



UFOP

Universidade Federal
de Ouro Preto

**Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Departamento de Computação e Sistemas**

**Solar Simulation: Uma Aplicação Web
para Dimensionamento de Sistemas
Fotovoltaicos**

Ronaldo Luiz de Freitas Santos

**TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO**

ORIENTAÇÃO:
Alexandre Magno de Sousa

**Abril, 2025
João Monlevade–MG**

Ronaldo Luiz de Freitas Santos

Solar Simulation: Uma Aplicação Web para Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos

Orientador: Alexandre Magno de Sousa

Monografia apresentada ao curso de Engenharia da Computação do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para aprovação na Disciplina “Trabalho de Conclusão de Curso II”.

Universidade Federal de Ouro Preto

João Monlevade

Abril de 2025



FOLHA DE APROVAÇÃO

Ronaldo Luiz de Freitas Santos

Solar Simulation: Uma Aplicação Web para Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Computação

Aprovada em 8 de Abril de 2025

Membros da banca

Doutor - Professor Alexandre Magno de Sousa - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutor - Professor Fernando Bernardes de Oliveira - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutor - Professor Welbert Alves Rodrigues - Universidade Federal de Ouro Preto

Professor Alexandre Magno de Sousa, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 02/05/2025.



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Magno de Sousa, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/05/2025, às 16:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0906162** e o código CRC **D83DE917**.

Agradecimentos

Aqui concluo mais uma etapa fundamental da minha vida. Novas metas e desafios estão por vir com a conclusão deste momento, que é, senão o mais importante, um dos mais marcantes para mim.

Ao longo desses anos, aprendi a lutar pelos meus objetivos, a superar os obstáculos mais adversos e a valorizar as coisas mais simples. Adquiri maturidade e experiência, e esses aprendizados levarei comigo para sempre. Esta não é uma vitória apenas minha, pois, sem a ajuda de todos que estiveram ao meu lado, eu não teria conseguido chegar até aqui.

Meu agradecimento especial a minha família, peça-chave nesse processo. A minha mãe, Imaculada, que sempre, com carinho, me incentivou a dar o meu melhor para alcançar meus objetivos. Ao meu pai, Ronaldo, que sempre esteve presente, aconselhando e me motivando. A minha irmã, Luana, que, mesmo distante, sempre se fez presente. A minha namorada, Mariana, que esteve comigo desde o começo nos momentos mais difíceis dessa caminhada, me apoiando e me incentivando a nunca desistir, por mais que a situação parecesse desafiadora.

Aos meus colegas, sou imensamente grato por cada amizade construída ao longo dessa trajetória, pois levarei cada uma delas para a vida. Agora, sigo em frente com gratidão no coração e a certeza de que essa conquista é apenas o começo de muitos outros desafios e vitórias que ainda virão.

Agradeço ao meu orientador Alexandre, que, com dedicação e um pouco de paciência, me ensinou muito ao decorrer da construção desse trabalho, sempre disposto a compartilhar seu conhecimento, esclarecer dúvidas e oferecer orientações valiosas que foram fundamentais para a realização deste projeto. Seu apoio e incentivo foram essenciais para que eu pudesse aprimorar minhas habilidades e concluir essa etapa com sucesso.

Resumo

Produzir energia de forma limpa e eficiente é um desafio, pois, embora existam diversas fontes de energia renovável, muitas apresentam um alto custo inicial de implantação. Essa barreira financeira faz com que a maioria das pessoas e empresas dependam exclusivamente das grandes distribuidoras de eletricidade. Diante desse problema, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma aplicação Web para auxiliar a implantação de usinas fotovoltaicas, considerando aspectos financeiros e geográficos na realização de cálculos que fornecem métricas precisas. A aplicação foi desenvolvida utilizando o *framework Next.js*, com o intuito de obter uma interface intuitiva. Os dados de consumo de energia e geográficos do usuário são analisados para simular a viabilidade financeira e o retorno do investimento em sistemas fotovoltaicos. Além disso, a plataforma compara informações de fornecedores e preços de equipamentos que foram fornecidos via cadastro na plataforma, o que permite a comparação entre diferentes opções do mercado. Os testes de usuário indicam que a aplicação fornece estimativas precisas, auxiliando na tomada de decisão para a adoção da energia solar. A interface desenvolvida facilita a compreensão das projeções financeiras, que torna o planejamento mais acessível para consumidores residenciais e empresas. A ferramenta desenvolvida contribui para a popularização da energia solar ao oferecer uma solução prática e confiável para análise da viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos. A aplicação não apenas pode facilitar o processo de decisão para novos investimentos em energia renovável, mas também incentivar práticas sustentáveis, que reduz a dependência de fontes convencionais de eletricidade.

Palavras-chaves: Energia Solar, Fotovoltaico, Aplicação Web, Simulação Energética, Dimensionamento Fotovoltaico, Eficiência Energética.

Abstract

Producing energy in a clean and efficient way is a challenge, as although there are several renewable energy sources available, many involve high initial implementation costs. This financial barrier leads most individuals and businesses to rely solely on large electricity distributors. In light of this issue, this work proposes the development of a web application to assist in the implementation of photovoltaic power plants, taking into account financial and geographical aspects to perform calculations that provide accurate metrics. The application was developed using the Next.js framework, aiming to create an intuitive interface. Users' energy consumption and geographic data are analyzed to simulate the financial feasibility and return on investment of photovoltaic systems. Additionally, the platform compares information from equipment suppliers and prices, which are submitted through a registration system, allowing users to compare different market options. User testing demonstrated that the application provides accurate estimates, helping users make informed decisions about adopting solar energy. The interface makes it easier to understand financial projections, making planning more accessible for both residential consumers and businesses. The developed tool contributes to the popularization of solar energy by offering a practical and reliable solution for analyzing the economic viability of photovoltaic systems. The application not only facilitates decision-making for new investments in renewable energy but also promotes sustainable practices by reducing dependence on conventional electricity sources.

Keywords: Solar Energy, Photovoltaic, Web Application, Energy Simulation, Photovoltaic Sizing, Energy Efficiency.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Placa Solares fixas em um telhado.	29
Figura 2 – Camadas de uma placa solar.	30
Figura 3 – Módulo fotovoltaico.	31
Figura 4 – Inversor Solar.	31
Figura 5 – Medidor Bidirecional.	32
Figura 6 – String Box.	32
Figura 7 – Bateria Moura para sistemas Solares.	33
Figura 8 – Sistema de Monitoramento.	33
Figura 9 – Tipos de irradiância.	35
Figura 10 – Matriz energética do Brasil em 2024.	36
Figura 11 – Diagrama de Atividades.	43
Figura 12 – Diagrama de Classes.	46
Figura 13 – Diagrama de casos de Uso.	47
Figura 14 – Diagrama de sequência.	48
Figura 15 – Modelo do Banco de Dados.	49
Figura 16 – Protótipo de interface de Registro de Usuário.	56
Figura 17 – Protótipo de interface de Login de Usuário.	57
Figura 18 – Protótipo de interface de Home.	57
Figura 19 – Protótipo de interface de Simulação I.	58
Figura 20 – Protótipo de interface de Simulação II.	58
Figura 21 – Protótipo de interface de Histórico de Simulações.	59
Figura 22 – Protótipo de interface de Suporte.	59
Figura 23 – Representação em diagrama da arquitetura Monolítica	61
Figura 24 – Diagrama referente à Arquitetura Cliente Servidor.	62
Figura 25 – Interface de Login Final.	68
Figura 26 – Interface de Registro de Usuários Final.	68
Figura 27 – Interface inicial da aplicação.	69
Figura 28 – Cadastro de Produtos Base.	70
Figura 29 – Interface de Cadastro de Cabos.	71
Figura 30 – Interface para cadastro de Placas.	72
Figura 31 – Interface para cadastro de Controladores.	73
Figura 32 – Interface para cadastro de Inversores.	74
Figura 33 – Interface para cadastro de Estruturas.	75
Figura 34 – Interface de Simulação.	76
Figura 35 – Interface de Histórico de Simulações.	77
Figura 36 – <i>Cards</i> de exibição das Placas cadastradas no sistema.	78

Figura 37 – <i>Card</i> de exibição dos Controladores cadastrados	79
Figura 38 – <i>Card</i> de Exibição das estruturas cadastrados no sistema.	80
Figura 39 – <i>Card</i> de Exibição dos cabos cadastrados no sistema.	80
Figura 40 – <i>Card</i> de Exibição dos inversores cadastrados no sistema.	81
Figura 41 – Interface de Suporte.	82

Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela sobre os trabalhos relacionados	24
Tabela 2 – Comparação de Softwares de Simulação de Sistemas Fotovoltaicos. . .	27
Tabela 3 – Vantagens e Desvantagens de Softwares de Simulação de Sistemas Fotovoltaicos.	28
Tabela 4 – Vantagens e desvantagens entre as fontes de energia.	37
Tabela 5 – Requisitos Não Funcionais.	41
Tabela 6 – Requisitos Funcionais da Aplicação Web.	41
Tabela 7 – Dicionario de dados Tabela Cabos.	50
Tabela 8 – Dicionário de dados Tabela Inversores.	50
Tabela 9 – Dicionário de dados da Tabela Controladores.	51
Tabela 10 – Dicionário de dados Tabela Placas.	52
Tabela 11 – Dicionário de dados Tabela Estruturas.	52
Tabela 12 – Dicionario de dados Tabela Fornecedores.	53
Tabela 13 – Dicionario de dados Tabela Consumidores	53
Tabela 14 – Dicionario de dados Tabela Fotossinteticamente Ativa.	54
Tabela 15 – Dicionário de dados Tabela Plano Inclinado.	54
Tabela 16 – Dicionario de dados Tabela Normal Direta.	55
Tabela 17 – Vantagens e Desvantagens da Arquitetura Monolítica.	60

Lista de abreviaturas e siglas

a-Si Silício Amorfo

CdTe Telureto de Cádmio

CA Corrente Alternada

CC Corrente Continua

CIS/CIGS Seleneto de Cobre, Índio e Gálio

FV Fotovoltaico

HJT Híbridas

IEA Agência Internacional de Energia

OG Opções Orgânicas

SFVI Sistema Fotovoltaico Isolado

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Motivação e Justificativa	15
1.2	Definição do Problema	16
1.3	Objetivos Geral e Específicos	16
1.4	Resultados e Contribuições	17
1.5	Estrutura da Monografia	17
2	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	Trabalhos Relacionados	19
2.1.1	Estudo da Estimativa de Geração de Energia Solar Fotovoltaica do Software PVSOL em Sistemas Residenciais de até 4 kW Conectados a Rede	19
2.1.2	Desenvolvimento de Software para Dimensionamento e Simulação de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos	20
2.1.3	Estudo de caso de um Sistema Fotovoltaico Instalado no Campus da UNICAMP em Diferentes Softwares de Simulação	20
2.1.4	Desenvolvimento de um Aplicativo para Dimensionamento de Sistemas de Geração Fotovoltaica	21
2.1.5	Aplicativo Android para Monitoramento Remoto de módulos fotovoltaicos	22
2.1.6	Considerações	22
2.2	Aplicações Semelhantes	25
2.3	Fundamentação Teórica	29
2.3.1	O que é uma placa fotovoltaica	29
2.3.2	Como funciona uma placa fotovoltaica	29
2.3.3	Equipamentos	31
2.3.4	Tipos de irradiação solar	34
2.3.5	Crescimento do mercado de energia solar no Brasil	35
2.3.6	Comparação da Energia solar com outras matrizes elétricas	36
2.4	Considerações Finais	38
3	DESENVOLVIMENTO	40
3.1	Tecnologias e Recursos Computacionais Utilizados	40
3.2	Análise de Requisitos	41
3.3	Modelagem	42
3.3.1	Diagrama de atividades	42
3.3.2	Diagrama de Classes	44
3.3.3	Diagrama de casos de uso	47

3.3.4	Diagrama de Sequência	48
3.3.5	Modelo do Banco de Dados	48
3.4	Dicionário de dados	50
3.4.1	Equipamentos	50
3.4.2	<i>Users</i>	53
3.4.3	Irradiação Solar	53
3.5	Protótipos de Interfaces	55
3.5.1	Interface de Registro	56
3.5.2	Interface de Login	56
3.5.3	Interface de Home	56
3.5.4	Interface de Simulação I	57
3.5.5	Interface de Simulação II	58
3.5.6	Interface de Histórico de Simulações	58
3.5.7	Interface de Suporte	59
3.6	Implementação	60
3.6.1	Arquitetura de Software (Monolítica)	60
3.6.2	Arquitetura de Rede (Cliente-Servidor)	60
3.6.3	Camada de Apresentação (Front-end)	62
3.6.4	Camada de Acesso a Dados (Back-end/API)	62
3.6.5	Camada de Lógica de Negócio (Serviço)	62
3.6.6	Camada de Recursos Estáticos	63
3.7	Testes	63
3.7.1	Testes Iniciais de API	63
3.7.2	Testes de Integração com o Google Maps API	63
3.7.3	Testes da Simulação Fotovoltaica	64
3.7.4	Testes da Funcionalidade de Cadastro de Equipamentos por Fornecedores	64
3.7.5	Teste de Histórico de Simulações	65
3.8	Versionamento	65
3.9	Considerações Finais	65
4	RESULTADOS	67
4.1	Login	67
4.2	Registro	67
4.3	Home	69
4.4	Cadastro de Produtos	70
4.5	Simulação	75
4.6	Histórico	76
4.7	Exibição de Produtos	77
4.8	Suporte	81
4.9	Considerações Finais	82

5	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	84
5.1	Limitações do trabalho	84
5.2	Trabalhos Futuros	85
	 REFERÊNCIAS	 87

1 Introdução

A energia é muito importante para a sociedade, contribuindo com desenvolvimento e modernização. Porém, para que essa demanda energética seja atendida os meios de geração desta vem principalmente de fontes não renováveis. Uma alternativa para driblar um possível esgotamento de recursos foi o surgimento de fontes de energia renovável. No entanto por mais benéfica que seja, somente uma pequena parcela da demanda energética é suprida por estas fontes (HOSENUZZAMAN; AL., 2015).

Atualmente, ainda é viável descobrir novas fontes de energia não renovável, como os campos de petróleo, a um custo elevado e em águas profundas. No entanto, é evidente que não acompanha o aumento populacional e econômico. O mercado e as pesquisas indicam a energia solar como a principal alternativa aos combustíveis fósseis, uma vez que a energia solar fotovoltaica não causa poluição, é compacta e possui um custo de manutenção reduzido. (SILVA; ARAÚJO, 2022).

A competitividade econômica de cada fonte de energia deve ser levada em conta na seleção da matriz energética, particularmente nos investimentos necessários para sua instalação e nos custos de produção de energia (ISHIGURO, 2002). Neste cenário, é essencial procurar opções que possam atender à demanda energética global, assegurando que os efeitos ambientais não sejam tão adversos a ponto de impedir a implementação dessa fonte de energia. É crucial levar em conta a sustentabilidade em todas as fases do processo, visando promover um equilíbrio entre o progresso econômico e a conservação do ambiente.

De acordo com dados da EPE (2020), o Brasil é um dos países que mais consome energia globalmente, com uma média de 475 TWh/segundo, e está fazendo grandes investimentos em fontes alternativas de energia para diversificar sua matriz energética. Cada setor de produção de energia renovável desempenha um papel significativo no aumento da participação no volume total da demanda global por energia (MICHELETTI; CORRÊIA, 2022).

De acordo com o levantamento da Agência Internacional de Energia (IEA) as pesquisas apontaram um crescimento de 50% na capacidade mundial de energia renovável (IEA, 2024). Esse crescimento indica o quanto que a população mundial começou a se preocupar com a sustentabilidade quando se trata de geração de energia limpa e renovável.

A energia solar ganhou muita força na matriz elétrica do Brasil devido ao fato de suas vantagens mediante a outros métodos como a geração hidroelétrica e a térmica. O crescimento no mercado favoreceu uma queda nos preços que fez com que muitos consumidores passassem a migrar para esse meio de geração e abandonasse os métodos

tradicionais. O que mais eleva o potencial de crescimento deste meio de geração é o fato dela não ser afetada pelas atividades humanas assim sendo originária de uma fonte inesgotável (SILVA et al., 2020).

Identificando os padrões de consumo elétrico, torna-se possível estimar o custo de implantação de uma usina fotovoltaica adequada para um cenário específico. É importante ressaltar que, ao considerar o contexto de geolocalização, a incidência de radiação solar pode variar significativamente, podendo afetar na produção da energia por meio da placa solar, pois dependendo da localização a diferença entre dois pontos a diferença de radiação solar pode alcançar uma variação de até 280%, conforme evidenciado por dados da NSRDB (2022). Além de dados geográficos para estimar este custo pode ser útil também saber qual o tipo de uso da energia, como por exemplo uso empresarial, agrícola ou pessoal.

Baseado em EPE (2023), os setores que mais utilizam energia no Brasil são os de transporte de passageiros e industrial somando juntos 65% do uso de energia, e o uso em setores residenciais e agrícolas somam juntos 15,5%.

No entanto, a utilização de energias renováveis não é um tema recente e a procura por novas formas de energia limpa, renovável e sustentável tem aumentado anualmente, com o objetivo de proporcionar diversas opções para o uso de energia que não prejudiquem o meio ambiente (ALMEIDA; ALMEIDA, 2022). Assim, o sol surge como uma fonte de energia renovável. O uso dessa energia, seja como fonte de calor ou luz, é uma das opções energéticas mais promissoras para lidarmos com os desafios de demanda energética do novo milênio (DYSON, 2001).

1.1 Motivação e Justificativa

Segundo um levantamento realizado pela Solfácil, plataforma de financiamento de placas fotovoltaicas, o sistema de energia solar pode gerar uma economia para o consumidor de até R\$ 97 mil em um intervalo de 10 anos e em um intervalo de 30 anos o total economizado seria um valor aproximado de R\$542 mil eInvestidor (2022). A simulação levou em consideração o valor médio mensal de R\$ 750 na conta de luz de uma família e uma inflação de 5% ao ano no custo da energia. Esse levantamento mostra que a longo prazo a implantação de energia solar é extremamente benéfica no quesito financeiro e também em questões ambientais.

Diante deste cenário, a criação de uma plataforma simplificada que os benefícios da energia solar, especialmente em termos financeiros, não só auxiliará na sua implantação, mas também incentivará a sua adoção. Ao mostrar de maneira clara e tangível os ganhos econômicos a longo prazo, essa plataforma oferecerá uma perspectiva concreta do retorno do investimento, motivando os consumidores a considerarem a transição para essa fonte de energia limpa e renovável. Além disso, ao destacar também os benefícios ambientais, como a

redução da pegada de carbono, ela poderá promover uma conscientização mais ampla sobre a importância da energia solar na construção de um futuro sustentável, impulsionando assim a transição para um modelo energético mais limpo e eficiente.

1.2 Definição do Problema

Muitos consumidores enfrentam dificuldades em avaliar a viabilidade econômica da instalação de sistemas fotovoltaicos devido à falta de ferramentas acessíveis que proporcionem análises detalhadas de custos, retorno sobre investimento (*Payback*) e simulações de financiamento (DANTAS; POMPERMAYER, 2018). Embora existam alguns simuladores no mercado, eles são frequentemente limitados em precisão e complexidade. Diante desse contexto, para preencher essa lacuna, este projeto pretende desenvolver uma aplicação Web que ofereça uma análise financeira personalizada considerando fatores como consumo de energia, custos de instalação, localização geográfica e benefícios ambientais de modo que incentive a adoção da energia solar.

1.3 Objetivos Geral e Específicos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma aplicação Web que simule e dimensione uma usina fotovoltaica. A aplicação realizará, com base nas entradas fornecidas pelo usuário, uma simulação que apresentará uma análise financeira sobre a viabilidade da transição para energia solar, além de fornecer informações sobre a usina que atenderá aos requisitos especificados. Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Implementar um módulo de cálculo para estimar o consumo energético e os custos envolvidos na implantação de uma usina fotovoltaica;
- Desenvolver um módulo de simulação financeira que analise a viabilidade do investimento em energia solar com base em diferentes cenários;
- Criar um banco de dados que armazene informações sobre fornecedores, preços de equipamentos e taxas de geração solar em diferentes regiões;
- Implementar um módulo de interface gráfica intuitiva para facilitar a experiência do usuário na visualização dos dados e simulações;
- Integrar a aplicação a fontes externas de dados sobre irradiação solar e preços de equipamentos, garantindo maior precisão nas análises.

