eficiência Energética (PEE).

⁵ <https://ufr.edu.br/noticia/usina/>

⁶ <https://ufla.br/noticias/institucional/16283-geracao-de-energia-sustentavel-na-ufla-nova-usina-fotovoltaica-entra-em-operacao>

⁷ <https://ufpr.br/ufpr-inaugura-nesta-sexta-feira-a-maior-usina-fotovoltaica-em-universidade-publica-do-brasil/>

⁸ <https://portal.ufgd.edu.br/noticias/inauguracao-da-usina-solar-fotovoltaica-da-ufgd-sera-nesta-quinta-feira>

Além das instalações citadas anteriormente, cabe mencionar ainda as onze mini usinas solares fotovoltaicas da Universidade de Brasília (UnB) que estão distribuídas em seus quatro campi, somando uma potência instalada total de 1,17 MWp⁹.

Com relação à UFSC, atualmente, a Instituição dispõe de diversas instalações fotovoltaicas que somadas apresentam uma capacidade instalada de 450 kWp. Após a conclusão das obras do contrato nº 355/UFSC/2019, a potência instalada total de instalações FVs será de aproximadamente 1 MWp¹⁰.

3. Complexo Aquático da UFSC

O Complexo Aquático da UFSC fica localizado no Centro de Desportos (CDS) do Campus Trindade, Florianópolis/SC, conforme indicado na Figura 2. As coordenadas de latitude e longitude do local são, respectivamente, 27°60'53" Sul e 48°51'99" Oeste. Adicionalmente, observa-se que o telhado tem formato cônico – inclinações em torno de 5° a 42°.



Figura 2 - Localização do Complexo Aquático da UFSC
Fonte: Google maps, 2023

A referida edificação abriga uma piscina olímpica com arquibancadas, vestiários e uma subestação de energia no pavimento térreo, além de salas de aula no mezanino – possui uma área construída total de 3.474 m².

Cabe ressaltar que o prédio Administrativo do CDS, indicado também na Figura 2, possui quatro pavimentos e sua sombra é projetada no telhado do Complexo Aquático em pequenos períodos do dia.

De acordo com informações de UFSC (2022), o Complexo Aquático é alimentado pela entrada de energia do Centro de Medição e Distribuição CMD04 que supre toda a região do CDS, o prédio da Arquitetura, o prédio INPETRO da Eng. Mecânica e a edificação da Fundação CERTI. Essa unidade consumidora é alimentada em nível de tensão de 13,8 kV e é classificada no grupo A, conforme ANEEL (2021).

3.1 Prognóstico de capacidade instalada

Com intuito de determinar a ordem de grandeza da capacidade do sistema de geração solar fotovoltaico a ser instalado no telhado do complexo aquático foi realizada uma simulação no software PVSYST® versão 7.3 *trial*, utilizando o programa computacional Sketchup® versão 2017 *trial* para a modelagem das edificações.

⁹ <https://noticias.unb.br/76-institucional/4740-unb-tera-maior-planta-de-geracao-de-energia-solar-entre-as-federais>

¹⁰ <https://dpae.ufsc.br/fontes-alternativas/>

Utilizou-se na simulação o módulo fotovoltaico da fabricante Canadian Solar, modelo CS6W-550MS da linha de silício monocristalino de tecnologia *PERC* que apresenta alta potência (550W), eficiência de 23,1% e garantia de desempenho de potência linear de 25 anos. Com relação aos inversores de frequência, optou-se pelos inversores *String* modelo SUN2000 da fabricante Huawei.

A configuração adotada é mostrada na Figura 3, no qual possui 6 arranjos com 8 *strings* de 18 módulos em série (79 kWp) e 2 arranjos com 10 *strings* de 18 módulos em série (99 kWp), totalizando uma potência de 673 kWp.

A partir dos dados da simulação, foi constatado que o sistema fotovoltaico integrado ao complexo aquático possui uma expectativa de produção de energia de aproximadamente 794 GWh ao ano. Esse valor corresponde a aproximadamente 43% do consumo anual da unidade consumidora que atende o complexo aquático, mostrando ser um projeto promissor e de potencial para a UFSC.

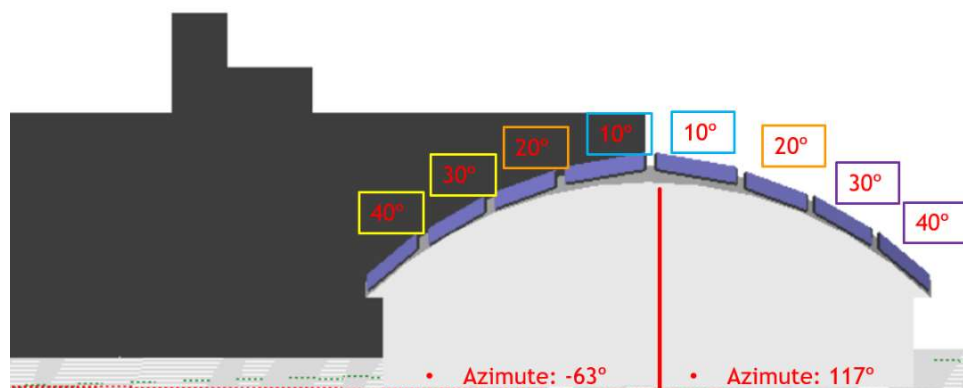


Figura 3 – Configuração do sistema fotovoltaico

Fonte: Elaborado pelo autor

4. Metodologia

Para atingir o objetivo deste trabalho, utilizou-se como método de pesquisa o estudo de caso por meio da coleta de dados.

O estudo de caso é um método muito produtivo para estimular a compreensão e sugerir hipóteses e questões para a pesquisa. Esse método pode envolver exames de registros existentes, observação da ocorrência do fato, entrevistas estruturadas, entrevistas não estruturadas, etc. (MATTAR et al., 2014). Ao passo que a coleta de dados é um método prático para reunir as informações necessárias para construir o raciocínio em torno de um fato (CORRÊA et al., 2022).

Como instrumento de coleta de dados foi empregada a entrevista estruturada¹¹ com alguns dos atores que participarão de forma direta e indireta no projeto do sistema fotovoltaico integrado ao Complexo Aquático.

Adicionalmente, realizou-se pesquisas aplicadas ao tema em trabalhos acadêmicos, em notícias de instituições especializadas e em materiais relacionados ao objeto em estudo, com a finalidade de complementar as informações coletadas nas entrevistas.

4.1 Entrevistas

As entrevistas tiveram o propósito de compreender a visão das pessoas envolvidas com o projeto supracitado e foram feitas com profissionais da UFSC de três nichos, conforme descritos a seguir:

- Setor técnico;
- Laboratório de ensino e pesquisa;
- Usuário.

¹¹ As entrevistas estruturadas são elaboradas mediante questionário totalmente estruturado, ou seja, são aquelas onde as perguntas são previamente formuladas e tem-se o cuidado de não fugir a elas. Esse método garante também uma maior liberdade das respostas em razão do anonimato, evitando vieses potenciais do entrevistador. Geralmente, através do questionário, obtêm-se respostas rápidas e precisas. (BONI ; QUARESMA, 2005).

O questionário elaborado é composto por dez perguntas abertas. Optou-se por perguntas abertas em razão dos respondentes ficarem livres para responderem com suas próprias palavras, sem se limitarem a escolha entre um rol de alternativas. Esse tipo de questionário apresenta ainda as seguintes vantagens: a cooperação; cobrem pontos além das questões de múltipla escolha; tem menor poder de influência nos respondentes do que as perguntas com alternativas previamente estabelecidas; proporcionam comentários, explicações e esclarecimentos significativos para se interpretar e analisar (CHAGAS, 2000; MATTAR et al., 2014).

Foram realizadas sete entrevistas por meio de questionário online no período entre o final de setembro e o início de outubro de 2023. Os dados dos participantes são mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Dados dos entrevistados

	Setor da UFSC	Cargo	Formação	Gênero
1	DPAE/PU	Coordenadora de Planejamento do Espaço Físico	Engenharia Civil	Feminino
2	DPAE/PU	Coordenador de Projetos de Arquitetura e Engenharia	Técnico em Eletrotécnica	Masculino
3	DPAE/PU	Chefe do Setor de Orçamento de Obras	Engenharia Civil	Masculino
4	DPAE/PU	Diretora	Arquitetura e Urbanismo	Feminino
5	DFO/PU	Fiscal de obras	Engenharia Elétrica	Masculino
6	DEF/CDS	Professor (usuário do complexo aquático)	Educação Física	Masculino
7	Laboratório Fotovoltaica / ECV	Pós-Doutoranda / Pesquisadora	Engenharia Elétrica	Feminino

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se que os entrevistados são de cinco áreas de formações distintas. Essa diversificação de perfis profissionais foi benéfica e enriqueceu o estudo pois além dos participantes serem de diferentes setores, trouxe também visões de diferentes áreas de formação, tornando a amostra coletada heterogênea.

O Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia (DPAE) é o setor com o maior número de participantes, representando 57,14% dos entrevistados. Foi priorizada a aplicação de entrevistas nesse setor da Universidade por sua relevância no processo. O DPAE será o departamento responsável pela concepção de todo o projeto, pelo levantamento de quantitativo dos materiais, pelo orçamento e pela preparação de toda a documentação para a licitação.

Participou das entrevistas também o fiscal das recentes obras de instalação de módulos fotovoltaicos na UFSC, contratos nº 355/UFSC/2019 e nº 285/UFSC/2020 descritos na Seção 1. A contribuição desse profissional foi importante para a pesquisa ao trazer lições aprendidas sobre a etapa de execução das referidas instalações.

Foi entrevistada ainda uma integrante do Laboratório Fotovoltaica onde são desenvolvidos estudos nas diversas áreas de aplicação da energia solar no Brasil. Como especialista no âmbito da geração fotovoltaica, a pesquisadora pôde opinar sobre alguns aspectos do local de instalação e estratégias para o êxito do projeto. Ressalta-se que a equipe do Laboratório Fotovoltaica, por possuir amplo conhecimento no tema, colaborou como fonte consultiva nas recentes obras de instalação de módulos fotovoltaicos na UFSC, e deverá também contribuir no processo de elaboração do projeto do sistema FV do complexo aquático.

Por fim, foram coletadas informações com um professor do Departamento de Educação Física (DEF) do Centro de Desportos (CDS), a fim de avaliar as percepções de um usuário da edificação.

4.2 Tratamento e análise dos dados

Com o intuito de interpretar os dados contidos nas entrevistas de forma adequada e organizada, realizou-se uma análise de conteúdo. De posse das informações de todos os participantes, o primeiro passo foi a segmentação das respostas por tipo de pergunta, de modo a facilitar a identificação dos principais assuntos abordados.

Após, foram realizadas leituras dos textos mapeando os pontos relevantes, na visão dos respondentes, relacionados com os tópicos de interesse (benefícios, desvantagens e barreiras para a

implantação do projeto) – análise qualitativa dos dados.

Por fim, utilizou-se o gerador de nuvem de palavras Wordclouds.com® de modo a relacionar as palavras com maior frequência de ocorrência com os assuntos identificados na abordagem qualitativa. Com essa análise quantitativa, buscou-se ordenar os temas abordados pelos entrevistados em escala de maior para menor importância.

5. Benefícios e barreiras na implantação de um sistema FV no Complexo Aquático da UFSC

A idealização do projeto de um sistema fotovoltaico integrado ao Complexo Aquático da UFSC surgiu a partir da meta do Plano de Logística Sustentável da Instituição que estabelece o aumento da geração própria de energia elétrica proveniente de fontes renováveis.

Apesar do Campus Trindade dispor de inúmeras edificações, são poucas as que apresentam as condições e os pré-requisitos mínimos para a instalação de módulos fotovoltaicos. O principal problema enfrentado é a incapacidade das estruturas e dos telhados dos prédios existentes suportarem novas cargas mecânicas em suas respectivas coberturas. Além disso, existem edificações com pouca área disponível ou com espaços inadequados na cobertura, em razão da existência de caixas d'água e outros equipamentos, como os de condicionamento de ar que inviabilizam o projeto.

Tendo em vista as poucas opções disponíveis no espaço físico do Campus Trindade para instalação de módulos FVs associado ao fato da priorização do projeto de reforma da cobertura do Complexo Aquático no Plano de Trabalho do DPAE da UFSC 2023/2024¹² que possui ampla área de cobertura (3.175 m²), foi vislumbrado pela equipe de projetos do DPAE a integração de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica na referida edificação.