1.4 Resultados e Contribuições

O desenvolvimento da aplicação proposta permitiu a criação de uma ferramenta para auxiliar usuários na análise da viabilidade da implementação de usinas fotovoltaicas. Os resultados obtidos sugerem que a plataforma é capaz de fornecer informações detalhadas sobre os custos, economia gerada e retorno do investimento, permitindo que consumidores e empresas tomem decisões mais informadas sobre a adoção da energia solar.

Dentre os principais resultados alcançados, destacam-se:

- Implementação de um banco de dados contendo informações de fornecedores e equipamentos solares, permitindo a comparação de preços e produtos;
- Integração com APIs externas para obtenção de dados de irradiação solar e simulação do potencial energético de diferentes regiões;
- Criação de uma interface intuitiva que facilita o uso da aplicação, permitindo que usuários sem conhecimento técnico compreendam os benefícios da energia solar;
- Unificação de dados de diversos fornecedores com a finalidade de trazer sempre os melhores custos para sistemas fotovoltaicos, assim facilitando nas buscas pelos melhores preços.

Além disso, este trabalho contribui ao fornecer uma ferramenta que pode ser utilizada tanto por consumidores finais quanto por empresas e profissionais do setor. A coleta e análise dos dados da plataforma possibilitam a identificação de padrões de viabilidade econômica e geográfica, podendo servir como base para estudos futuros sobre incentivos à energia renovável e aperfeiçoamento do consumo energético.

Os resultados indicam que a aplicação pode ser expandida para incluir novas funcionalidades, como suporte a modelos de financiamento e recomendações personalizadas para diferentes perfis de usuários. Dessa maneira, o sistema desenvolvido representa um primeiro passo para soluções mais abrangentes na área de planejamento energético sustentável de maneira gratuita para os usuários.

1.5 Estrutura da Monografia

A estrutura deste trabalho é apresentada conforme descrito a seguir. O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre trabalhos e softwares relacionados à proposta deste estudo. Além disso, são abordados conceitos fundamentais, como placas fotovoltaicas, seus componentes, tipos de irradiação solar e o crescimento do mercado de energia solar. O Capítulo 3 descreve o processo de desenvolvimento da aplicação proposta, abordando as

tecnologias utilizadas, a modelagem do sistema, os diagramas representativos, a implementação e a arquitetura escolhida. Também são apresentados os desafios enfrentados durante o desenvolvimento e as soluções adotadas também, são detalhados os testes realizados para validar a aplicação, como simulações, integração com APIs e cadastro de equipamentos. O Capítulo 4 apresenta os principais resultados obtidos, incluindo interfaces desenvolvidas e funcionalidades implementadas as descrevendo como ficaram ao fim do desenvolvimento. Por fim, o Capítulo 5 traz as considerações finais sobre o que foi desenvolvido juntamente com uma discussão sobre as limitações do trabalho e possíveis melhorias futuras.

2 Revisão da Literatura

Neste capítulo, serão apresentados os fundamentos básicos relacionados ao projeto desenvolvido, além de outros trabalhos que serviram como base de pesquisa e inspiração para a construção do conhecimento necessário ao desenvolvimento deste projeto. A Seção 2.1 começa apresentando trabalhos semelhantes a este projeto em alguns aspectos e também trás um apanhado sobre alguns softwares que já estão presentes no mercado que também tem a finalidade de dimensionar sistemas fotovoltaicos. A Seção 2.3 traz consigo uma análise de conceitos teóricos que envolvem o assunto do trabalho desenvolvido em vários aspectos. A Seção 2.4 as considerações finais deste capítulo.

2.1 Trabalhos Relacionados

Nesta seção, são apresentados estudos publicados de soluções já desenvolvidas no campo da energia solar fotovoltaica, com foco na simulação, dimensionamento e monitoramento de sistemas. Por meio da revisão e análise desses trabalhos, foi possível obter referências para o desenvolvimento da solução proposta.

2.1.1 Estudo da Estimativa de Geração de Energia Solar Fotovoltaica do Software PVSOL em Sistemas Residenciais de até 4 kW Conectados a Rede

O objetivo do trabalho [Galle \(2019\)](#) é verificar a estimativa de geração de energia elétrica do software PVSOL em sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede. Para isso, elaborou-se um levantamento da geração de energia em diversas circunstâncias utilizando o PVSOL. Os dados foram coletados dos sistemas, seguido pela captura de imagens e construção de modelos tridimensionais. Estes modelos foram então inseridos no software de simulação PVSOL, na qual foram realizadas simulações e comparados os resultados obtidos.

A tecnologia utilizada neste estudo [Galle \(2019\)](#) foi o software PVSOL, especializado na simulação de sistemas fotovoltaicos. Os resultados foram avaliados usando fatores mensais e anuais para comparar os dados de geração registrados com os estimados pelo PVSOL.

Entre as vantagens do estudo estão a capacidade de analisar várias situações diferentes e a utilização de modelos 3D para o levantamento do terreno estudado. No entanto, como desvantagem, destaca-se o uso exclusivo de um único simulador como base para as simulações ([GALLE, 2019](#)).

2.1.2 Desenvolvimento de Software para Dimensionamento e Simulação de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos

O artigo [Silva, Borges e Rampinelli \(2016\)](#), apresenta o software PVGrid, desenvolvido para dimensionamento e simulação de sistemas fotovoltaicos destinados à geração distribuída. Os usuários inserem informações como localização geográfica, tipo de conexão e demanda mensal de energia elétrica para realizar simulações precisas.

Desenvolvido em TypeScript, o PVGrid utiliza front-end em HTML/SCSS, Bootstrap, jQuery, Knockout e Chart.js, enquanto o back-end é baseado em Node.js com Express e MongoDB. O front-end gerencia a interface e o processamento do modelo matemático, enquanto o back-end fornece dados de irradiação solar e temperatura por meio de um serviço REST. O banco de dados armazena dados geoespaciais de datasets da NASA e INPE, permitindo o dimensionamento personalizado de sistemas fotovoltaicos com base na localização e na demanda de energia ([SILVA; BORGES; RAMPINELLI, 2016](#)).

Os resultados obtidos em [Silva, Borges e Rampinelli \(2016\)](#) incluem a potência nominal, produtividade estimada e área necessária do sistema fotovoltaico. O software gera gráficos comparativos entre energia gerada e consumida, além de dados detalhados de irradiação solar. O sistema de compensação de energia calcula créditos e consumo mensais, proporcionando uma economia substancial na conta de energia. A performance e produtividade do sistema são avaliadas regularmente, e parâmetros avançados permitem ajustes para simulações mais precisas.

Entre as vantagens do trabalho [Silva, Borges e Rampinelli \(2016\)](#), estão o dimensionamento preciso, interface intuitiva, análise detalhada de desempenho, personalização avançada e sistema de compensação de energia. Por outro lado, suas desvantagens incluem dependência de dados externos, complexidade inicial, limitações nas simulações devido a variáveis ambientais, e custos associados à implementação do sistema.

Este software representa uma ferramenta robusta para profissionais e empresas interessados em adotar sistemas fotovoltaicos para geração distribuída, oferecendo uma solução abrangente para simulação e dimensionamento personalizado de sistemas de energia solar ([SILVA; BORGES; RAMPINELLI, 2016](#)).

2.1.3 Estudo de caso de um Sistema Fotovoltaico Instalado no Campus da UNICAMP em Diferentes Softwares de Simulação

Este estudo tem como objetivo analisar a precisão de três softwares de simulação - PVSOL, PVsyst e HelioScope - na previsão da geração de energia em uma planta fotovoltaica de 22,95 kW. Utilizando dados padronizados de irradiação solar e temperatura, os pesquisadores compararam as simulações desses softwares com os valores reais de geração

mensal de junho a outubro de 2019. A análise revelou que o PVSOL tende a ser mais conservador em suas estimativas, enquanto o HelioScope indicou uma tendência mais otimista. PVsyst e PVSOL mostraram-se mais próximos dos dados reais, sendo essenciais para projetos que requerem precisão na previsão de energia (MACHADO et al., 2020).

Entre as vantagens identificadas estão a capacidade de considerar resultados de múltiplas plataformas, fornecendo insights sobre as diferenças entre os simuladores e suas taxas de erro comparadas aos dados reais. No entanto, o estudo também destacou desafios, como a complexidade e o tempo necessários para a execução das simulações, a dependência de dados específicos de entrada e os custos associados à licença dos softwares (MACHADO et al., 2020). Além disso, a limitação na amplitude temporal dos dados analisados pode impactar a robustez das conclusões em diferentes períodos do ano.

Em resumo, este estudo não apenas compara a performance de diferentes softwares de simulação em previsão de geração de energia solar, mas também destaca a importância de escolher a ferramenta adequada para cada contexto de aplicação, seja ele comercial ou acadêmico, considerando as nuances de precisão e custo associadas a cada plataforma analisada (MACHADO et al., 2020).

2.1.4 Desenvolvimento de um Aplicativo para Dimensionamento de Sistemas de Geração Fotovoltaica

O aplicativo, desenvolvido no *Android Studio*, permite aos usuários realizar o pré-dimensionamento de sistemas fotovoltaicos para suas propriedades, aperfeiçoando a quantidade de equipamentos necessários com base no consumo de energia e nas condições climáticas da região. Além disso, possibilita o monitoramento da energia consumida e gerada pelo sistema, oferecendo uma análise detalhada do desempenho ao longo do tempo (SILVA; ANABUKI; LOPES, 2018).

A metodologia do aplicativo considera painéis fotovoltaicos, que transformam energia solar em eletricidade, e inversores, que integram os painéis à rede elétrica. Usuários podem escolher modelos disponíveis desses equipamentos, levando em conta características como tensão, potência e área do painel. Com essas informações, o aplicativo calcula a quantidade necessária de painéis e inversores e fornece estimativas de preços (SILVA; ANABUKI; LOPES, 2018).

O aplicativo apresentado em Silva, Anabuki e Lopes (2018), também permite monitorar a energia gerada, a energia consumida no último ano e os gastos estimados, auxiliando os usuários na escolha e acompanhamento de seus sistemas fotovoltaicos.

Os resultados incluem a possibilidade de dimensionar previamente um sistema fotovoltaico, aperfeiçoar a escolha dos equipamentos, monitorar o consumo e geração de energia, estimar bônus por energia excedente e avaliar os custos dos sistemas fotovoltaicos,

promovendo a adoção de energia solar (SILVA; ANABUKI; LOPES, 2018).

As vantagens do aplicativo são a facilidade de uso, aperfeiçoamento de custos, monitoramento e estimativa de economia. As desvantagens incluem a dependência de dados precisos, limitações de modelos disponíveis e a necessidade de atualizações regulares (SILVA; ANABUKI; LOPES, 2018).

2.1.5 Aplicativo Android para Monitoramento Remoto de módulos fotovoltaicos

O trabalho de Piombini, Melo e Campos (2018) teve como objetivo desenvolver um aplicativo em Java para dispositivos Android, voltado à aquisição e monitoramento de dados em um Sistema Fotovoltaico Isolado (SFVI) destinado ao carregamento de dispositivos móveis. Utilizando a plataforma Arduino e sensores de tensão, corrente, temperatura e UV, o sistema coletava e transmitia dados do SFVI. O aplicativo permitia o monitoramento remoto em tempo real das variáveis do sistema, como corrente, tensão, potência gerada, temperatura e UV, assegurando seu funcionamento e possibilitando a análise dos dados de qualquer local.

A metodologia envolveu a seleção dos componentes do SFVI, incluindo um módulo Fotovoltaico (FV) de 10 Wp, controlador de carga, bateria e regulador de tensão, além da escolha da plataforma Arduino com sensores específicos. Um aplicativo Android foi desenvolvido para monitoramento em tempo real, garantindo a coleta e transmissão eficiente dos dados. Testes e validações foram realizados para assegurar o funcionamento adequado e a precisão das medições, com aprimoramentos contínuos com base nos resultados (PIOMBINI; MELO; CAMPOS, 2018).

As vantagens do sistema incluem acesso remoto, visualização prática dos dados, monitoramento eficiente, baixo custo, facilidade de uso e estabilidade. No entanto, possíveis desvantagens são a complexidade de implementação, limitações de escala, dependência de conexão de rede, necessidade de manutenção e atualizações, e desafios de compatibilidade e interoperabilidade (PIOMBINI; MELO; CAMPOS, 2018).

Os resultados alcançados destacam o monitoramento eficiente em tempo real das variáveis do SFVI, acesso remoto, visualização prática, estabilidade e confiabilidade do sistema, validação dos dados e facilidade de uso, evidenciando a eficácia do sistema de monitoramento remoto desenvolvido para módulos fotovoltaicos e contribuindo para a aperfeiçoamento da produção de energia elétrica (PIOMBINI; MELO; CAMPOS, 2018).

2.1.6 Considerações

A Tabela 1 apresenta um resumo dos principais pontos fortes e limitações de cada um dos trabalhos discutidos anteriormente. Essa síntese permite uma comparação entre os

trabalhos na mesma área, destacando suas contribuições e identificando possíveis lacunas que podem ser exploradas em pesquisas futuras.

Tabela 1 – Tabela sobre os trabalhos relacionados

Nome	Objetivo	Tecnologia utilizada	Vantagem	Desvantagem
Galle (2019)	O objetivo deste artigo é indicar a criação e desenvolvimento da plataforma PVGrid para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.	TypeScript, HTML, SCSS, Bootstrap, MongoDB, NodeJS, Knockout, Chart.js e Express.	Interface Simples e intuitiva, Apresentação de gráficos, possibilidade de acesso multiplataforma por se tratar de uma aplicação WEB.	Apresentação de um relatório simples, não permite ao usuário a inserção da geração real para comparar resultados.
Silva, Borges e Rampinelli (2016)	Realizar um pré-dimensionamento da área de sistemas fotovoltaicos para propriedades com o intuito de diminuir o número de placas necessárias para o abastecimento ao máximo possível.	Algoritmos de cálculo de geração de energia, Banco de dados contendo placas disponíveis no mercado e tecnologias para desenvolvimento de aplicativos móveis como Android Studio.	Mobilidade por poder ser acessado diretamente de um celular, foco em aperfeiçoar o tamanho da usina solar para se manter um mesmo desempenho.	A interface do usuário carece de elementos visuais atrativos, limitação a acesso exclusivo por meio de dispositivos móveis.
Machado et al. (2020)	Desenvolver um aplicativo móvel para monitoramento das placas fotovoltaicas de um Sistema fotovoltaico Isolado coletando dados de um arduino presente no sistema.	Arduino, websockets, comunicação sem fio, sensores de tensão, ferramentas de desenvolvimento Android como o Android Studio.	Uso do arduino para monitoramento, Monitoramento individual de cada placa solar, permissão de acesso remoto ao sistema de monitoramento.	Aplicativo exclusivo para dispositivos Android, interface do usuário carece de elementos visuais atrativos.
Silva, Anabuki e Lopes (2018)	Verificar a estimativa de geração de energia elétrica do software PVSOL em sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede, comparando os dados coletados dos sistemas reais com os resultados obtidos pelo software.	PVSOL, modelos tridimensionais para levantamento do terreno.	Capacidade de analisar várias situações diferentes e utilização de modelos 3D.	Uso exclusivo de um único simulador como base para as simulações.
Piombini, Melo e Campos (2018)	Analisar a precisão de três softwares de simulação (PVSOL, PVSyst e Helioscope) na previsão da geração de energia em uma planta fotovoltaica de 22,95 kW, comparando as simulações com os valores reais de geração mensal.	PVSOL, PVSyst, Helioscope, dados padronizados de irradiação solar e temperatura.	Capacidade de considerar resultados de múltiplas plataformas, fornecendo insights sobre as diferenças entre os simuladores.	Complexidade e tempo necessários para a execução das simulações, dependência de dados específicos de entrada e custos associados à licença dos softwares.

2.2 Aplicações Semelhantes

Existem diversas ferramentas de simulação e dimensionamento de energia solar disponíveis no mercado, cada uma oferecendo funcionalidades específicas que auxiliam profissionais e entusiastas da energia solar na análise e planejamento de sistemas fotovoltaicos. Nesta seção, é realizada uma análise detalhada de alguns softwares de simulação de energia solar, destacando suas principais características, vantagens e áreas que podem ser aprimoradas. A Tabela 2, apresenta um resumo das funcionalidades e características desses softwares, enquanto a Tabela 3 destaca suas principais vantagens e desvantagens. Além disso, são discutidos os aspectos dessas ferramentas que serviram de inspiração para o desenvolvimento da solução proposta neste trabalho:

1. **Solargraf:**¹ O Solargraf é uma ferramenta completa focada no projeto e armazenamento de energia solar. Com uma interface intuitiva, ele permite que tanto profissionais quanto entusiastas simulem e planejem sistemas fotovoltaicos sem a necessidade de conhecimentos técnicos avançados. Um dos seus principais diferenciais é a integração com serviços de mapas (como Google Maps ou Bing Maps), que possibilita a análise detalhada do telhado e a inclusão de plantas e imagens de drones. Essa abordagem colaborativa simplifica o processo de simulação, embora em projetos mais complexos possa faltar a profundidade de funcionalidades específicas;
2. **Calculadora Solar WEG:**² Ideal para residências e empresas, a Calculadora Solar WEG simplifica o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Ela permite calcular o investimento inicial, a economia gerada na conta de luz e identificar o kit solar ideal para cada projeto, com base no consumo energético do local. Sua facilidade de uso e a clara apresentação dos resultados a tornam especialmente útil para usuários sem experiência técnica, embora possa não oferecer análises tão detalhadas para projetos mais sofisticados;
3. **PVGIS:**³ Ele utiliza uma extensa base de dados global de irradiação solar para estimar a produção de energia de sistemas fotovoltaicos. Ele possibilita a comparação entre diferentes tecnologias de painéis solares e analisa o impacto do sombreamento sobre a performance do sistema. Essas funcionalidades robustas fazem do PVGIS uma ferramenta ideal para uma avaliação técnica e econômica detalhada da viabilidade do projeto, mesmo que sua interface possa exigir um aprendizado maior por parte de iniciantes;

¹ <<https://www.solargraf.com/pt-br/>>

² <<https://www.weg.net/solar/br/calculadora/>>

³ <<https://pvgis.com/pt>>

4. **SolarEdge:**⁴ O Solar Especializado em sistemas fotovoltaicos que utilizam a tecnologia SolarEdge, este software profissional oferece ferramentas avançadas para dimensionamento e análise do sistema. Ele realiza o cálculo preciso da produção solar, dimensiona a instalação de maneira aperfeiçoada e seleciona os inversores mais adequados; além disso, gera relatórios detalhados que facilitam a análise do retorno do investimento. Embora atenda de maneira robusta projetos de grande escala, sua aplicação é mais focada em sistemas que adotam a tecnologia SolarEdge;
5. **SolarGIS:**⁵ O SolarGIS se destaca pela precisão dos dados de irradiação solar, apresentando alta resolução espacial e temporal. Essa ferramenta é crucial para o planejamento de sistemas fotovoltaicos, pois gera mapas detalhados de irradiação e fornece previsões exatas da produção de energia. Adicionalmente, permite a análise do impacto do sombreamento, contribuindo para a aperfeiçoamento do projeto. Um possível ponto de atenção é o custo, que pode ser um fator limitante para pequenos investimentos ou usuários individuais.

⁴ <<https://www.solaredge.com/br/produtos/ferramentas-de-software/designer>>

⁵ <<https://solargis.info>>

Tabela 2 – Comparação de Softwares de Simulação de Sistemas Fotovoltaicos.

Software	Características	Funcionalidades
Solargraf^a	Ferramenta completa para projetos e armazenamento de energia solar. Utiliza Google Maps ou Bing Maps	Desenhar opções de armazenamento com base nas necessidades do cliente. Obtenção da melhor vista possível do telhado ou carregamento de plantas e imagens de drones
Calculadora Solar WEG^b	Ideal para residências ou empresas. Simplicidade no cálculo	Calcular o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Calcular a economia e encontrar o kit ideal
PVGIS^c	Base de dados global de irradiação solar. Comparação de diversas tecnologias de painéis solares	Estimar a produção de energia de sistemas fotovoltaicos. Analisar o impacto do sombreamento na produção de energia
SolarEdge^d	Desenvolvido para sistemas fotovoltaicos com tecnologia SolarEdge. Relatórios detalhados	Cálculo da produção solar. Dimensionamento do sistema e seleção dos inversores mais adequados
SolarGIS^e	Dados detalhados de irradiação solar. Alta resolução espacial e temporal	Mapas de irradiação solar. Previsão da produção de energia dos sistemas fotovoltaicos

^a <<https://www.solargraf.com/pt-br/>>

^b <<https://www.weg.net/solar/br/calculadora/>>

^c <<https://pvgis.com/pt/calculadora-solar>>

^d <<https://www.solaredge.com/br/produtos/ferramentas-de-software/designer>>

^e <<https://solargis.info>>

Tabela 3 – Vantagens e Desvantagens de Softwares de Simulação de Sistemas Fotovoltaicos.

Software	Vantagens	Desvantagens
Solargraf ^a	Ferramenta completa e fácil de usar. Utiliza Google Maps ou Bing Maps para uma visualização precisa	Podem apresentar limitações para usuários avançados que necessitam de análises mais detalhadas
Calculadora Solar WEG ^b	Ideal para residências ou empresas. Simplicidade e rapidez no cálculo	Podem não oferecer a profundidade de análise necessária para projetos mais complexos
PVGIS ^c	Base de dados global de irradiação solar. Comparação de diversas tecnologias de painéis solares	Podem ser complexos para usuários iniciantes devido à quantidade de dados e opções
SolarEdge ^d	Desenvolvido para sistemas fotovoltaicos com tecnologia SolarEdge. Relatórios detalhados	Focado exclusivamente na tecnologia SolarEdge, o que pode limitar a flexibilidade
SolarGIS ^e	Dados detalhados de irradiação solar. Alta resolução espacial e temporal	Podem ser caros para pequenas empresas ou usuários individuais devido às suas funcionalidades avançadas

^a <<https://www.solargraf.com/pt-br/>>^b <<https://www.weg.net/solar/br/calculadora/>>^c <<https://pvgis.com/pt/calculadora-solar>>^d <<https://www.solaredge.com/br/produtos/ferramentas-de-software/designer>>^e <<https://solargis.info>>

2.3 Fundamentação Teórica

Esta seção apresenta descrições detalhadas dos equipamentos que compõem um sistema fotovoltaico, abordando tanto os dispositivos essenciais (como os painéis, inversores e estruturas de suporte) quanto as características dos diferentes tipos de irradiação. Além disso, analisa o cenário do mercado de energia no Brasil e estabelece uma comparação entre a energia solar e outras fontes energéticas, destacando as vantagens e desafios inerentes a cada uma. Por fim, explora o funcionamento dos painéis solares e os princípios de conversão da luz do sol em energia elétrica, oferecendo uma visão abrangente e fundamentada sobre os elementos que sustentam o desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos.

2.3.1 O que é uma placa fotovoltaica

Segundo [Portal Solar \(2024\)](#), módulos solares ou placas fotovoltaicas, ilustrados na Figura 1, são placas compostas por células fotovoltaicas interligadas, captam a luz do sol para gerar energia elétrica. A maioria dos módulos fotovoltaicos (ou placas fotovoltaicas) é fabricada a partir de silício, como os modelos de silício monocristalino e policristalino. Existem também módulos de filme fino, feitos de diferentes materiais como Silício Amorfo (*a-Si*), o Telureto de Cádmiio (*CdTe*), e Seleneto de Cobre, Índio e Gálio (*CIS/CIGS*), além de Opções Orgânicas (*OG*) e Híbridas (*HJT*). Contudo, esses tipos de placas tendem a ter uma eficiência menor e, por isso, são raramente utilizados em sistemas de energia solar residenciais e comerciais.

Figura 1 – Placa Solares fixas em um telhado.



Fonte: [Portal Solar \(2024\)](#)

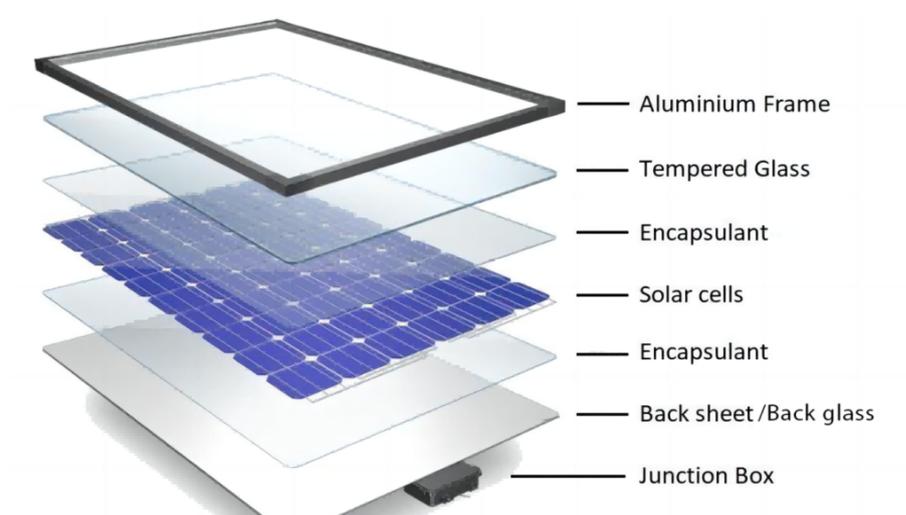
2.3.2 Como funciona uma placa fotovoltaica

O funcionamento das placas solares se dá por meio da captação de luz solar e da conversão em energia elétrica pelas células fotovoltaicas. Sendo assim, os fótons colidem

com os átomos do material semicondutor da placa solar, ocasionando o deslocamento dos elétrons. A partir disso, a corrente elétrica é gerada, dando origem à energia solar fotovoltaica, limpa e renovável. A Figura 2 apresenta as camadas de uma placas solar ilustrando como essas placas são construídas.

O equipamento pode ser instalado em um telhado ou terreno de uma residência ou edifício, ou na composição de uma usina de grande porte. A eletricidade produzida pela placa solar é convertida em energia adequada para o uso residencial por meio do inversor solar.

Figura 2 – Camadas de uma placa solar.



Fonte: (Portal Solar, 2024)

2.3.3 Equipamentos

Um sistema fotovoltaico residencial geralmente conta com os seguintes componentes:

- **Módulos fotovoltaicos:** Esses módulos retratado na Figura 3, captam a luz solar e absorve a irradiação convertendo a mesma em uma corrente contínua de energia;

Figura 3 – Módulo fotovoltaico.



Fonte: Portal Solar (2024).

- **Inversor Solar:** O inversor de frequência ilustrado na Figura 4, recebe essa Corrente Contínua (CC) de energia que está sendo gerada pelo modulo fotovoltaico e assim que essa corrente chega no inversor de Frequência ela é convertida em Corrente Alternada (CA) que é o tipo de corrente utilizada em redes domésticas.

Além desse papel de inverter os tipos de corrente o inversor possui a funcionalidade de redirecionar as sobras de energia geradas, seja para a rede de distribuição em sistemas *On-grid* ou para baterias em sistemas *Off-grid*;

Figura 4 – Inversor Solar.



Fonte: Minha Casa Solar (2025).

- **Medidor bidirecional:** Quando um sistema solar está conectado à rede elétrica, é necessário um medidor bidirecional. Esse dispositivo de medição precisa ilustrado na Figura 5, permite registrar a direção da energia em ambos os sentidos: da rede elétrica para o imóvel e do sistema solar de volta para a rede de distribuição;

Figura 5 – Medidor Bidirecional.



Fonte: [Portal Solar \(2024\)](#).

- **String Box:** A caixa de junção exibido na Figura 6, é um dos elementos mais essenciais para a segurança de um sistema de energia solar. Ela contém diversos componentes que protegem os módulos fotovoltaicos contra possíveis falhas. Com a conexão à rede elétrica, certas modificações poderiam causar impactos que comprometeriam o desempenho das células fotovoltaicas, tornando a *string box* crucial para evitar esses problemas;

Figura 6 – String Box.



Fonte: [Minha Casa Solar \(2025\)](#).

- **Baterias:** Em sistemas on-grid, a energia solar excedente é enviada à rede elétrica, gerando créditos na conta de luz, o que pode não ser sempre a melhor opção.

Em contrapartida, um sistema off-grid, conectado a baterias como a apresentada na Figura 7, permite armazenar a energia não consumida. Essas baterias têm diferentes capacidades, possibilitando o uso da energia solar em horários variados, como durante a noite ou até mesmo em momentos em que não se tem energia nas redes de distribuição convencionais;

Figura 7 – Bateria Moura para sistemas Solares.



Fonte: [Minha Casa Solar \(2025\)](#).

- **Sistema de monitoramento:** A tecnologia desempenha um papel crucial na melhoria e segurança dos kits de energia solar, e um dos elementos essenciais nesse contexto é o sistema de monitoramento. Esse sistema como o da Figura 8, integrado ao inversor, monitora continuamente a produção de energia, a eficiência na conversão e o desempenho geral do sistema. Ele é fundamental para a detecção precoce de problemas e anomalias, prevenindo falhas e garantindo que o sistema opere de maneira aperfeiçoada. Além disso, sua operação automática proporciona conveniência, evitando desperdícios e assegurando o uso máximo da energia gerada.

Figura 8 – Sistema de Monitoramento.



Fonte: [Portal Solar \(2024\)](#).

2.3.4 Tipos de irradiação solar

Segundo [Pereira et al. \(2017\)](#) a irradiância solar (W/m^2) que incide em uma superfície é composta por suas componentes direta e difusa. A irradiância solar direta apresenta direção de incidência na linha imaginária entre a superfície e o Sol e representa a parcela que não sofreu os processos radiativos de absorção e espalhamento que ocorrem na atmosfera. A componente difusa engloba a radiação proveniente de todas as demais direções que são decorrentes dos processos de espalhamento pelos gases e particulados presentes na atmosfera isso fica melhor evidenciado pela Figura 9. A terminologia adotada por este Atlas é a seguinte:

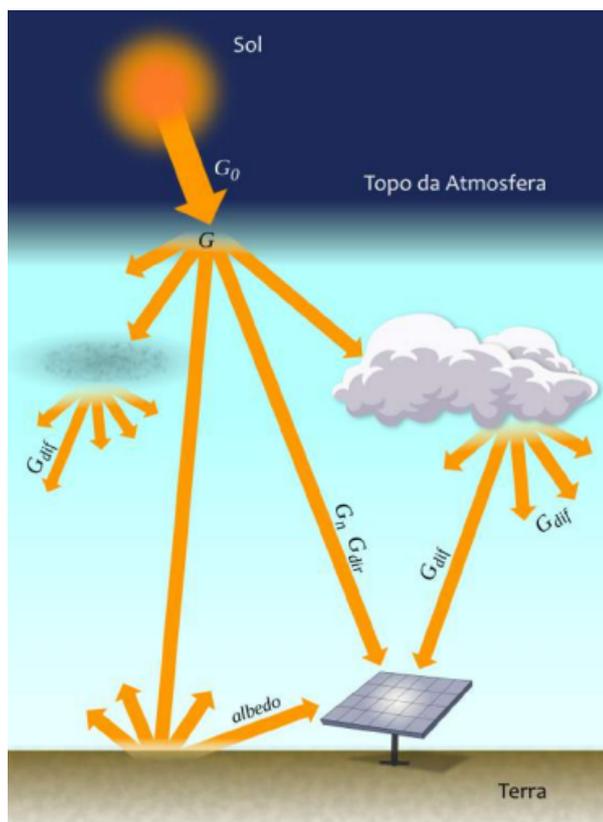
- **Irradiância extraterrestre (G_0):** é a taxa de energia incidente por unidade de área em um plano horizontal imaginário situado no topo da atmosfera. É também conhecido como irradiância no topo da atmosfera ou G_{TOA} ;
- **Irradiância direta normal (G_n):** também conhecida como DNI, é a taxa de energia por unidade de área proveniente diretamente do Sol que incide perpendicularmente à superfície;
- **Irradiância difusa horizontal (G_{dif}):** é a taxa de energia incidente sobre uma superfície horizontal por unidade de área, decorrente do espalhamento do feixe solar direto pelos constituintes atmosféricos (moléculas, material particulado, nuvens, etc.);
- **Irradiância direta horizontal (G_{dir}):** é a taxa de energia por unidade de área do feixe solar direto numa superfície horizontal. Pode ser determinada como o produto entre a irradiância direta normal (DNI) e o cosseno do ângulo zenital solar;
- **Irradiância global horizontal (G):** é a taxa de energia total por unidade de área incidente numa superfície horizontal. A irradiância global é dada pela equação a seguir

$$G = G_{dif} + G_{dir} \quad \text{ou} \quad G = G_{dif} + G_n \cos(\theta_z), \quad (2.1)$$

em que θ_z é o ângulo zenital;

- **Irradiância no plano inclinado (G_i):** é a taxa de energia total por unidade de área incidente sobre um plano inclinado na latitude do local em relação à superfície da Terra.

Figura 9 – Tipos de irradiância.



Fonte: Pereira et al. (2017).

2.3.5 Crescimento do mercado de energia solar no Brasil

Conforme aponta (ABSOLAR) (2025), o Brasil tem observado um crescimento expressivo na energia solar, superando 55 GW de capacidade instalada de painéis fotovoltaicos. Esse marco reflete o avanço acelerado e a relevância crescente da energia solar no país. Com a maior conscientização ambiental e a busca por alternativas sustentáveis, a energia solar tem se destacado por suas vantagens em relação às fontes tradicionais.

Nos últimos anos, houve um aumento notável nas instalações de painéis solares em residências, empresas e grandes usinas solares, indicando a confiança e adoção crescente dessa tecnologia pela população brasileira. Esse crescimento é impulsionado, em grande parte, pela queda nos custos de instalação, decorrente dos avanços tecnológicos, da ampliação da produção e da competitividade no mercado. Esses fatores têm tornado a energia solar mais acessível a um número maior de pessoas e empresas, estimulando investimentos e acelerando o crescimento do setor no Brasil.

O governo brasileiro também tem desempenhado um papel fundamental nesse crescimento, por meio de políticas de incentivo à energia solar. Medidas como leilões de energia solar, linhas de financiamento específicas e programas governamentais têm criado um ambiente propício para a expansão do setor e atração de investimentos. Essas

iniciativas têm sido fundamentais para o desenvolvimento contínuo da energia solar no Brasil. (Metalsol Energia Solar, 2023)

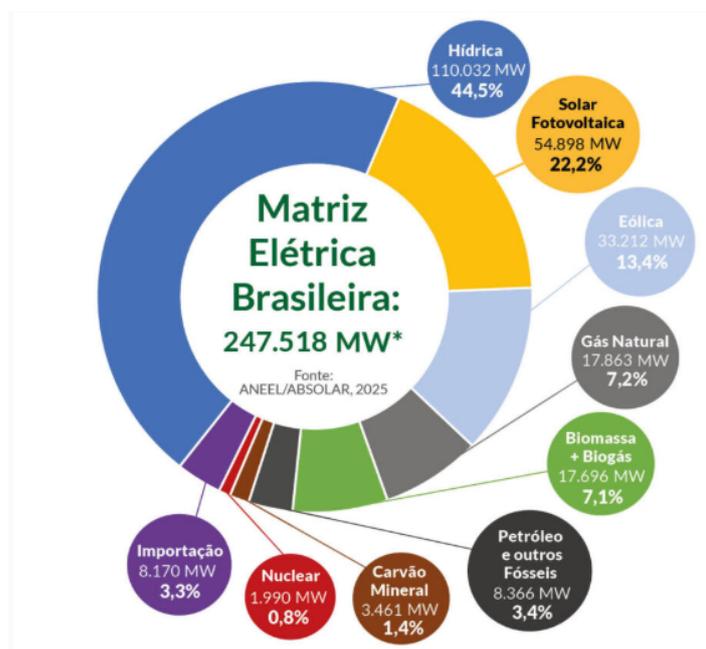
Com o país continuando a investir e explorar seu potencial solar, espera-se que essa tendência de crescimento se mantenha nos próximos anos. A energia solar está se tornando um pilar central na diversificação da matriz energética brasileira, promovendo a sustentabilidade, a independência energética e o desenvolvimento socioeconômico.

2.3.6 Comparação da Energia solar com outras matrizes elétricas

Muitas pessoas confundem dois conceitos importantes: matriz energética e matriz elétrica. De acordo com Portal Solar (2024), a principal diferença entre elas está no escopo de abrangência. A matriz energética engloba todas as fontes de energia utilizadas para suprir a demanda de diversos setores, incluindo petróleo, gás natural, biomassa e carvão. Já a matriz elétrica refere-se exclusivamente às fontes empregadas na geração de energia elétrica, como hidrelétricas, termelétricas, usinas nucleares, eólicas e solares.

A Figura 10 ilustra a distribuição da matriz energética brasileira, na qual a energia hidráulica predomina, representando 44,5% da geração brasileira de energia. Em seguida, temos a solar que atualmente ocupa a segunda colocação com 22,2%, destaca-se a geração eólica, responsável por 13,4% segundo dados vindos da EPE (2024). Outras fontes renováveis, como a de gás natural, que ocupa a quarta posição, e a biomassa, em quinto lugar, possuem uma participação menor no total porém não deixam de se destacar em meio as outras.

Figura 10 – Matriz energética do Brasil em 2024.



Fonte: (ABSOLAR) (2025).

Como pode se observar baseado na Figura 10, a matriz energética Brasileira se fundamenta principalmente na energia hidroelétrica, que por mais que seja também uma fonte de energia limpa e renovável ela trás consigo algumas consequências ambientais para o meio em que ela é instalada, pois é necessário a criação de uma barragem para que a água tenha força para girar as bobinas geradoras de água.

A tabela 4, apresenta as fontes de energia limpa e renovável mais comuns e conhecidas mundialmente. Nas colunas seguintes, são expostas as vantagens e desvantagens específicas de cada uma. Dentre as três fontes analisadas, a energia solar se destaca como a mais simples de ser implementada, sem a necessidade de grandes instalações ou dependência de usinas de grande porte.

Tabela 4 – Vantagens e desvantagens entre as fontes de energia.

Fonte	Vantagens	Desvantagens
Eólica	Limpa e renovável, Abundante, Baixo custo operacional	Intermitência, Impacto visual e sonoro, Impacto na fauna, Necessidade de áreas extensas.
Hidroelétrica	Alta capacidade de geração, Baixo custo de operação, Multifuncionalidade.	Impactos ambientais, Emissão de gases de efeito estufa, Impacto social.
Solar	Limpa e renovável, Versátil, Baixo impacto ambiental, Independência energética.	Intermitência, Alto custo inicial, Ocupação de espaço.

Segundo Pison Projetos (2024), a energia eólica e a solar são a novidade do momento no ramo energéticos e como já apresentados ambas tem suas vantagens tanto individualmente quanto em comum, no entanto a solar tem as seguintes vantagens exclusivas:

- Possui vida útil de 25 anos;
- Econômica, podendo reduzir 95% a conta de luz;
- Fácil de instalar e manutenção barata;
- Queda de preço devido o aumento tecnológico;
- Os equipamentos fotovoltaicos são recicláveis;
- Não necessita de muitas manutenções;
- Energia silenciosa;
- Sustentável, limpa e renovável.

Já a energia eólica tem uma vantagem quando se comparada com a solar se levado em consideração os seguintes pontos:

- Gera empregos na região na qual é instalada;
- Reduz a emissão de dióxido de carbono;
- Diminui a dependência de combustível fóssil;
- Ótima lucratividade de investimento.

O autor ainda ressalta que quando comparamos as duas diretamente a energia solar acaba sendo uma opção mais recomendável que a eólica, levando em consideração o preço médio de instalação, além de possuir mais vantagens.