Considerando que as prioridades do DPAE no ano de 2023 foram os projetos das obras paralisadas da UFSC, o projeto do Complexo Aquático deverá iniciar somente no ano de 2024.

5.1 Análise qualitativa das entrevistas

O Quadro 2 apresenta o mapeamento dos principais temas abordados pelos entrevistados relacionados aos tópicos de interesse. Além dos benefícios inicialmente encontrados na literatura, foi indicado também nas respostas o aumento da eficiência energética. Em razão da geração fotovoltaica ser próxima à carga, há uma redução das perdas elétricas na rede distribuição de energia do consumidor.

Quadro 2 – Principais temas abordados pelos entrevistados

Benefícios	Desvantagens	Barreiras
- Contribuição para a redução dos GEE. - Ganho econômico ao reduzir as despesas com energia elétrica. - Aumento da eficiência energética (diminuição das perdas na rede elétrica da UFSC). - Promoção de pesquisas no tema.	- Alto investimento inicial. - Passivo que pode surgir ao final da vida útil dos equipamentos.	- Adequação da infraestrutura de civil do complexo aquático e da subestação de entrada de energia. - Recurso para a execução do projeto. - O processo licitatório pode permitir que empresas inexperientes façam a instalação, podendo prejudicar a qualidade do serviço.

Fonte: Elaborado pelo autor

Como desvantagens foram citados o alto investimento inicial necessário para a implantação do projeto e a preocupação do que fazer com os módulos fotovoltaicos após a vida útil.

O alto investimento inicial é em razão da necessidade de reforma da estrutura metálica do complexo aquático, que apresenta condição precária, para a instalação dos módulos fotovoltaicos. De acordo com informações de um integrante do DPAE, apenas a reforma da estrutura metálica e telhas estava estimada em 4 milhões de reais. Essa profissional também afirmou que:

“A dificuldade não é o investimento no sistema fotovoltaico em si, pois este pode ser viabilizado por outras fontes de pesquisa. O maior volume financeiro está na reforma da cobertura. E sem reformar a cobertura, a instalação do sistema é inviável.”

¹² <https://dpae.ufsc.br/plano-de-trabalho/>

Destaca-se também a presença das palavras “cobertura”, “estrutura” e “reforma”, todas elas com 11 ocorrências, indicando a relevância da reforma geral da estrutura metálica de sustentação da cobertura do Complexo Aquático para o processo – aspecto indispensável para instalação dos módulos. Segundo um dos entrevistados, a instalação dos módulos fotovoltaicos sem a reforma da referida cobertura pode ocasionar um colapso da estrutura do Complexo, devido a atual situação precária.

Neste ponto, cabe ressaltar que os desabamentos de telhados têm sido uma preocupação do setor, em virtude do risco ao patrimônio e às vidas das pessoas. Segundo dados do Canal Solar (2023), foram registrados 23 desabamentos de telhados com sistemas fotovoltaicos no Brasil desde 2019. O último registro ocorreu na Cidade de Lagoa Grande/MG em março de 2023.

Dessa forma, é necessária uma avaliação criteriosa da estrutura e do telhado da edificação por profissionais qualificados previamente à instalação de módulos fotovoltaicos em coberturas, não devendo ser esquecido de contemplar tal serviço no orçamento da obra.

5.3 Desafios e Oportunidades

Com base na análise qualitativa e quantitativa do conteúdo das entrevistas, foram elencados os principais desafios e oportunidades para o projeto do sistema fotovoltaico integrado ao Complexo Aquático da UFSC, conforme pode ser visto no Quadro 3.