2.4 Considerações Finais

O Capítulo 2 apresentou uma revisão da literatura, dividida em duas vertentes principais: Trabalhos Relacionados e Fundamentação Teórica. Na Seção 2.1, foram analisados estudos e softwares existentes voltados à simulação, dimensionamento e monitoramento de sistemas fotovoltaicos. Entre os trabalhos revisados, destacam-se o *PVSOL* presente em [Galle \(2019\)](#), utilizado para estimativas de geração energética em residências; o *PVGrid* relatado em [Silva, Borges e Rampinelli \(2016\)](#), e focado em geração distribuída; e aplicativo monitoramento remoto [Piombini, Melo e Campos \(2018\)](#). Estes trabalhos auxiliaram guiando o início de pesquisas relacionadas a energia solar e aplicativos de dimensionamento, seus pontos negativos como interfaces pouco intuitivas e limitações na personalização de orçamentos contribuíram como inspirações para módulos e correções que seriam tratadas no *Solar Simulator*.

Na comparação com softwares comerciais presentes nas Tabelas 2 e 3, como *Solargraf*, *PVGIS* e *SolarEdge*, identificou-se que a maioria prioriza projetos complexos ou tecnologias específicas, o que pode excluir usuários sem conhecimento técnico. Isso reforçou a necessidade de uma ferramenta acessível, capaz de unir simplicidade e precisão, características centrais da aplicação desenvolvida neste trabalho. Além disso, a análise crítica dessas ferramentas orientou a inclusão de funcionalidades como integração com APIs de geolocalização e comparação de preços em tempo real e também adicionar a funcionalidade da integração com o *Google Maps*.

Na Seção 2.3, foram abordados conceitos essenciais para embasar o desenvolvimento técnico da aplicação. Detalhou-se a composição de listando seus equipamentos e funções contribuindo para adição do módulo de cadastro de produtos pela aplicação. A discussão sobre tipos de irradiação solar (direta, difusa e global) e sua variação geográfica [Pereira et al. \(2017\)](#), justificou a integração de dados climáticos regionais na plataforma, garantindo simulações mais precisas auxiliando na escolha do tipo correto de irradiação para um determinado tipo de uso. Além disso, a análise do crescimento do mercado solar no

Brasil trazido em [EPE \(2024\)](#), e a comparação com outras matrizes energéticas presentes na Tabela 4 reforçaram a relevância econômica da energia fotovoltaica, destacando seu potencial para reduzir custos e impactos ambientais.

3 Desenvolvimento

O presente capítulo tem como objetivo descrever detalhadamente o processo de desenvolvimento da aplicação, abordando as tecnologias utilizadas, Modelagem do Sistema, Dicionário de Dados, Protótipos de interfaces, Implementação e arquiteturas e os desafios enfrentados ao longo da implementação. Além disso, serão explorados os principais componentes do sistema, suas interações e a lógica por trás da construção de cada funcionalidade essencial para o funcionamento da plataforma.

3.1 Tecnologias e Recursos Computacionais Utilizados

As tecnologias, *frameworks* e linguagens escolhidos para o desenvolvimento deste projeto foram selecionados com base na familiaridade e experiência prévia com essas ferramentas. Dessa maneira, optou-se pelo *Next.js* como *framework* principal, devido à sua versatilidade e capacidade de atuar como uma solução *Full-Stack*, permitindo o desenvolvimento eficiente tanto do *front-end* quanto do *back-end* da aplicação. Com relação as demais tecnologias foram utilizadas as seguintes:

- **Astah**¹: Ferramenta de modelagem;
- **Firebase**²: Plataforma para armazenamento de banco de dados;
- **VSCODE**³: Editor de código selecionado;
- **Insomnia**⁴: Ferramenta para testes de APIs;
- **React.Js**⁵: Biblioteca para construção de interfaces de usuário;
- **Next.Js**⁶: *Framework React*, utilizado no desenvolvimento;
- **TypeScript**⁷: Linguagem de programação baseada em JavaScript com tipagem estática;
- **RestFullAPI**: Arquitetura para comunicação entre sistemas;
- **ShadcnUI**⁸: Bibliotecas de componentes.

¹ <<https://astah.net>>

² <<https://firebase.google.com/?hl=pt-br>>

³ <<https://code.visualstudio.com>>

⁴ <<https://insomnia.rest>>

⁵ <<https://react.dev>>

⁶ <<https://react.dev>>

⁷ <<https://www.typescriptlang.org>>

⁸ <<https://ui.shadcn.com>>

3.2 Análise de Requisitos

Nesta seção, foram identificados e categorizados os requisitos funcionais e não-funcionais essenciais para o sistema de análise de viabilidade de usinas solares. Os requisitos não-funcionais, apresentados na Tabela 5, definem os atributos qualitativos do sistema, como segurança, usabilidade e escalabilidade, que garantem a qualidade da solução. Já os requisitos funcionais detalhados na Tabela 6 especificam as funcionalidades que o sistema deve prover, desde a gestão de usuários até os cálculos especializados de *payback* e métricas de sustentabilidade. Esta análise minuciosa permite alinhar as expectativas das partes interessadas com as capacidades técnicas do sistema a ser desenvolvido.

Tabela 5 – Requisitos Não Funcionais.

Requisito Não Funcional	Descrição
Compatibilidade	A aplicação deve ser compatível com os principais navegadores web, como Google Chrome, Mozilla Firefox, Safari e Microsoft Edge.
Segurança	A aplicação deve garantir a segurança dos dados dos usuários por meio de práticas de criptografia e autenticação segura.
Usabilidade	A interface da aplicação deve ser intuitiva e fácil de usar, proporcionando uma experiência agradável ao usuário.
Escalabilidade	A aplicação deve ser projetada para suportar uma expansão de modo a atender à demanda sem elevar muito os custos operacionais de Software.
Manutenibilidade	O código-fonte da aplicação deve ser bem organizado e documentado, facilitando futuras atualizações e manutenções.

Elaborado Pelo Autor.

Tabela 6 – Requisitos Funcionais da Aplicação Web.

ID	Descrição
RF01	Criação de usuários.
RF02	Coletar dados do usuário.
RF03	Autenticação de usuário.
RF04	Gestão de perfil de usuário.
RF05	Comparar os gastos entre a implantação de uma usina solar e a compra de energia de empresas especializadas no ramo como a CEMIG.
RF06	Calcular o custo de implantação de uma usina solar que irá atender a demanda do usuário.
RF07	Permitir ao usuário uma maneira de se calcular custos de implantação do sistema de energia solar de maneira simplificada.
RF08	Definir o Payback sobre a implantação de uma usina solar.
RF09	Calcular métricas de sustentabilidade ao implantar o sistema fotovoltaico.

RF10	Permitir localização por meio de dados georreferenciais.
RF11	Colocar um mapa permitindo o usuário selecionar sua localização.
RF12	Dar entrada da geração real do sistema implantado pelo usuário.
RF13	Realizar análise da validação da previsão em razão de 1.
RF14	Permitir com que o usuário entre com os dados de consumo energético.

Elaborado Pelo Autor.

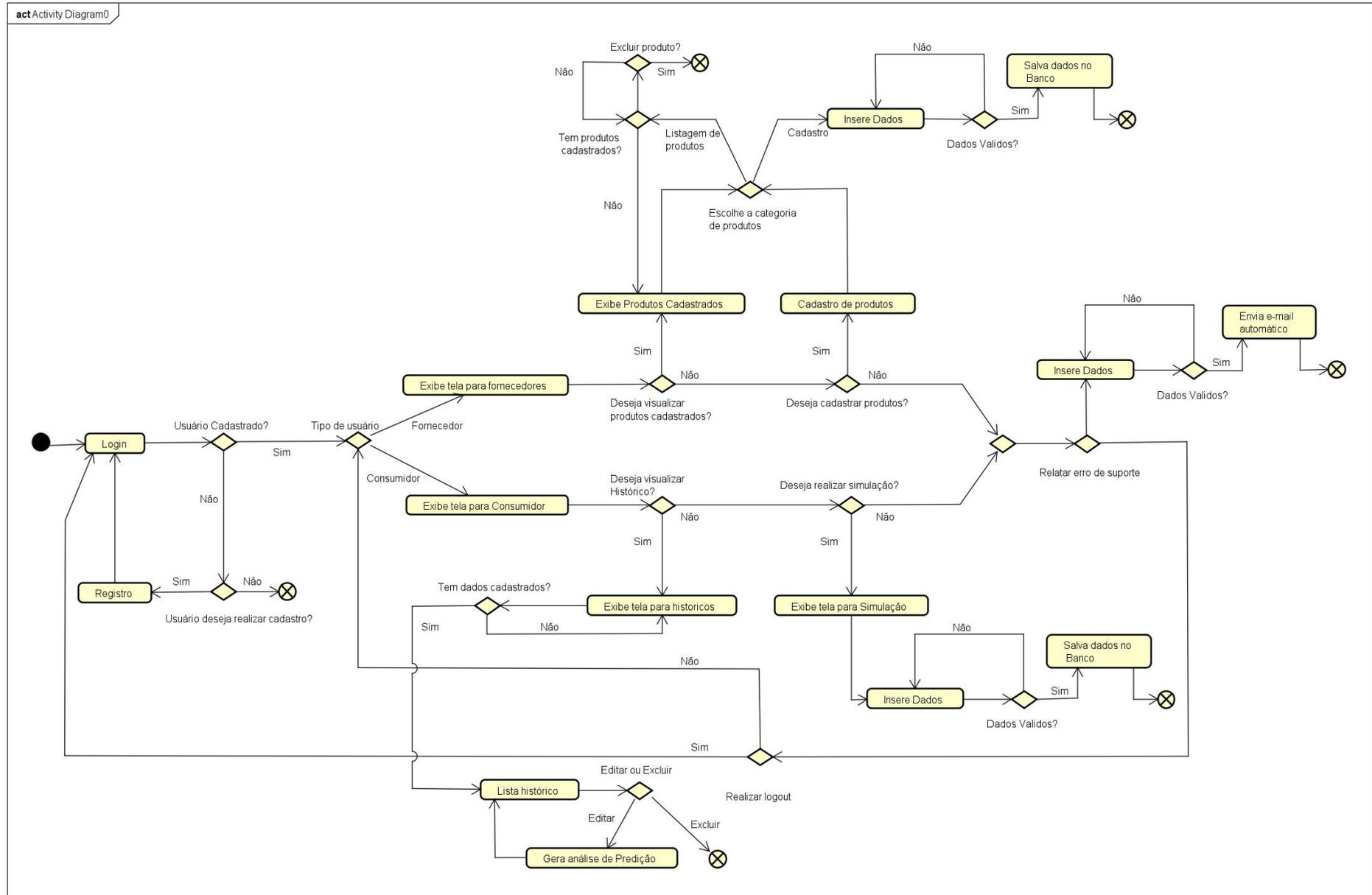
3.3 Modelagem

Nesta seção, são apresentados os principais diagramas utilizados na modelagem do sistema, essenciais para representar sua estrutura e comportamento. Esses diagramas auxiliam na compreensão da arquitetura do software, facilitando tanto o desenvolvimento quanto a comunicação entre os membros da equipe. Serão abordados o diagrama de classes, que descreve a estrutura estática do sistema; o diagrama de casos de uso, que ilustra as interações entre os usuários e o sistema; o diagrama de sequência, que detalha a troca de mensagens entre os componentes; o diagrama de atividades, que representa o fluxo de processos do sistema; e, por fim, o modelo do banco de dados, que indica como as informações estão organizadas e armazenadas. Cada um desses diagramas desempenha um papel fundamental no planejamento e implementação da aplicação, garantindo um desenvolvimento mais estruturado e eficiente.

3.3.1 Diagrama de atividades

O diagrama de atividades representado na Figura 11, sugere como ocorre o fluxo de navegação do programa e como ele se comporta ao realizar cada etapa dos módulos desenvolvidos no programa. Ilustrando desde o início da aplicação realizar o login, seguindo o fluxo onde o programa se divide em 2 fluxos devido aos 2 tipos de usuários. Onde para caso o usuário seja do tipo “Consumidor” ele realiza operações relacionadas a simulações, já nos casos em que o usuário seja do tipo “Fornecedor” ele seguirá o fluxo relacionado a operações de gestão de produtos. E por fim o ciclo desse fluxo se recomeça ao usuário acionar a opção de “Logout” em que ele é redirecionado ao começo em que é tratado processos de “Login”.

Figura 11 – Diagrama de Atividades.



Elaborado Pelo Autor.

3.3.2 Diagrama de Classes

O diagrama de classes representado na Figura 12 modela os principais elementos do sistema, fundamentando-se na análise de requisitos previamente definida. A modelagem das classes foi realizada com o objetivo de estruturar os componentes necessários para garantir a funcionalidade do sistema, refletindo as entidades e interações essenciais identificadas na etapa de levantamento de requisitos.

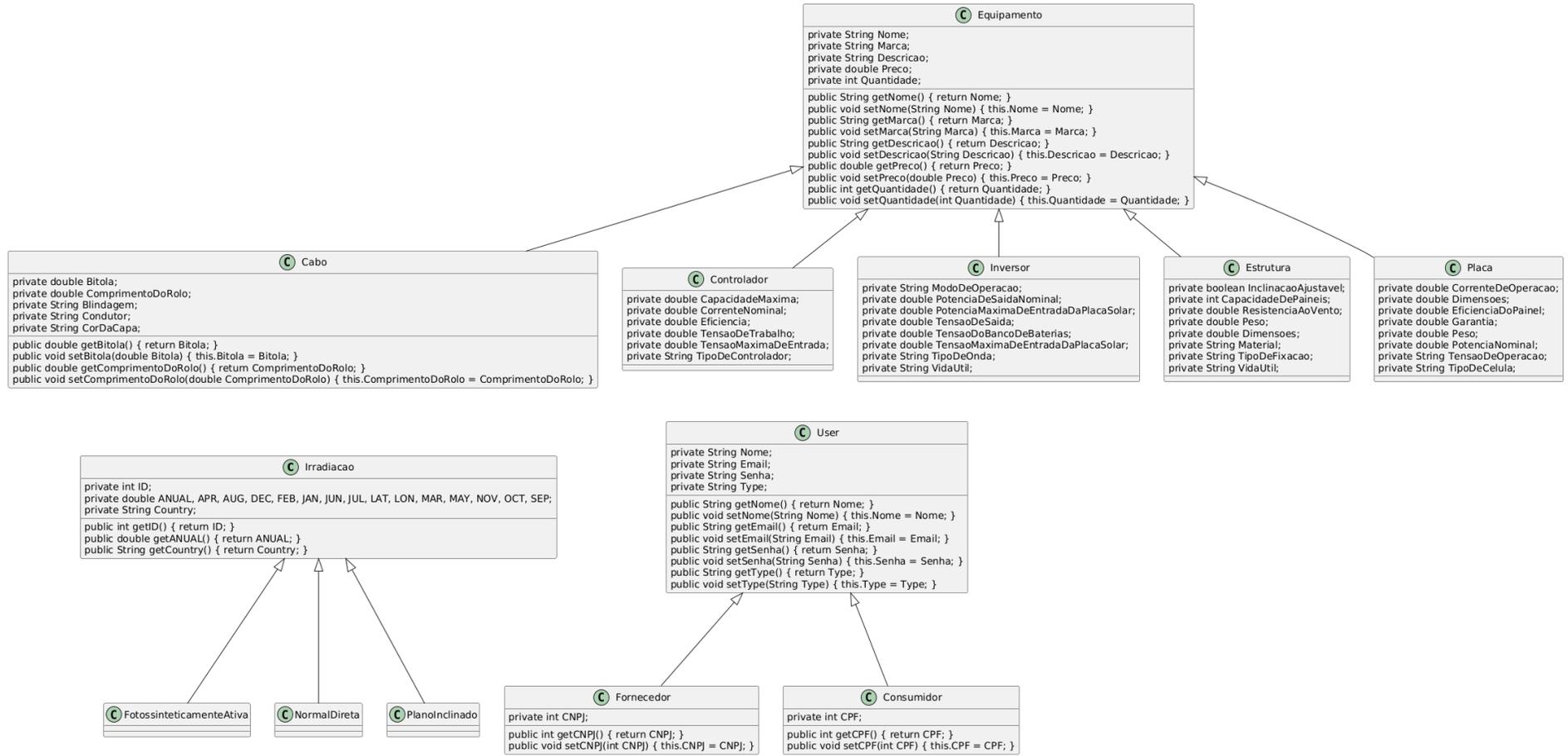
Cada classe no diagrama foi criada com base nas funcionalidades requeridas pelo sistema, conforme descrito a seguir onde está sendo listado as classes, a sua representatividade no sistema e os atributos que a ela pertencem:

- **User:** Representa a Superclasse de usuários do sistema, contendo atributos comuns entre os 2 tipos de usuários como Nome, E-mail, Senha e Tipo de usuário.;
- **Consumidor:** Subclasse de *User*, específica para usuários que realizarão simulações e consultarão orçamentos. Possui um atributo CPF para identificação única;
- **Fornecedor:** Outra subclasse de *User*, destinada a empresas que disponibilizam equipamentos na plataforma. Possui um atributo CNPJ para identificação da empresa;
- **Equipamento:** Superclasse que armazena informações genéricas sobre os equipamentos cadastrados, como Nome, Marca, Descrição, Preço e Quantidade;
- **Inversor:** Especialização de Equipamento, inclui atributos adicionais como Modo de Operação, Potência, Tensão de Entrada e Saída, além da vida útil do equipamento;
- **Controlador:** Também é uma especialização de Equipamento, contendo atributos como Capacidade Máxima, Corrente Nominal e Eficiência;
- **Estrutura:** Responsável por modelar a estrutura de suporte dos painéis, armazenando informações como material, tipo de fixação, resistência ao vento e vida útil;
- **Placa:** Representa os painéis solares disponíveis no sistema, contendo informações como corrente de operação, eficiência, potência nominal, tensão de operação e tipo de célula fotovoltaica;
- **Cabo:** Classe que representa os cabos elétricos, armazenando dados como bitola, comprimento do rolo, blindagem, tipo de condutor e cor da capa;
- **Irradiação:** Superclasse que modela os dados comuns de irradiação solar necessários para a simulação, incluindo atributos como localização (latitude e longitude), valores médios de irradiação para cada mês do ano e identificação do país;
- **Fotossinteticamente Ativa:** Categoriza a subclasse Fotossinteticamente Ativa;

- **Normal Direta:** Remete a subcategoria da irradiação, a Normal Direta;
- **Plano Inclinado:** Representa a subcategoria de irradiação chamada Plano Inclinado.

A presença dessas classes permite organizar os dados e operações do sistema de maneira estruturada, garantindo modularidade e facilidade na manutenção e evolução do código. A relação entre as classes reflete as interações entre os diferentes componentes da aplicação, conforme evidenciado na Figura 12.

Figura 12 – Diagrama de Classes.

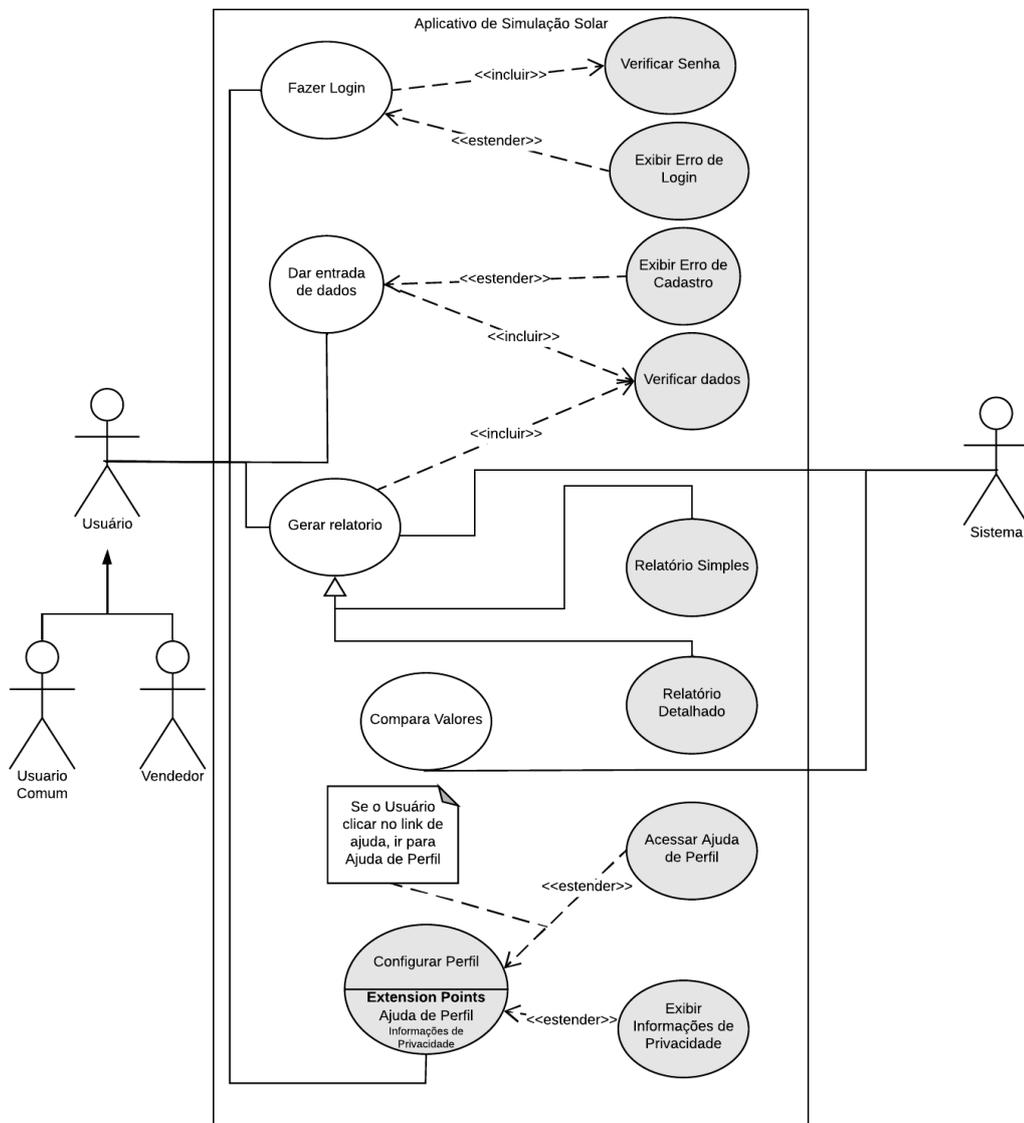


Elaborado Pelo Autor.

3.3.3 Diagrama de casos de uso

O diagrama de casos de uso na Figura 13 modela os requisitos funcionais do sistema, mostrando a interação entre usuários (“Usuário Comum” ou “Vendedor”) e o “Sistema”. Ações como “Fazer Login”, “Dar entrada de dados” e “Gerar relatório” possuem relações de inclusão (“«incluir»”) ou extensão (“«estender»”), como “Verificar Senha” (obrigatório) e “Exibir Erro de Login” (opcional). Relatórios podem ser “Simples” ou “Detalhados”, com funcionalidade de comparação de valores. Perfis incluem “Extension Points” para “Ajuda de Perfil” e “Informações de Privacidade”, acionados conforme a interação do usuário.

Figura 13 – Diagrama de casos de Uso.

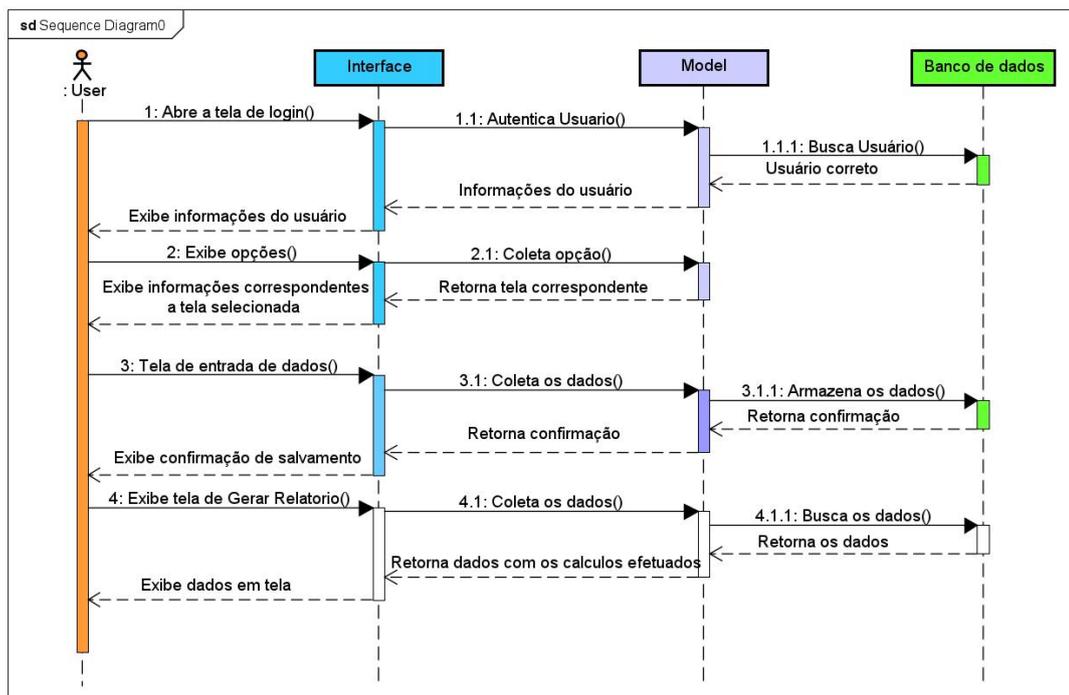


Elaborado Pelo Autor.

3.3.4 Diagrama de Sequência

O diagrama de sequência representado na Figura 14 tem a finalidade de indicar como as interações disparadas pelo usuário interagem com as outras partes do programa, a Interface, o Model e o banco de Dados ilustrando o fluxo dessas requisições. Esse diagrama de sequência ilustra a interação entre o usuário e o sistema em um fluxo linear que começa com a autenticação na interface de login “1. Abre a interface de login()”, seguida pela exibição de um menu de opções “2. Exibe opções()”. O usuário pode então acessar a interface de entrada de dados “3. Interface de entrada de dados()”, onde insere informações e recebe confirmação de salvamento, ou a interface de relatórios “4. Exibe interface de Gerar Relatório()”, que exibe dados processados. Os subprocessos detalhados “1.1.1: Busca Usuário()” e “3.1.1: Armazena os dados()” mostram etapas internas, como validação no banco de dados e armazenamento, enquanto a estrutura hierárquica $1 \rightarrow 1.1 \rightarrow 1.1.1$ organiza as ações em níveis de granularidade. O diagrama, embora útil para visualizar o fluxo principal, carece de tratamentos de erro e padronização na linguagem, limitando sua completude para documentação técnica.

Figura 14 – Diagrama de sequência.



Elaborado Pelo Autor.

3.3.5 Modelo do Banco de Dados

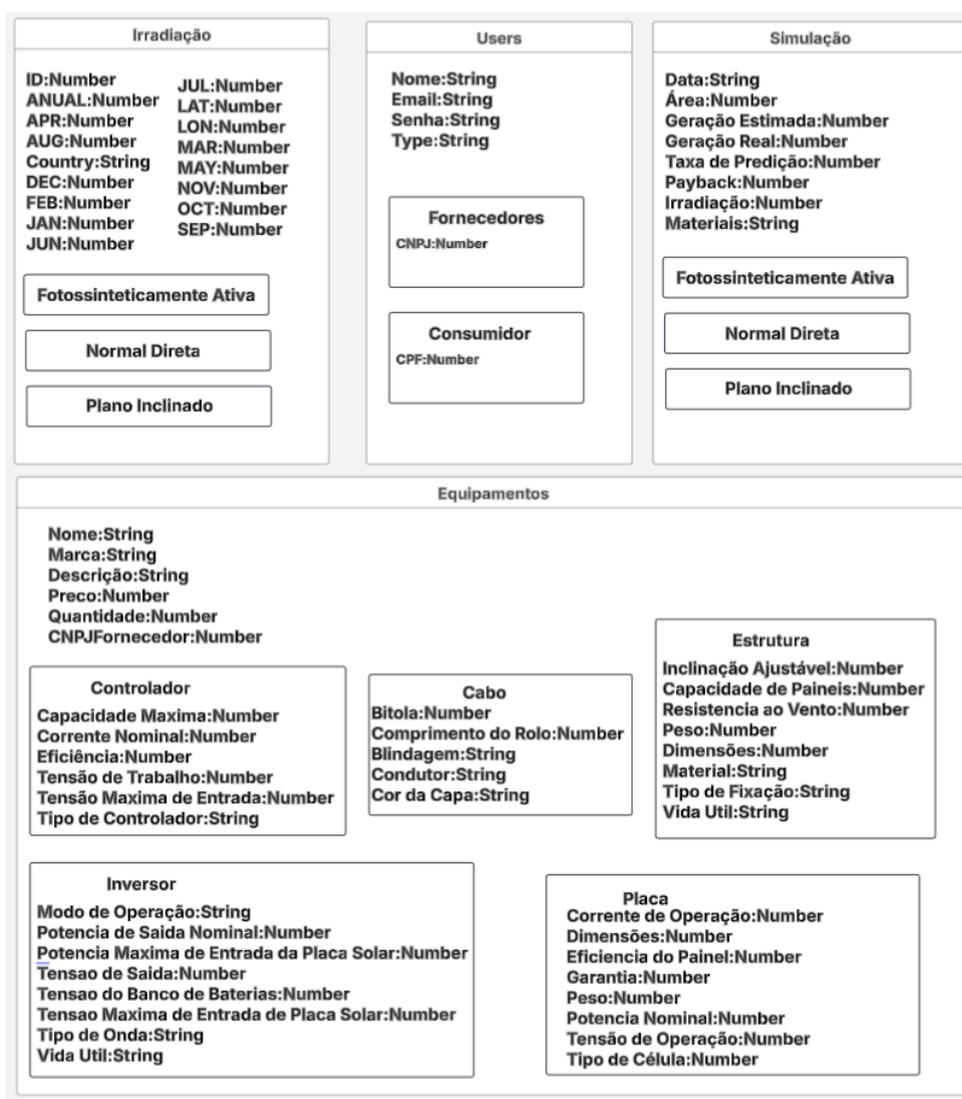
O banco de dados escolhido para a execução deste trabalho foi o Firebase, que é uma plataforma de desenvolvimento de aplicativos que oferece, entre outros serviços um banco de dados do tipo NoSQL. Diferente dos bancos de dados relacionais tradicionais,

que armazenam dados em tabelas com estruturas fixas e relações bem definidas, o Firebase utiliza um modelo não relacional, onde os dados são armazenados em formato de documentos ou pares de chave-valor.

Segundo [SI Robótica \(2014\)](#), essa abordagem permite uma modelagem de dados mais flexível, já que os campos não precisam seguir um esquema rígido. Em vez disso, os dados podem ser organizados de maneira dinâmica, adaptando-se às necessidades específicas da aplicação. Isso facilita a escalabilidade e o desenvolvimento ágil, especialmente em cenários onde a estrutura dos dados pode variar ou evoluir com o tempo. Além disso, o Firebase oferece integração em tempo real, o que é ideal para aplicações que exigem sincronização instantânea de dados entre dispositivos e usuários.

A Figura 15 ilustra a estrutura e a distribuição do banco de dados da aplicação, detalhando como os dados estão organizados e relacionados entre si.

Figura 15 – Modelo do Banco de Dados.



Elaborado Pelo Autor.

3.4 Dicionário de dados

A seguir, são apresentadas as tabelas do dicionário de dados, descrevendo os campos utilizados em cada uma delas. Essas tabelas foram subdivididas em grupos, estas tabelas fornecem informações sobre os atributos, seus tipos, tamanhos do campo e descrições, auxiliando no correto preenchimento e utilização dos dados no sistema.

3.4.1 Equipamentos

Os dicionários de dados a seguir correspondem ao conjunto de tabelas associadas ao grupo Equipamentos, conforme ilustrado na Figura 15. Eles detalham a estrutura e os atributos dessas tabelas, facilitando a compreensão e o correto preenchimento das informações no banco de dados.

A Tabela 7 apresenta o meio que os dados do tipo “Cabos”, são armazenados na base de dados evidenciando seu tamanho, tipo e Descrição do que é armazenado.

Tabela 7 – Dicionario de dados Tabela Cabos.

Nome	Tipo	Tamanho	Descrição
Nome	String	50	Nome do produto
Blindagem	String	50	Material de Blindagem do cabo
Categoria	String	15	Categoria do Produto
Condutor	String	50	Material condutor do Cabo
Cor	String	15	Cor da capa externa do Cabo
Descrição	String	100	Descrição genérica do produto
Bitola	Number	3	Espessura da bitola do fio em mm
Comprimento	Number	4	Comprimento do Rolo
Preço	Number	6	Preço unitário do Equipamento
Quantidade	Number	6	Quantidade em Estoque do produto

Elaborado Pelo Autor.

A Tabela 8 traz uma representação de como os dados do tipo “Inversores” são armazenados. Instruindo em caso de duvidas como deve ser preenchido cada campo em si deste tipo.

Tabela 8 – Dicionário de dados Tabela Inversores.

Nome	Tipo	Tamanho	Descrição
Modo de Operação	String	30	Tipo de funcionamento do inversor
Nome	String	50	Nome do produto
Potência de Saída Nominal	Number	10	Potência de saída padrão
Categoria	String	15	Categoria do produto
Potência Máxima de Entrada	Number	10	Capacidade máxima de entrada

Tensão de Saída	Number	10	Faixa de tensão de saída
Tensão no Banco de Baterias	Number	10	Tensão suportada pelas baterias
Tensão Máxima de Entrada	Number	10	Maior tensão admissível na entrada
Tipo de Onda	String	25	Formato da onda elétrica gerada
Vida Útil	Number	10	Tempo estimado de funcionamento
Descrição	String	100	Descrição geral do produto
Preço	Number	6	Valor unitário do produto
Quantidade	Number	6	Estoque disponível

Elaborado Pelo Autor.

A Tabela 9 tem a finalidade de representar por meio das colunas: Nome, Tipo, Tamanho e Descrição dos dados da tabela “Controladores”. Assim instruindo para um preenchimento correto dos seguintes campos no programa.

Tabela 9 – Dicionário de dados da Tabela Controladores.

Nome	Tipo	Tamanho	Descrição
Capacidade Máxima	Number	10	Capacidade máxima de carga suportada pelo controlador (em watts ou amperes).
Nome	String	50	Nome do produto ou modelo do controlador.
Corrente Nominal	Number	10	Corrente elétrica nominal suportada pelo controlador (em amperes).
Categoria	String	15	Categoria do produto, como “Controlador de Carga”, “Controlador PWM”, etc.
Eficiência	Number	6	Eficiência energética do controlador (em porcentagem).
Tensão de Trabalho	Number	10	Faixa de tensão elétrica de operação do controlador (em volts).
Tensão Máxima de Entrada	Number	10	Tensão máxima suportada na entrada do controlador (em volts).
Tipo	String	30	Tipo de controlador, como “MPPT”, “PWM”, “Híbrido”, etc.
Descrição	String	100	Descrição genérica do produto, incluindo características principais.
Preço	Number	6	Preço unitário do equipamento (em moeda local).
Quantidade	Number	6	Quantidade disponível em estoque do produto.

Elaborado Pelo Autor.

A Tabela 10 auxilia como o cadastro de um dado do tipo “Placa” deve ser armaze-

nado no banco de dados no momento do cadastro. As colunas Nome, Tipo, Tamanho e Descrição fornecem informações valiosas sobre como preencher corretamente cada uma das colunas.

Tabela 10 – Dicionário de dados Tabela Placas.

Nome	Tipo	Tamanho	Descrição
Corrente de Operação	Number	10	Corrente elétrica em funcionamento
Nome	String	50	Nome do produto
Categoria	String	15	Categoria do produto
Dimensões	Number	4	Medidas do produto
Eficiência	Number	6	Rendimento energético
Garantia	Number	3	Período de garantia em Anos
Peso	Number	5	Massa do produto em KG
Potência Nominal	Number	10	Potência máxima gerada
Tensão de Operação	Number	10	Faixa de tensão de trabalho
Tipo de Célula	String	50	Tecnologia das células fotovoltaicas
Descrição	String	100	Descrição geral do produto
Preço	Number	6	Valor unitário do produto
Quantidade	Number	6	Estoque disponível

Elaborado Pelo Autor.

A Tabela 11 explicita cada um dos atributos do tipo “Estrutura” devem ser preenchidos servindo assim como um guia tanto de preenchimento como também um guia de leitura dos dados.

Tabela 11 – Dicionário de dados Tabela Estruturas.

Nome	Tipo	Tamanho	Descrição
Inclinação Ajustável	Number	5	Ângulo de ajuste da estrutura
Nome	String	50	Nome do produto
Capacidade de Paineis	Number	5	Número máximo de painéis suportados
Categoria	String	15	Categoria do produto
Resistência ao Vento	String	20	Suporte a rajadas de vento
Peso	Number	5	Massa da estrutura
Dimensões	Number	5	Medidas da estrutura
Material	String	30	Composição do produto
Tipo de Fixação	String	30	Método de fixação no local
Vida Útil	String	30	Tempo estimado de uso
Descrição	String	100	Descrição geral do produto
Preço	Number	6	Valor unitário do produto
Quantidade	Number	6	Estoque disponível

Elaborado Pelo Autor.

3.4.2 Users

Os dicionários de dados apresentados a seguir têm a finalidade de orientar o preenchimento das informações no banco de dados para o grupo *Users*, que se divide em dois subtipos: Fornecedor e Consumidor. Eles detalham a estrutura e as características dos campos associados a cada subtipo, garantindo um correto armazenamento e interpretação dos dados.

A Tabela 12 tem descreve o Nome, Tipo, Tamanho e Descrição dos dados da tabela de Fornecedores. Guiando para um preenchimento correto dos seguintes campos no programa.

Tabela 12 – Dicionario de dados Tabela Fornecedores.

Nome	Tipo	Tamanho	Descrição
E-mail	String	3	E-mail do Fornecedor
Nome	String	50	Nome do Fornecedor
Senha	String	50	Senha do Fornecedor
Type	String	15	Tipo do Fornecedor
CNPJ	String	18	CPF do Fornecedor

Elaborado Pelo Autor.

A Tabela 13 tem descreve os dados da tabela “Consumidor”. Assim instruindo para um preenchimento correto dos seguintes campos no programa e auxiliando no cadastro de usuários do tipo Consumidor.

Tabela 13 – Dicionario de dados Tabela Consumidores

Nome	Tipo	Tamanho	Descrição
E-mail	String	3	E-mail do Consumidor
Nome	String	50	Nome do Consumidor
Senha	String	50	Senha do Consumidor
Type	String	15	Tipo do Usuário
CPF	String	14	CPF do Consumidor

Elaborado Pelo Autor.

3.4.3 Irradiação Solar

Os dicionários de dados a seguir têm como objetivo descrever os atributos relacionados à Irradiação Solar presentes na base de dados. Eles fornecem detalhes sobre cada campo armazenado, incluindo seu nome, tipo, tamanho e descrição, permitindo uma melhor compreensão e utilização das informações.

A Tabela 14 especifica os dados referentes à Irradiação Solar Fotossinteticamente Ativa. Ela detalha os atributos dessa tabela, explicando seu significado e características,

auxiliando na correta compreensão dos valores armazenados e sua aplicação em análises e cálculos.

Tabela 14 – Dicionário de dados Tabela Fotossinteticamente Ativa.