Quadro 3 – Desafios e oportunidades na implantação do sistema FV integrado ao complexo aquático da UFSC

	Visão dos participantes (% positiva)	Desafios	Oportunidades
Instalação de sistemas FVs na UFSC	100 %	- Falta de expertise nos setores técnicos para a elaboração de projetos, rotinas de operação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos. - Atualmente não existe setor dedicado aos sistemas FVs instalados. - Recursos necessários e burocracia envolvida para realizar manutenção.	- Capacitação da equipe. - Criação de um plano de manutenção para as instalações FVs. - Criação de Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE)¹³.
Complexo Aquático como local de instalação	71%	Possibilidade de constante manutenção na cobertura devido a estrutura do telhado ser de material metálico e sua localização sobre uma piscina que apresenta um ambiente propenso à corrosão.	- Amplo espaço na cobertura para instalação dos módulos. - Boa posição solar e apresenta pouco sombreamento de outras edificações.
Disponibilidade de recursos para o projeto	86%	- A UFSC vem apresentando problemas orçamentários. - No cenário atual, a Universidade está priorizando a retomada de obras paralisadas.	- Financiamentos específicos para sistemas fotovoltaicos do BNDES, de outros bancos e de cooperativas. - Emendas Parlamentares. - TED via MEC.
Êxito do projeto	100%	Especificação técnica do sistema deve ser feita com extremo detalhamento e requisitos mínimos de qualidade.	Promover aproximação dos setores técnicos e acadêmicos da Universidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que 100% dos entrevistados avaliaram como ponto positivo a instalação de sistemas fotovoltaicos na UFSC devido aos benefícios a serem obtidos, tais como: redução das despesas com energia elétrica, contribuição para a redução dos GEE, etc. Cabe salientar que um dos entrevistados mencionou que a Universidade deve realizar, paralelamente, ações de eficiência energética nas instalações como a troca das lâmpadas e dos condicionadores de ar por modelos mais eficientes.

Apesar de 100% dos respondentes também considerarem que o projeto terá êxito, há uma grande preocupação com a manutenção do sistema fotovoltaico após entrar em operação. Um dos participantes mencionou que:

¹³ De acordo com BRASIL (2021), todo órgão da administração pública deve dispor de uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE).

“O principal desafio esteja relacionado à manutenção. A realização do projeto, a aquisição e a implantação dos painéis não representam uma complexidade significativa no âmbito da UFSC. No entanto, a manutenção é um aspecto crítico que pode se tornar um grande obstáculo, especialmente devido às práticas administrativas envolvidas”.

Com relação ao local, dois participantes julgaram que o Complexo Aquático não deve ser utilizado para a instalação de um sistema fotovoltaico. Um dos respondentes não concordou com local devido a possibilidade constante de manutenção, em virtude da piscina ficar embaixo do telhado metálico que apresenta um ambiente propenso à corrosão. Se não fosse por esse motivo, ele informou que o local poderia ser uma opção viável. O outro profissional acha que a Universidade tem locais mais apropriados como a Fazenda Ressacada, localizada no Sul de Florianópolis, e a Fazenda Yakult que se encontra no município de Araquari/SC.

Embora a disponibilidade orçamentária ter sido listada com uma das principais barreiras pelos entrevistados, 86% acreditam na possibilidade do projeto evoluir mesmo sem orçamento próprio da UFSC. Foram sugeridas algumas alternativas para o financiamento da obra como a busca por emendas parlamentares e o Termo de Execução Descentralizada (TED) via Ministério da Educação (MEC).

Cabe salientar que essa prática de busca por fontes alternativas de recursos para financiar a construção de novas usinas fotovoltaicas já vem sendo adotada por outras universidades brasileiras recentemente, conforme descrito na seção 2.

Ressalta-se ainda que a percepção do usuário entrevistado sobre a instalação de um sistema FV no complexo aquático da UFSC foi positiva. Ele afirmou que:

“Como usuário eu me sentiria orgulhoso de ter na piscina um aproveitamento racional de energia sustentável, limpa e econômica.”

6. Considerações finais

Este artigo avaliou os benefícios, as desvantagens e as barreiras para a implantação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica em um órgão público, utilizando como estudo de caso o projeto do complexo aquático da UFSC.

Primeiramente foi verificado os benefícios que os sistemas fotovoltaicos oferecem, tais como: redução das despesas com energia elétrica, contribuição para a diminuição dos GEE, aumento da eficiência energética das instalações elétricas dos consumidores, e no caso das universidades públicas podem ainda fomentar atividades de pesquisa. Dessa forma, pôde-se compreender melhor o motivo pelo qual ocorreu um crescimento vertiginoso dessa fonte de geração na matriz elétrica brasileira recentemente.

Constatou-se também que uma edificação deve apresentar alguns requisitos básicos para que seja viável a integração de um sistema fotovoltaico, no qual se pode citar a disponibilidade de ampla área de cobertura, possuir boa posição solar e o menor sombreamento possível proveniente de outros prédios. Alternativamente, pode-se avaliar o uso de fachadas para os casos com limitações nas coberturas.

Para se ter uma ideia da ordem de grandeza da capacidade instalada (Wp) e da energia gerada (Wh) de um sistema FV, recomenda-se a realização de simulações com *softwares* apropriados para tal finalidade. No caso do Complexo Aquático da UFSC, estima-se uma potência instalada de 673 kWp e uma expectativa de produção de energia de 794 GWh ao longo de um ano.

Tendo em vista que a UFSC já possui uma potência total instalada de 1 MWp, após a implantação do sistema FV do complexo aquático apresentará uma potência total de 1,67 MWp – valor bem próximo ao da maior usina fotovoltaica instalada em universidade brasileira (1,81 MWp) até este momento.

Uma outra condição avaliada para o prosseguimento do projeto é capacidade da cobertura da edificação em receber a carga mecânica dos módulos fotovoltaicos. No caso do Complexo Aquático, essa é uma das principais barreiras identificadas para a evolução do projeto, tendo em vista a atual condição precária da estrutura metálica da cobertura.

Desabamentos de telhados têm sido uma preocupação do setor, em virtude do risco ao patrimônio e às vidas das pessoas. Dessa forma, é necessária uma avaliação criteriosa da estrutura e do

telhado da edificação por profissionais qualificados previamente à instalação de módulos fotovoltaicos em coberturas.

Ressalta-se que o projeto pode se tornar desvantajoso se a edificação apresentar problemas estruturais na cobertura, em razão da necessidade de alto investimento inicial. No caso do complexo aquático, a reforma da estrutura metálica do telhado estava estimada em 4 milhões de reais.

Outra desvantagem identificada na instalação de um sistema fotovoltaico é o passivo que pode surgir ao final da vida útil dos módulos, visto que, atualmente, não existem regulamentações vigentes no Brasil sobre logística reversa desses equipamentos.

Nesse ponto as instituições brasileiras do setor elétrico e do meio ambiente precisam construir políticas, incentivos e legislação específica para a reciclagem de painéis solares fotovoltaicos, a exemplo do que vem sendo feito na Alemanha e em alguns estados dos EUA, visto que a deposição em aterros sanitários pode contaminar o solo e o lençol freático, resultando em problemas significativos de poluição ambiental.

As demais barreiras avaliadas para o projeto do Complexo Aquático foram: a necessidade de adequação da subestação de entrada, recurso para a execução de todo o projeto e aspectos do processo licitatório.

No caso do sistema fotovoltaico ser enquadrado como minigeração (capacidade instalada acima de 75 kW), há a necessidade de algumas adequações na subestação de entrada, conforme normativas vigentes, para que o projeto possa ser aprovado pela Concessionária.

No tocante ao processo licitatório, particularidade exclusiva de órgãos públicos, foi averiguado que o projeto deve exigir requisitos mínimos de qualidade para a aquisição dos materiais e que as instaladoras comprovem experiência na execução dos serviços, com o objetivo de evitar que empresas inexperientes ganhem a licitação ou que os equipamentos adquiridos sejam de baixa eficiência.

Ainda que empresas da iniciativa privada não precisem contratar os projetos por meio de licitações, as recomendações supracitadas também são aplicáveis.

Para solucionar o problema de falta de recursos orçamentários para a execução de projetos FVs, foram sugeridas algumas alternativas, tais como: financiamentos específicos para sistemas fotovoltaicos do BNDES, de outros bancos e de cooperativas. Para o caso exclusivo de instituições públicas têm-se as emendas parlamentares, e para as universidades e institutos federais há ainda a opção do Termo de Execução Descentralizada (TED) via Ministério da Educação (MEC).

Cabe salientar que essa prática de busca por fontes alternativas de recursos para financiar a construção de novas usinas fotovoltaicas já vem sendo adotada por outras universidades brasileiras recentemente, como visto para os casos da UFR, UFLA, UFPR e UFGD.

Por fim, ressalta-se que não foram identificados prejuízos para os usuários das edificações que possuem sistemas fotovoltaicos. Pelo contrário, a percepção do usuário entrevistado foi positiva nesse quesito.