Nome	Tipo	Tamanho	Descrição
Country	String	6	País em que os dados de irradiação representam
ID	Number	6	ID da irradiação
Annual	Number	15	Irradiação média Anual
JAN	Number	15	Irradiação média do Mês de Janeiro
FEB	Number	15	Irradiação média do Mês de Fevereiro
MAR	Number	15	Irradiação média do Mês de Março
APR	Number	15	Irradiação média do Mês de Abril
MAY	Number	15	Irradiação média do Mês de Maio
JUN	Number	15	Irradiação média do Mês de Junho
JUL	Number	15	Irradiação média do Mês de Julho
AUG	Number	15	Irradiação média do Mês de Agosto
SEP	Number	15	Irradiação média do Mês de Setembro
OCT	Number	15	Irradiação média do Mês de Outubro
NOV	Number	15	Irradiação média do Mês de Novembro
DEC	Number	15	Irradiação média do Mês de Dezembro
LAT	Number	15	Latitude em Graus
LON	Number	15	Longitude em Graus

A Tabela 15 descreve a estrutura e os atributos relacionados à Irradiação Solar Normal Direta, fornecendo informações essenciais sobre cada campo. Esse dicionário esclarece o significado, o formato e as restrições dos dados armazenados, facilitando a interpretação e uso adequado em simulações, projetos e avaliações técnicas.

Tabela 15 – Dicionário de dados Tabela Plano Inclinado.

Nome	Tipo	Tamanho	Descrição
Country	String	6	País em que os dados de irradiação representam
ID	Number	6	ID da irradiação
Annual	Number	15	Irradiação média Anual
JAN	Number	15	Irradiação média do Mês de Janeiro
FEB	Number	15	Irradiação média do Mês de Fevereiro
MAR	Number	15	Irradiação média do Mês de Março
APR	Number	15	Irradiação média do Mês de Abril
MAY	Number	15	Irradiação média do Mês de Maio
JUN	Number	15	Irradiação média do Mês de Junho
JUL	Number	15	Irradiação média do Mês de Julho
AUG	Number	15	Irradiação média do Mês de Agosto
SEP	Number	15	Irradiação média do Mês de Setembro

OCT	Number	15	Irradiação média do Mês de Outubro
NOV	Number	15	Irradiação média do Mês de Novembro
DEC	Number	15	Irradiação média do Mês de Dezembro
LAT	Number	15	Latitude em Graus
LON	Number	15	Longitude em Graus

Elaborado Pelo Autor.

A Tabela 16 especifica os dados referentes à Irradiação Solar Normal Direta. Ela detalha os atributos dessa tabela, explicando seu significado e características, auxiliando na correta compreensão dos valores armazenados e sua aplicação em análises e cálculos.

Tabela 16 – Dicionario de dados Tabela Normal Direta.

Nome	Tipo	Tamanho	Descrição
Country	String	6	País em que os dados de irradiação representam
ID	Number	6	ID da irradiação
Anual	Number	15	Irradiação média Anual
JAN	Number	15	Irradiação média do Mês de Janeiro
FEB	Number	15	Irradiação média do Mês de Fevereiro
MAR	Number	15	Irradiação média do Mês de Março
APR	Number	15	Irradiação média do Mês de Abril
MAY	Number	15	Irradiação média do Mês de Maio
JUN	Number	15	Irradiação média do Mês de Junho
JUL	Number	15	Irradiação média do Mês de Julho
AUG	Number	15	Irradiação média do Mês de Agosto
SEP	Number	15	Irradiação média do Mês de Setembro
OCT	Number	15	Irradiação média do Mês de Outubro
NOV	Number	15	Irradiação média do Mês de Novembro
DEC	Number	15	Irradiação média do Mês de Dezembro
LAT	Number	15	Latitude em Graus
LON	Number	15	Longitude em Graus

Elaborado Pelo Autor.

3.5 Protótipos de Interfaces

Nesta seção, são apresentados os protótipos das principais interfaces do sistema, ilustrando a interface e as funcionalidades disponíveis para os usuários. Cada uma das figuras representa um aspecto específico da experiência do usuário, desde o registro e login até a simulação e suporte.

3.5.1 Interface de Registro

A interface de registro, representada na Figura 16 possibilita o cadastro de novos usuários no sistema mediante o fornecimento de informações essenciais como nome, e-mail, CPF e senha. Esse processo assegura a autenticação segura, armazenando os dados no banco de dados para posterior validação na interface de login (Figura 17), que permite o acesso aos recursos da plataforma.

Figura 16 – Protótipo de interface de Registro de Usuário.



Elaborado Pelo Autor.

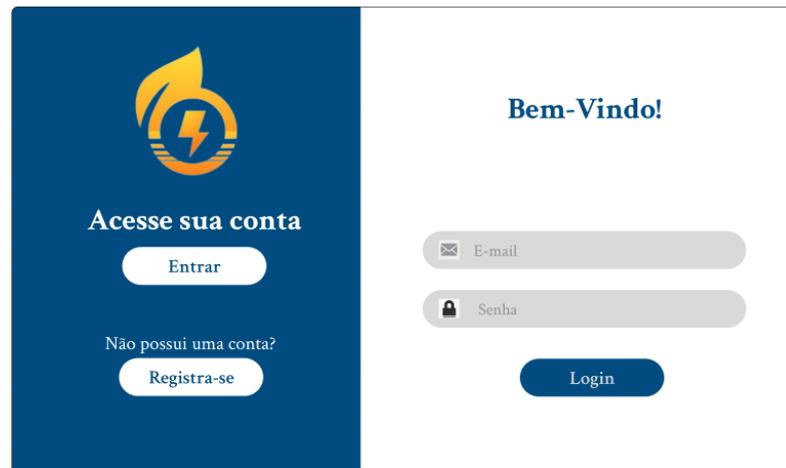
3.5.2 Interface de Login

A interface de login apresentada na Figura 17 permite que usuários cadastrados acessem a plataforma por meio de suas credenciais previamente já cadastradas por meio da interface de registro (Figura 16). O sistema deve validar os dados inseridos e, em caso de erro, exibe mensagens apropriadas para orientar o usuário.

3.5.3 Interface de Home

A interface inicial ilustrada por meio da Figura 18 do sistema exibe um resumo das funcionalidades principais, oferecendo um acesso rápido às seções por meio da barra de navegação no topo da página onde ao selecionar uma das opções o usuário é redirecionado a interface relacionada aquela funcionalidade.

Figura 17 – Protótipo de interface de Login de Usuário.



Elaborado Pelo Autor.

Figura 18 – Protótipo de interface de Home.

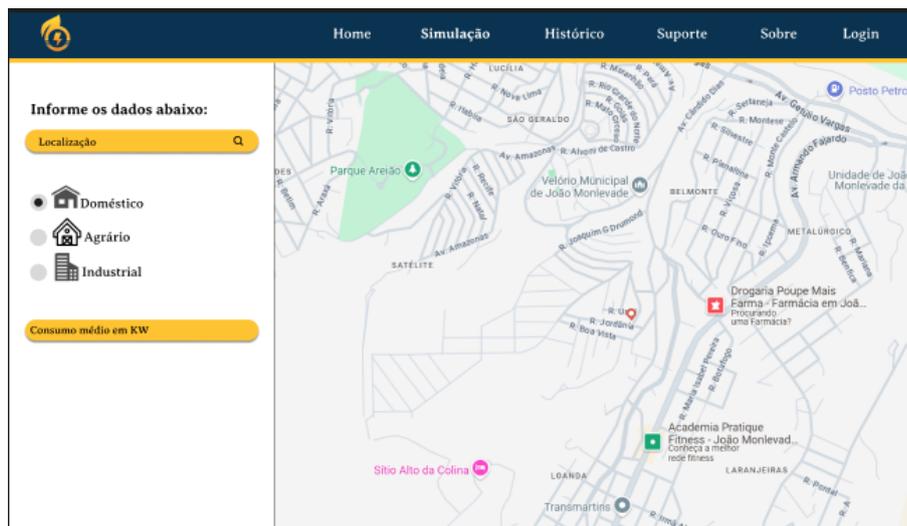


Elaborado Pelo Autor.

3.5.4 Interface de Simulação I

A interface representada pela Figura 19 de simulação permite que os usuários realizem cálculos e previsões com base em dados inseridos. Os usuários preenchem os campos “Localização”, “Tipo de Uso” e “Consumo”. Com esses dados preenchidos corretamente é realizado a simulação do dimensionamento do sistema fotovoltaico. Esse recurso é fundamental para a análise de cenários e tomada de decisões informadas.

Figura 19 – Protótipo de interface de Simulação I.



Elaborado Pelo Autor.

3.5.5 Interface de Simulação II

A Figura 20 é uma continuação da funcionalidade de simulação, permitindo que os usuários refinem seus cálculos e ajustem os parâmetros conforme necessário para obter resultados mais precisos. Também é uma primeira visualização dos resultados obtidos pelos calculos, resultados estes que irão para a interface de Historico.

Figura 20 – Protótipo de interface de Simulação II.



Elaborado Pelo Autor.

3.5.6 Interface de Histórico de Simulações

A Figura 21 representa a interface de histórico armazena as simulações realizadas pelos usuários, permitindo que eles revisem cálculos anteriores e comparem resultados para

melhor acompanhamento. Além disso é fundamental para que o usuário possa realizar a análise de previsão e possa gerenciar suas simulações podendo excluir as que desejarem.

Figura 21 – Protótipo de interface de Histórico de Simulações.



Elaborado Pelo Autor.

3.5.7 Interface de Suporte

A interface representada na Figura 22 de suporte fornece um canal direto para os usuários entrarem em contato com a equipe responsável, garantindo que dúvidas e problemas sejam resolvidos de maneira eficiente.

Figura 22 – Protótipo de interface de Suporte.



Elaborado Pelo Autor.

3.6 Implementação

Nesta seção, são detalhadas as etapas de implementação da aplicação proposta, abordando desde a escolha das arquiteturas de software e de rede até mesmo sobre as camadas da aplicação.

3.6.1 Arquitetura de Software (Monolítica)

De acordo com [Zappts \(2025\)](#) a arquitetura monolítica é um modelo de desenvolvimento no qual a aplicação é construída como uma única estrutura unificada. Nesse formato, todos os componentes (incluindo a interface do usuário, a lógica de negócios e o acesso a dados) estão integrados e operam de maneira interdependente dentro de um único ambiente de execução. Esse tipo de arquitetura é caracterizado por sua simplicidade na implementação e implantação, mas pode apresentar desafios à medida que a aplicação cresce e se torna mais complexa. A Tabela 17 apresenta as vantagens e desvantagens sobre o uso dessa arquitetura de rede em uma aplicação.

Tabela 17 – Vantagens e Desvantagens da Arquitetura Monolítica.

Vantagens	Desvantagens
Simplicidade Inicial.	Dependência Tecnológica.
Facilidade de Desenvolvimento.	Implantação Rígida.
Desempenho Interno.	Manutenção Complexa.
-	Escalabilidade Limitada.

Fonte: [Zappts \(2025\)](#).

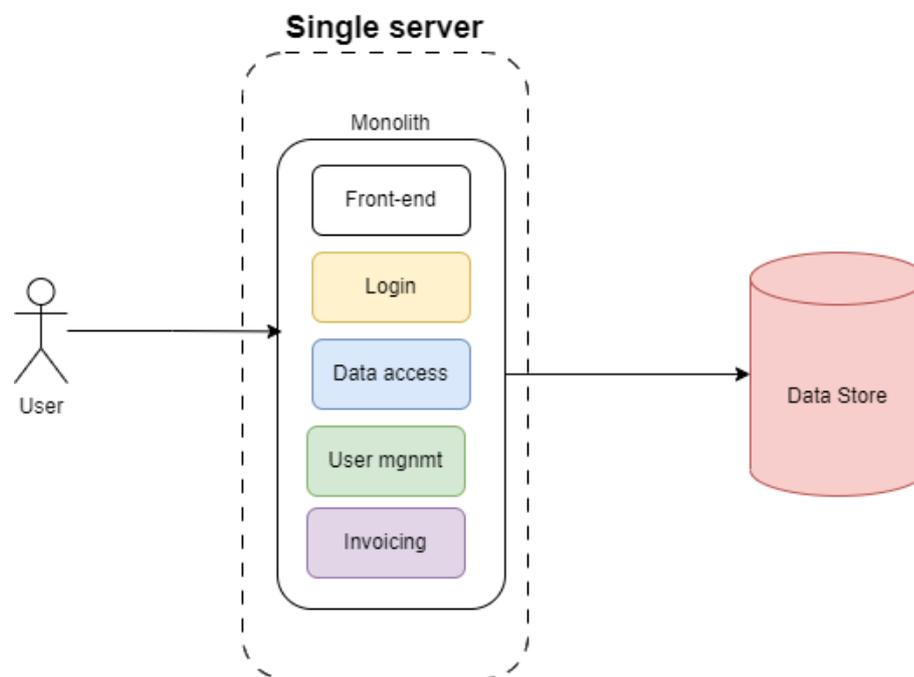
A Figura 23 apresenta uma representação gráfica detalhada da arquitetura monolítica em contexto prático, ilustrando como todos os componentes do sistema, incluindo interface de usuário, lógica de negócios e acesso a dados, são integrados em uma única unidade de implementação. Onde o único item de acesso externo seria a base de dados que seria acessada via API's.

Nesta abordagem para o caso do *Solar Simulator*, a pasta app é responsável por armazenar os códigos da aplicação, incluindo tanto o *front-end*, localizado na pasta pages, quanto o *back-end*, na pasta api. Ambos os componentes estão no mesmo diretório e são executados em uma única porta, eliminando a necessidade de iniciar a aplicação em partes separadas.

3.6.2 Arquitetura de Rede (Cliente-Servidor)

A arquitetura proposta neste trabalho adota o padrão cliente-servidor, segundo [IBM \(2023\)](#), a arquitetura cliente-servidor caracteriza-se por um modelo de comunicação distribuída em que um sistema (cliente) requisita serviços a outro sistema (servidor), que

Figura 23 – Representação em diagrama da arquitetura Monolítica



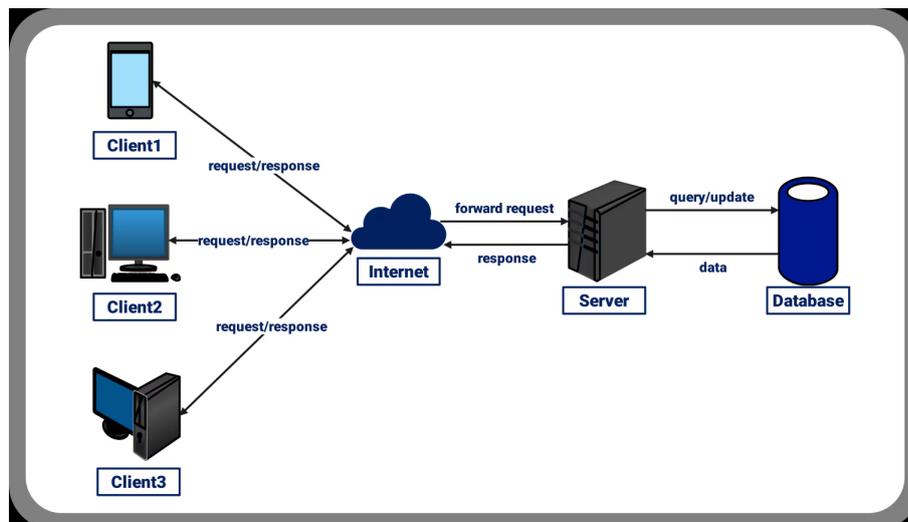
Fonte: [Camunda \(2023\)](#).

os fornece e retorna as respostas correspondentes. O cliente, representado pela interface gráfica web, captura as requisições dos usuários finais e as transmite via protocolo HTTP ao servidor de aplicação. Este último, por sua vez, constitui o núcleo processador do sistema, responsável pela execução dos algoritmos de simulação e gestão das operações com o banco de dados.

Conforme ilustrado na Figura 24, o fluxo operacional segue um padrão bem definido em três etapas sequenciais: primeiro os clientes (representados esquematicamente por "Client1", "Client2" e "Client3") iniciam a interação enviando requisições à camada servidora; em seguida o servidor ("Server") processa as solicitações, acessando quando necessário os dados persistentes por meio de queries otimizadas; e (3) os resultados são retornados aos usuários mediante mecanismos assíncronos baseados em *Promises*, que garantem que as respostas cheguem até o usuário. Esta abordagem arquitetural assegura tanto a escalabilidade horizontal do sistema quanto a consistência dos dados transacionais.

A aplicação *Solar Simulator* segue o este modelo, pois conecta o usuário por meio do *front-end*, localizado na pasta *pages* dentro do diretório apresentado na Figura ???. O *front-end* envia requisições à aplicação no servidor, que, por meio da API, se comunica com o banco de dados *Firebase*. Os dados retornados pelo banco são processados pelo servidor e enviados de volta ao cliente.

Figura 24 – Diagrama referente à Arquitetura Cliente Servidor.



Fonte: [EdrawMax \(2023\)](#).

3.6.3 Camada de Apresentação (Front-end)

Essa camada da aplicação é responsável por conter os atributos da interface, renderizá-los e gerenciar a interação com o usuário. A interface é subdividida em outras camadas, como a de componentes, que armazena elementos reutilizáveis para aperfeiçoar o programa, e a camada de páginas, que organiza as páginas principais e suas respectivas funcionalidades. Como o *Next.js* é utilizado, é nessa pasta que se encontram os diretórios de navegação, assegurando a estrutura e a funcionalidade da aplicação.

3.6.4 Camada de Acesso a Dados (Back-end/API)

A camada de *Back-end* é responsável por criar todos os *endpoints* internos necessários para que a aplicação realize consultas na base de dados de maneira eficiente. Ela atua como intermediária entre as instruções fornecidas pelo usuário, por meio da interface, e a base de dados da aplicação. Essa camada desenvolve os métodos que recebem requisições HTTP, processam os dados e retornam respostas no formato JSON. Além disso, pode incluir controladores e serviços para organizar a lógica, facilitando a interpretação e manipulação dos dados provenientes do banco de dados.

3.6.5 Camada de Lógica de Negócio (Serviço)

A camada de serviços desempenha um papel crucial ao processar as regras de negócio, realizar validações e coordenar fluxos internos. Ela também gerencia a configuração de tecnologias externas, garantindo a integração e o funcionamento adequado da aplicação. Entre suas funcionalidades, está a realização de chamadas para APIs externas, abstração e manipulação de dados antes de enviá-los ao *front-end*, além da configuração e administração

de bancos de dados. Além disso, essa camada pode incluir a implementação de *middlewares*, controle de autenticação e autorização, bem como a integração com serviços de terceiros, consolidando a robustez e a segurança da aplicação.

3.6.6 Camada de Recursos Estáticos

Essa camada é encarregada de armazenar todos os arquivos estáticos, como imagens e ícones, que são diretamente acessíveis pelo *front-end*. Essa estruturação simplifica o acesso por meio da interface, garantindo maior eficiência na utilização desses recursos e contribuindo para uma melhor experiência do usuário.

3.7 Testes

A estratégia de testes teve início com a avaliação das APIs, priorizando os cenários de criação e autenticação de usuários diretamente no ambiente de produção. Essa abordagem visava assegurar, desde as primeiras etapas, a eficácia das chamadas de API e a integridade da conexão com o banco de dados. Ao validar esses componentes críticos inicialmente, a equipe pôde estabelecer uma base confiável para o funcionamento de todas as demais funcionalidades do sistema. O teste inicial serviu como um checkpoint essencial, permitindo verificar não apenas a comunicação entre serviços, mas também a robustez da infraestrutura em condições reais de operação.

3.7.1 Testes Iniciais de API

A validação foi realizada por meio de chamadas à API, garantindo que os dados dos usuários fossem corretamente armazenados e recuperados da tabela de usuários. Durante essa fase, foram verificadas funcionalidades essenciais, como:

- **Cadastro de Usuários:** Testes para garantir que novos usuários pudessem ser criados com os dados corretos e armazenados corretamente no banco de dados;
- **Autenticação e Login:** Testes de autenticação verificando a validação de credenciais e o armazenamento seguro de tokens de acesso;
- **Gerenciamento de Sessão:** Testes para confirmar se as sessões dos usuários eram mantidas corretamente, permitindo ações autenticadas na plataforma.

3.7.2 Testes de Integração com o Google Maps API

Após a autenticação, os testes focaram na integração do mapa interativo via Google Maps API. O objetivo era permitir que o usuário selecionasse sua localização no momento da simulação. Para isso, foram validadas as seguintes funcionalidades:

- **Exibição do Mapa:** Testes para garantir que o mapa fosse renderizado corretamente na interface do usuário;
- **Detecção da Localização do Navegador:** Verificação da funcionalidade de captura automática das coordenadas geográficas do usuário;
- **Interação com o Mapa:** Testes de usabilidade para assegurar que o usuário pudesse selecionar manualmente a localização desejada para a simulação;
- **Conversão de Coordenadas:** Validação da conversão das coordenadas selecionadas para um formato adequado ao banco de dados da aplicação.

3.7.3 Testes da Simulação Fotovoltaica

Com os dados geográficos devidamente capturados, os testes passaram a validar a simulação fotovoltaica. Inicialmente, valores pré-definidos foram utilizados para os equipamentos, permitindo que a simulação de custos e materiais necessários fosse testada de maneira controlada. Nesta fase, os seguintes aspectos foram analisados:

- **Entrada de Dados:** Verificação da correta inserção de valores informados pelo usuário;
- **Cálculo de Consumo e Dimensionamento:** Para se ter uma noção da geração diária de uma placa, testes foram realizados para garantir que os cálculos de consumo energético conforme a equação a seguir

$$G_{\text{diária}} = P_{\text{nominal}} \times I_{\text{diária}} \times E_{\text{placa}}, \quad (3.1)$$

em que $G_{\text{diária}}$ é a geração diária, P_{nominal} é a potência nominal, $I_{\text{diária}}$ é a irradiação diária e E_{placa} é a eficiência da placa;

- **Listagem de Equipamentos:** Validação da exibição correta dos equipamentos necessários para o sistema fotovoltaico;
- **Cálculo de Custos:** Testes para assegurar que os valores exibidos correspondiam aos preços estabelecidos no banco de dados.

3.7.4 Testes da Funcionalidade de Cadastro de Equipamentos por Fornecedores

Com a simulação funcionando corretamente, iniciou-se a fase de testes para a funcionalidade que permite que fornecedores cadastrados disponibilizem seus equipamentos para serem utilizados na simulação. Foram validadas as seguintes funções:

- **Cadastro de Equipamentos:** Testes para garantir que fornecedores pudessem cadastrar seus produtos com as especificações corretas;

- **Disponibilização dos Equipamentos na Simulação:** Verificação de que os produtos cadastrados eram corretamente listados como opções na simulação;
- **Critério de Seleção de Equipamentos:** Testes para assegurar que a simulação considerava o melhor custo-benefício na escolha dos equipamentos, levando em conta variáveis como eficiência, potência e preço.

3.7.5 Teste de Histórico de Simulações

Com as simulações operando corretamente e priorizando sempre os equipamentos que oferecem o melhor custo-benefício, os testes passaram a se concentrar no histórico de simulações. O objetivo era garantir que apenas as simulações realizadas pelo usuário logado fossem exibidas, assegurando a integridade e a privacidade dos dados. Essa abordagem permitiu validar não apenas a funcionalidade do sistema, mas também a correta segmentação e segurança das informações, garantindo que cada usuário tenha acesso exclusivo ao seu próprio histórico.

A realização desses testes foi essencial para garantir a estabilidade, funcionalidade e confiabilidade da aplicação. A cada nova funcionalidade implementada, foram conduzidos testes rigorosos para verificar sua eficácia e evitar possíveis falhas. Com a plataforma operando em ambiente de produção na Vercel, os testes contínuos asseguram que a experiência do usuário seja aprimorada constantemente, garantindo maior precisão nos cálculos e eficiência na simulação fotovoltaica.

3.8 Versionamento

O meio de versionamento utilizado foi a plataforma GitHub onde. A pasta `app` engloba toda a estrutura da aplicação, abrangendo desde a criação de páginas, definição de rotas e integrações com chamadas de API, entre outros elementos essenciais para o funcionamento do sistema. Por sua vez, a pasta `prototipos` armazena as capturas de interface dos protótipos das interfaces da aplicação, servindo como referência visual para o desenvolvimento. Já a pasta `public` concentra os recursos de domínio público, como imagens e arquivos estáticos, que são acessíveis de maneira ampla e utilizados em diferentes contextos da aplicação. Essa organização facilita a manutenção e a escalabilidade do projeto.

3.9 Considerações Finais

O desenvolvimento da aplicação descrita neste capítulo envolveu uma série de etapas fundamentais para garantir a eficiência, flexibilidade e robustez da solução proposta. Desde a seleção das tecnologias até a modelagem detalhada do sistema, cada decisão tomada teve impacto direto na qualidade e usabilidade da plataforma.

A escolha do *Next.js* como *framework* principal se mostrou a ideal, pois possibilitou uma integração fluida entre as camadas *frontend* e *backend*, permitindo uma experiência de desenvolvimento coesa e ágil ainda mais devido ao fato da arquitetura utilizada ter sido a monolítica. A utilização do *TypeScript* contribuiu significativamente para a segurança e manutenção do código, enquanto o uso do *Firebase* proporcionou um armazenamento de dados escalável e sincronizado em tempo real. No entanto, desafios foram encontrados, como a curva de aprendizado associada ao *Firebase* e a adaptação das regras de negócio ao seu modelo *NoSQL*.

A modelagem do sistema desempenhou um papel crucial para a organização e planejamento da implementação. Diagramas de classes, casos de uso, sequência e atividades forneceram uma visão abrangente da estrutura do sistema, permitindo a antecipação de possíveis problemas e a definição de estratégias para mitigá-los. Entretanto, a necessidade de ajustes ao longo do desenvolvimento revelou que algumas decisões iniciais poderiam ter sido refinadas, sugere a importância da iteração contínua no processo de modelagem.

Os protótipos de interface foram fundamentais para garantir uma experiência do usuário intuitiva e funcional. A validação das interfaces possibilitou a identificação de melhorias na navegação e na disposição das informações, resultando em uma interface mais acessível e eficiente. Contudo, a implementação de algumas funcionalidades exigiu adaptações no design original, evidenciando a necessidade de maior alinhamento entre a prototipagem e a fase de desenvolvimento.

O modelo de banco de dados baseado no *Firebase* indicou ser adequado para a proposta do projeto, permitindo armazenamento e recuperação de informações de maneira ágil e confiável. A sincronização em tempo real foi um diferencial positivo, principalmente para simulações dinâmicas, mas a estrutura do *NoSQL* exigiu adaptações na organização dos dados e na implementação de consultas mais complexas.

Ao longo da implementação, foram enfrentados desafios como a integração das APIs com a base de dados, a adaptação da lógica de negócio à estrutura modular do sistema e a otimização do desempenho da aplicação. Cada obstáculo superado resultou em melhorias tanto no produto final quanto de aprendizado, reforçando a importância da experimentação e da adaptação contínua.

Constata-se que o desenvolvimento da aplicação atende aos requisitos definidos, resultando em uma ferramenta funcional e acessível para o dimensionamento e a análise de viabilidade econômica de usinas fotovoltaicas. Apesar dos desafios enfrentados durante o processo, a solução demonstra grande potencial para futuras melhorias e expansões, como a incorporação de novos modelos de financiamento, o aperfeiçoamento das métricas de análise e a integração com bases de dados mais completas e atualizadas.

4 Resultados

O presente capítulo tem como objetivo apresentar o produto final resultante da implementação do sistema desenvolvido, seguindo as informações contidas no capítulo anterior (Capítulo 3), na qual foram detalhados os aspectos de planejamento e estruturação das funcionalidades. Nesta seção, estão os resultados na prática desses elementos por meio das interfaces gráficas implementadas e seus respectivos fluxos de interação.

4.1 Login

Na Figura 25, é possível observar diferenças ao comparar a versão final da interface com o protótipo inicial. Embora a estrutura básica do layout e a paleta de cores tenham sido preservadas, nota-se alterações na disposição dos elementos visuais. A logo foi ajustada, os campos de entrada adotaram um design menos arredondado, conferindo um aspecto mais moderno e sóbrio, e o fundo da interface recebeu um tom acinzentado, proporcionando um contraste mais equilibrado.

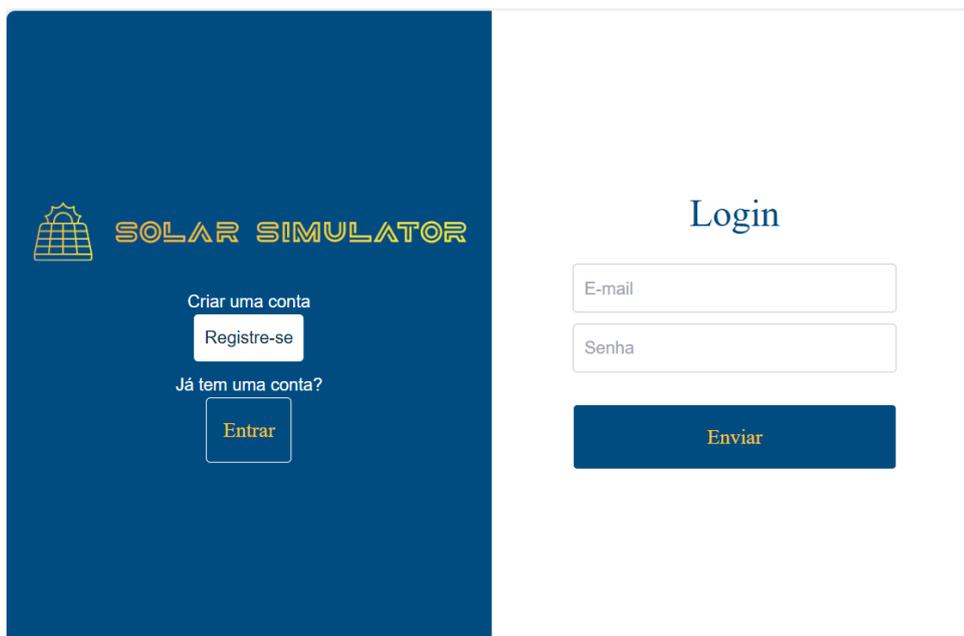
A interface presente na Figura 25 combina duas funções principais: cadastro e login. À esquerda, há opções por meio de botões para criar uma conta, na qual ao clicar no botão “Registre-se” o usuário é redirecionado para a interface da Figura 26 de registro de usuários. À direita, um formulário simples permite que usuários façam login com “e-mail” e “senha”.

4.2 Registro

Na Figura 26, observam-se diferenças estéticas em relação ao protótipo inicial, seguindo um padrão semelhante ao da interface de login devido à estrutura de layout compartilhada. As principais alterações incluem o *redesign* dos campos de *input*, com ajustes no espaçamento e alinhamento em uma tentativa de melhorar a usabilidade, e o reposicionamento da logo na lateral, destacada em azul para reforçar a identidade visual e o equilíbrio estético. Essas mudanças visam aprimorar tanto a aparência quanto a experiência do usuário, alinhando-se às tendências atuais de design de interfaces.

A interface apresentada na Figura 26 tem duas seções. À esquerda, exibe o logotipo e opções para criar uma conta ou entrar, em caso de que o usuário deseje ser redirecionado para a interface de login basta ele clicar no botão “Entrar”. À direita, apresenta um formulário de registro com campos para preenchimento dos dados Nome, CPF, E-mail, Senha, tipo de perfil (Consumidor). Caso o usuário que esteja sendo cadastrado seja do

Figura 25 – Interface de Login Final.



The image shows the final login interface for the Solar Simulator. It is split into two main sections. On the left, a dark blue vertical panel contains the 'SOLAR SIMULATOR' logo at the top. Below the logo, there are two options: 'Criar uma conta' with a 'Registre-se' button, and 'Já tem uma conta?' with an 'Entrar' button. On the right, a white panel is titled 'Login'. It features two input fields: 'E-mail' and 'Senha'. Below these fields is a dark blue button labeled 'Enviar'.

Elaborado Pelo Autor.

tipo Fornecedor o campo de CPF é modificado para CNPJ, assim é necessário que o usuário entre com seu CNPJ. Com os dados preenchidos para salvar os dados é só acionar o botão “Salvar” que os dados são enviados para o banco, após salvos os dados o usuário é redirecionado para a interface da Figura 25 de login.

Figura 26 – Interface de Registro de Usuários Final.



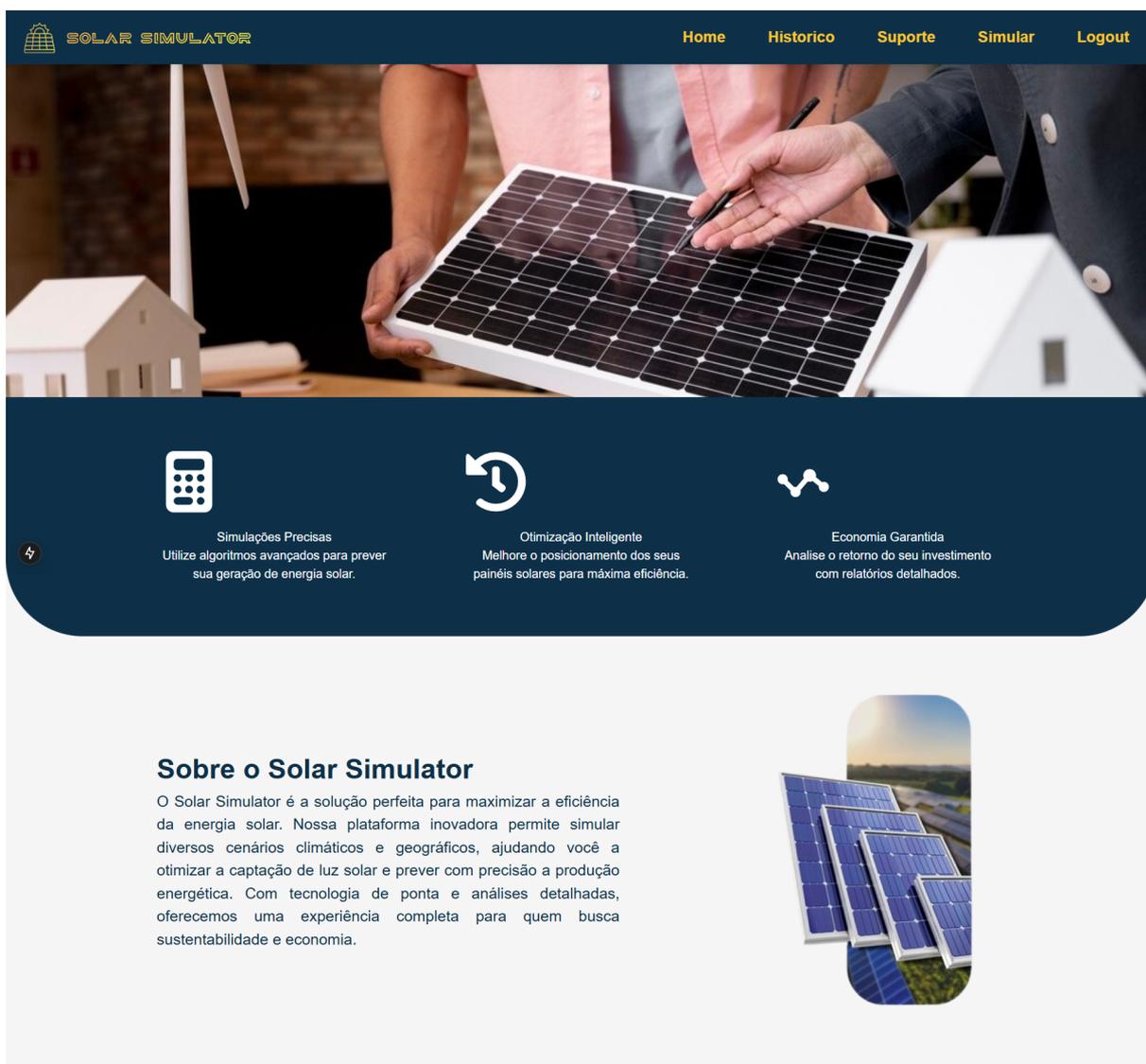
The image shows the final user registration interface for the Solar Simulator. It is split into two main sections. On the left, a dark blue vertical panel contains the 'SOLAR SIMULATOR' logo at the top. Below the logo, there are two options: 'Criar uma conta' with a 'Registre-se' button, and 'Já tem uma conta?' with an 'Entrar' button. On the right, a white panel is titled 'Registro de Usuário'. It features four input fields: 'Nome', 'CPF', 'E-mail', and 'Senha'. Below these fields are two radio buttons: 'Consumidor' and 'Fornecedor'. At the bottom of the white panel is a dark blue button labeled 'Salvar'.

Elaborado Pelo Autor.

4.3 Home

A Figura 27 apresenta o site do Solar Simulator com uma interface dividida em seções. O cabeçalho inclui o logotipo e um menu de navegação para as respectivas interfaces representadas pelos nomes com opções como “Home”, “Histórico”, “Suporte”, “Simular” e “Logout” (Usuários do tipo Consumidor) e “Home”, “Produtos”, “Suporte”, “Cadastrar” e “Logout” (Usuários do tipo Fornecedor) . No centro, há ícones com descrições sobre simulações, aperfeiçoamento e economia. Abaixo, um texto explica os benefícios do simulador, como eficiência e sustentabilidade. No rodapé, encontram-se as informações de contato, direitos autorais e links para GitHub e WhatsApp.

Figura 27 – Interface inicial da aplicação.



Elaborado Pelo Autor.

4.4 Cadastro de Produtos

A Figura 28 mostra a interface de “Cadastro de Produtos” (Exclusiva para Fornecedores) do Solar Simulator. Nela, o usuário pode registrar produtos primeiramente selecionando uma categoria dentre as disponíveis pelos botões: “Cabos”, “Controladores”, “Estruturas”, “Inversores” e “Placas”.

Após selecionar a categoria, os campos em comum entre as interfaces informações como nome, descrição, quantidade e preço continuarão mas, dependendo da categoria selecionada o usuário terá de informar outras informações específicas para a categoria selecionada.

Figura 28 – Cadastro de Produtos Base.

The screenshot shows the 'Cadastro de Produtos' interface. At the top, there is a dark blue navigation bar with the 'SOLAR SIMULATOR' logo and menu items: Home, Histórico, Suporte, Simular, Sobre Nós, and Logout. The main content area has a white background with a title 'Cadastro de Produtos'. Below the title, there is a section 'Categoria do Produto' with five radio button options: 'Cabos' (with a lightning bolt icon), 'Controladores' (with a gear icon), 'Estruturas' (with a stack of blocks icon), 'Inversores' (with a double-headed arrow icon), and 'Placas' (with a solar panel icon). Below the category selection, there are four input fields: 'Nome do Produto', 'Descrição', 'Quantidade', and 'Preço (R\$)'. At the bottom center, there is a blue button labeled 'Cadastrar'. A small circular icon with the number '5' is visible in the bottom left corner of the interface.

Elaborado Pelo Autor.

Na Figura 30 apresenta uma interface que, permite registrar informações detalhadas sobre produtos relacionados a categoria “Placas”. Entre os campos para preenchimento pelo usuário, incluem-se Nome, Descrição, Quantidade, Preço, Potência Nominal, Tensão de Operação, Tipo de Célula, Eficiência do Painel, Peso, Garantia, Corrente de Operação e Dimensões. Ao final do preenchimento, a opção “Cadastrar” deve ser acionada para salvar o registro no banco de dados.

Figura 30 – Interface para cadastro de Placas.

Cadastro de Produtos

Categoria do Produto

Cabos Controladores Estruturas Inversores Placas

Nome do Produto

Potência Nominal: 450W

Eficiência do Painel: 21.5%

Tensão de Operação (Vmp): 38V

Corrente de Operação (Imp): 11.8A

Tipo de Célula: Monocristalino

Dimensões: 3m²

Peso: 25kg

Garantia: 10 Anos (Produto) / 25 Anos (Eficiência)

Descrição

Quantidade

Preço (R\$)

Cadastrar

Elaborado Pelo Autor.