A partir das constatações e das conclusões obtidas, espera-se que este artigo possa contribuir com empresas sem expertise, em especial às instituições públicas brasileiras, no processo de implantação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica integrado à edificação.

Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa n. 1000, de 07 de dezembro de 2021**. Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica; revoga as Resoluções Normativas ANEEL nº 414, de 9 de setembro de 2010; nº 470, de 13 de dezembro de 2011; nº 901, de 8 de dezembro de 2020 e dá outras providências. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>. Acesso em: 29 set. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (ABSOLAR). **Energia solar fotovoltaica no Brasil**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico>. Acesso em: 26 set. 2023.

BENEDITO, Ricardo da Silva. **Caracterização da geração distribuída de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, no Brasil, sob os aspectos técnico, econômico e regulatório**. 2009. 108 p. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa de Pós-Graduação em Energia, EP / FEA / IEE / IF, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BONI, Valdete; QUARESMA, Sílvia J. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**. Vol. 2, nº 1, p. 68-80. 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/emtese/article/view/18027/16976>. Acesso em: 29 set. 2023.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 10.779, de 25 de agosto de 2021**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.779-de-25-de-agosto-de-2021-340742061>. Acesso em: 12 out. 2023.

CANAL SOLAR. **“Telhadômetro” do Canal Solar**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/telhadometro>. Acesso em: 11 out. 2023.

CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA (CELESC). **Requisitos para a conexão de micro ou minigeradores de energia ao sistema elétrico da CELESC Distribuição**. Rev. 5. Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/conexao-centrais-geradoras/conexao-micro-mini-geradores-out2020.pdf>. Acesso em: 13 out. 2023.

CHAGAS, Anivaldo T. R. **O questionário na Pesquisa Científica**. São Paulo, 2000. Disponível em: <http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:syllabvs:lcf510:comoelaborarquestionario2.pdf>. Acesso em: 29 set. 2023.

CORRÊA, Kleber Costa et al. The evolution, consolidation and future challenges of wind energy in Uruguay. **Energy Policy**, v. 161. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2023 - Workbook**. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>. Acesso em: 26 set. 2023.

FARRELL, C.C. et al. Technical challenges and opportunities in realising a circular economy for waste photovoltaic modules. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 128, 2020.

GOOGLE MAPS. **Dados do mapa 2023**. Disponível em: <https://maps.app.goo.gl/uVNy8W8T3RpofgaX9>. Acesso em: 28 set. 2023.

JAPÃO. Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes para a reciclagem de painéis solares fotovoltaicos**. 1 ed. Tóquio, 2016. Disponível em: <https://www.env.go.jp/press/files/jp/102441.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.

KAZMERSKI, Lawrence L. Solar photovoltaics R&D at the tipping point: A 2005 technology overview. **Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena**, v. 150, p. 105-135, 2006.

LIU, Caijie et al. Cost-benefit analysis of waste photovoltaic module recycling in China. **Waste Management**, v. 118, p. 491-500, 2020.

MARCUZZO, Rafael et al. A multi-country simulation-based study for end-of-life solar PV panel destination estimations. **Sustainable Production and Consumption**, v. 33, p. 531-542, 2022.

MATTAR, Fauze N, et al. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento, execução e análise**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

NASCIMENTO, Lucas R, et al. Performance assessment of solar photovoltaic technologies under different climatic conditions in Brazil. **Renawable Energy**, v. 146, p. 1070-1082, 2020.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017.

QUEISSER, Hans J. Slow Solar Ascent. **Advances in Solid State Physics**, v. 44, p. 3-12 2004.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 1. ed. New York: The Free Press, 1962.

RÜTHER, R.; DACOREGIO, M. M. Performance assessment of a 2 kWp grid-connected, building-integrated, amorphous silicon photovoltaic installation in Brazil. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, v.8, p. 257-266, 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia. **Relatório de Energia Elétrica 2021: Consumo e despesas com energia elétrica da UFSC**. Florianópolis, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/243676>. Acesso em: 28 mai. 2023.

VALLÊRA, Antônio M. ; BRITO, Miguel C. Meio Século de História Fotovoltaica. **Gazeta da Física**, v. 29. p. 10-15, 2006.