A Figura 31 mostra a interface para cadastro de produtos da categoria “Controladores”, ao selecionar essa opção será exibido os campos para cadastro que são específicos dessa categoria. Em seguida o usuário terá de preencher os campos: Nome, Descrição, Quantidade, Preço, ‘Corrente Nominal, Tensão de Trabalho, Tipo de Controlador, Eficiência Máxima, Tensão Máxima de Entrada, Capacidade Máxima de Painéis. Com todos os campos devidamente preenchidos ao acionar a opção “Cadastrar” os dados serão devidamente enviados ao banco.

Figura 31 – Interface para cadastro de Controladores.

Cadastro de Produtos

Categoria do Produto

Cabos Controladores Estruturas Inversores Placas

Nome do Produto

Corrente Nominal: 30A

Tensão de Trabalho: 12V / 24V

Tipo de Controlador: PWM / MPPT

Eficiência Máxima: 98%

Tensão Máxima de Entrada: 100V

Capacidade Máxima de Painéis: 1000W

Descrição

Quantidade

Preço (RS)

Cadastrar

Elaborado Pelo Autor.

Na Figura 32 apresenta a interface para cadastro de produtos da categoria “Inversores”. Com essa interface carregada para realizar o cadastro o usuário terá que preencher os seguintes campos: Nome, Descrição, Quantidade, Preço, Potência de Saída Nominal, Tensão de Saída, Tipo de Onda, Tensão do Banco de Baterias, Tensão máxima da Placa, Potência Máxima da Placa, Modo de Operação e Vida Útil estimada. Com todos os campos devidamente preenchidos ao acionar a opção “Cadastrar” os dados serão devidamente salvos na base de dados.

Figura 32 – Interface para cadastro de Inversores.

Cadastro de Produtos

Categoria do Produto

Cabos Controladores Estruturas Inversores Placas

Nome do Produto

Potência de Saída Nominal Tensão de Saída

Tipo de Onda Tensão do Banco de Baterias

Tensão Máxima da Placa Potência Máxima da Placa

Modo de Operação Vida Útil Estimada

Descrição

Quantidade Preço (RS)

Cadastrar

Elaborado Pelo Autor.

A Figura 33 apresenta uma interface que, permite registrar informações detalhadas sobre produtos relacionados da categoria “Estruturas”. Entre os campos que deverão ser preenchidos para a realização do cadastro, incluem-se: Nome, Descrição, Quantidade, Preço, Material, Inclinação Ajustável, Capacidade de Painéis, Tipo de Fixação, Vida Útil, Resistência ao Vento e Peso. No final, da interface tem a opção “Cadastrar” que ao ser acionada serve para salvar o registro no banco de dados.

Figura 33 – Interface para cadastro de Estruturas.

Cadastro de Produtos

Categoria do Produto

Cabos Controladores Estruturas Inversores Placas

Nome do Produto

Material: Alumínio Anodizado

Inclinação Ajustável: Sim (15° a 45°)

Capacidade de Painéis: Até 4 placas de 500W

Resistência ao Vento: Até 150 km/h

Tipo de Fixação: Solo / Telhado / Parede

Vida Útil: 25 Anos

Peso: 10kg

Descrição

Quantidade

Preço (RS)

Cadastrar

Elaborado Pelo Autor.

4.5 Simulação

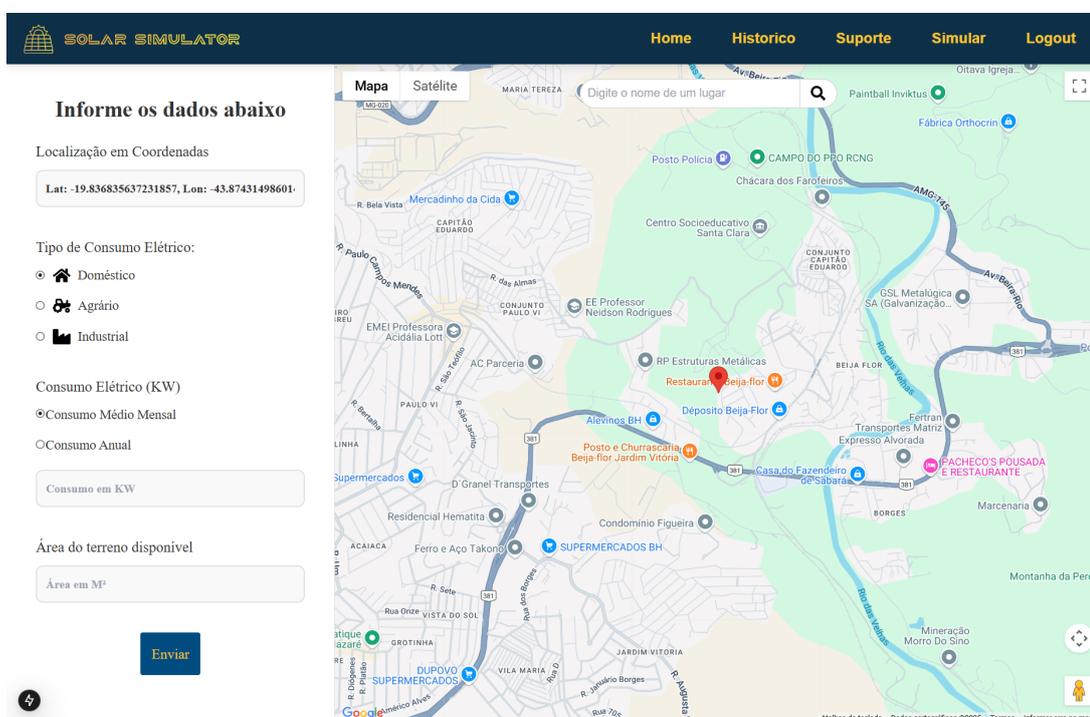
A interface apresentada a seguir tem como objetivo principal a execução de simulações, exibindo um card com os resultados obtidos antes que estes sejam armazenados no banco de dados. Essa abordagem permite ao usuário visualizar e validar as informações geradas, garantindo precisão e confiabilidade antes da persistência dos dados. Além de também contar com um mapa interativo para que ele entre com os dados geográficos mais facilmente.

Para realizar a simulação representada na Figura 34, primeiramente escolha a sua localização no mapa na aba de pesquisa. Caso o local indicado inicialmente não

corresponda ao desejado, você pode ajustá-lo clicando diretamente no mapa e marcando o ponto desejado. Após selecionar a localização, informe o tipo de consumo que será realizado, especificando se é industrial, agrário ou residencial. Essa escolha influenciará o tipo de irradiação utilizado na simulação, bem como o valor da tarifa cobrada pelas distribuidoras de energia.

Em seguida, é necessário informar o consumo elétrico que será considerado na simulação. O usuário pode optar entre dois métodos: fornecer um valor médio mensal ou a soma do consumo anual, sendo que o sistema calculará automaticamente uma média para a simulação. Por fim, é preciso especificar a área disponível para a instalação do sistema fotovoltaico, garantindo que seja possível acomodar o sistema dentro do espaço indicado.

Figura 34 – Interface de Simulação.



Elaborado Pelo Autor.

4.6 Histórico

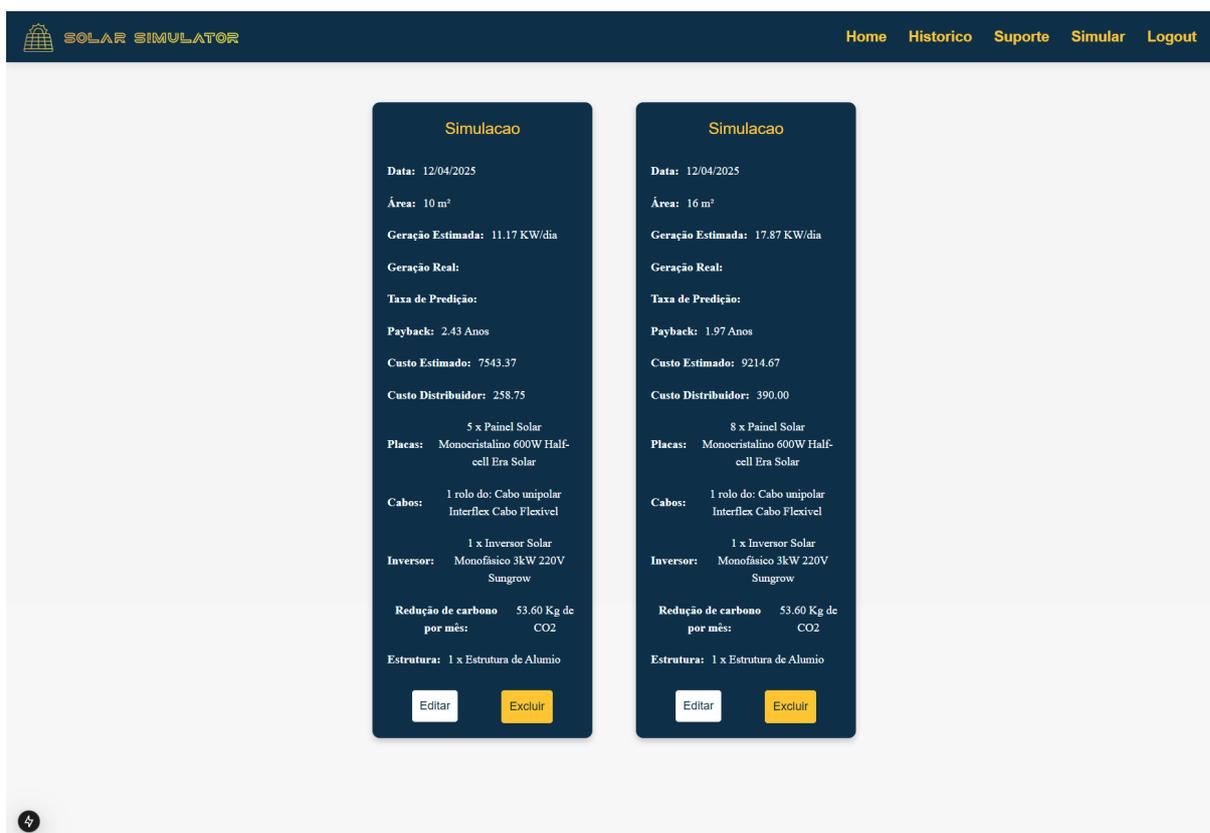
A interface apresentada na Figura 35 referente ao histórico, não sofreu alterações significativas em seu layout em comparação ao protótipo original. A principal modificação foi a substituição do fundo azul, presente no design inicial, por um fundo branco, com o objetivo de proporcionar uma estética mais fluida e alinhada ao padrão visual adotado no restante da aplicação.

A Figura 35 mostra uma interface desenvolvida para exibir as simulações previamente realizadas pelo usuário. Além disso, oferece a funcionalidade de calcular a taxa de

predição.

Para Calcular essa taxa o usuário seleciona o botão “Editar” presente no final do *card*, isso fará que o campo de geração real fique editável, ao inserir os dados da geração real o sistema calculará a taxa de predição um botão com o texto de “Salvar” fica disponível no final do *card*, para salvar essa modificação após essa etapa o botão “Editar” voltará para o *Card*. Caso necessário, os usuários também podem optar por excluir alguma simulação já registrada por meio do Botão “Excluir”.

Figura 35 – Interface de Histórico de Simulações.



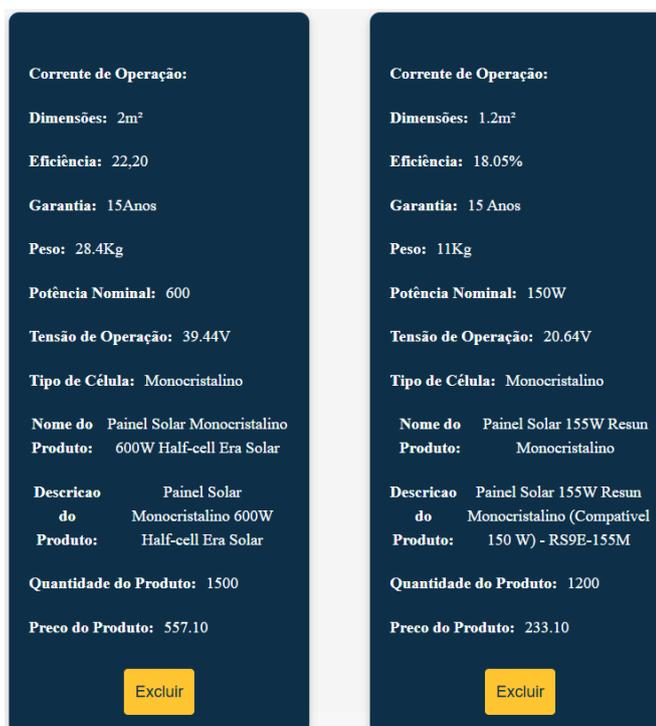
Elaborado Pelo Autor.

4.7 Exibição de Produtos

As interfaces a seguir representam a interface de exibição dos produtos cadastrados pelos fornecedores. A interface tratada nesta seção, os fornecedores têm a possibilidade de visualizar as propriedades dos produtos ou mesmo excluí-los, conforme necessário, garantindo flexibilidade e controle sobre o catálogo disponível. Assim como na aba de “Cadastro” primeiramente é necessário selecionar uma dentre as 5 categorias de produtos, (“Cabos”, “Controladores”, “Estruturas”, “Inversores” e “Placas”), para que sejam exibidas as informações sobre aquela determinada categoria.

A Figura 36 apresenta os equipamentos cadastrados no sistema pelo fornecedor logado, permitindo o gerenciamento completo dos itens da categoria “Placas”, incluindo visualização detalhada e exclusão de registros quando acionado o botão “Excluir”.

Figura 36 – *Cards* de exibição das Placas cadastradas no sistema.



Elaborado Pelo Autor.

Na Figura 37 observa-se o *card* dedicado aos equipamentos da categoria “Controladores”, com funcionalidades completas de visualização e exclusão pelo fornecedor responsável quando acionado o botão “Excluir”.

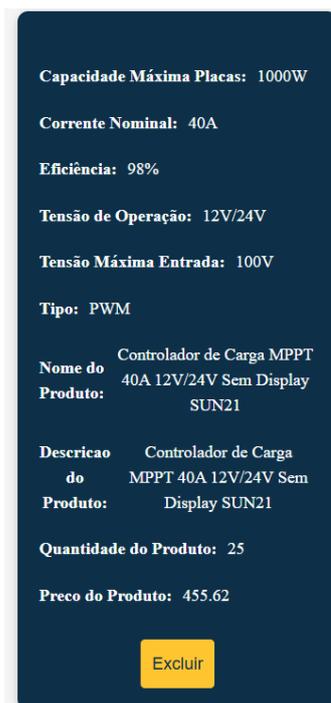
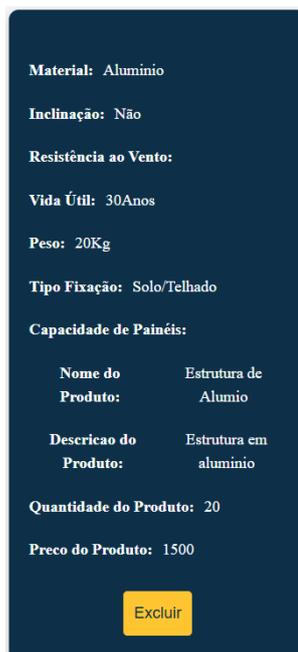


Figura 37 – Card de exibição dos Controladores cadastrados

Elaborado Pelo Autor.

A Figura 38 exhibe os itens cadastrados na categoria “Estruturas”, oferecendo ao fornecedor logado as opções de gerenciamento e remoção dos componentes listados quando acionado o botão “Excluir”.

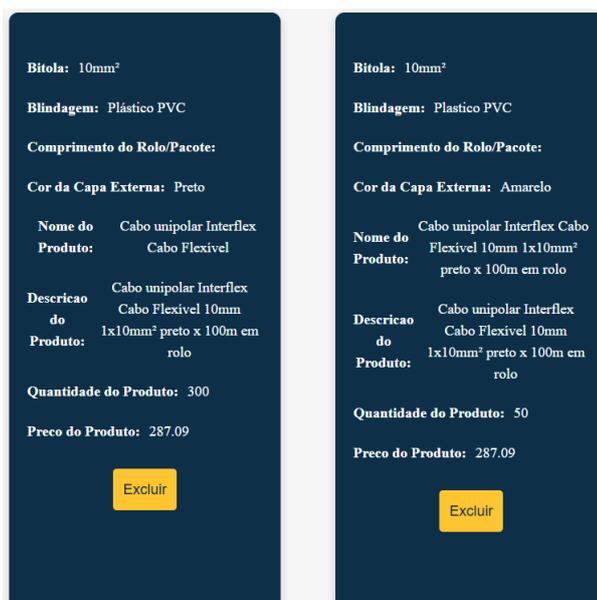
Figura 38 – Card de Exibição das estruturas cadastrados no sistema.



Elaborado Pelo Autor.

Por fim, a Figura 39 apresenta o *card* responsável pela administração para os equipamentos da categoria “Cabos”, no qual o fornecedor pode visualizar detalhes e deletar itens conforme requerido quando acionado o botão “Excluir”.

Figura 39 – Card de Exibição dos cabos cadastrados no sistema.



Elaborado Pelo Autor.

A Figura 40 mostra o *card* de gerenciamento dos equipamentos da categoria “Inversores”, no qual o fornecedor autenticado pode visualizar e remover os itens cadastrados

conforme necessário quando acionado o botão “Excluir”.

Figura 40 – Card de Exibição dos inversores cadastrados no sistema.



Elaborado Pelo Autor.

4.8 Suporte

A interface de suporte não passou por grandes alterações em relação às demais. A principal modificação foi a adição de um footer contendo informações de contato, além da alteração do campo “Nome” para “E-mail”, visando melhorar a clareza e a usabilidade da interface. Esta interface apresentada na Figura 41 tem como objetivo principal permitir que os usuários relatem quaisquer problemas encontrados no sistema. Por meio dela, é possível entrar em contato diretamente com os responsáveis pela manutenção do software, para isso inicialmente deve se informar o “E-mail” no input abaixo do texto “Nome”, e em seguida descrever detalhadamente a situação enfrentada para que o suporte adequado seja providenciado no campo “Conteúdo do E-mail”.

Figura 41 – Interface de Suporte.

SOLAR SIMULATOR

Home Historico Suporte Simular Logout

Suporte

Relate por aqui o seu problema, e entraremos em contato o mais rápido possível.

Nome:

Conteúdo do E-mail:

Enviar

© 2025 Solar Simulator. Todos os direitos reservados.
Contato: ronaldinho.lfs@gmail.com
Github: github.com/ronaldofreitas41
Whatsapp: (31) 97152-525231

Elaborado Pelo Autor.

4.9 Considerações Finais

Neste capítulo, foram apresentados os resultados finais da aplicação desenvolvida, com destaque para a estrutura e funcionalidades das interfaces implementadas. As interfaces de login, registro, simulação e gerenciamento de produtos foram projetadas para oferecer uma experiência intuitiva, garantindo facilidade de uso para diferentes perfis de usuários.

A interface inicial permite uma navegação clara e objetiva, guiando o usuário pelos principais recursos da plataforma. As interfaces de simulação, por sua vez, proporcionam uma visualização detalhada dos cálculos energéticos e financeiros, auxiliando na tomada de decisão sobre a viabilidade da energia solar. O histórico de simulações permite o acompanhamento das análises realizadas, enquanto a seção de suporte oferece um canal de auxílio aos usuários.

A exibição de produtos cadastrados apresenta de maneira organizada os componentes disponíveis no sistema, permitindo a comparação entre diferentes equipamentos. Além disso, o design das interfaces foi planejado para ser responsivo, garantindo um bom desempenho tanto em dispositivos móveis quanto em *desktops*.

Os resultados indicam que a aplicação alcançou seu objetivo principal de oferecer uma ferramenta funcional para auxiliar usuários na análise e planejamento de sistemas fotovoltaicos. A organização das interfaces e a clareza das informações apresentadas

contribuem significativamente para a usabilidade e eficiência do sistema. No entanto ainda cabem diversos aprimoramentos em trabalhos futuros pois existem certas limitações no resultado final.

5 Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma aplicação web para simulação e dimensionamento da implantação de sistemas fotovoltaicos, proporcionando aos usuários uma ferramenta para avaliar a viabilidade econômica da transição para energia solar. A aplicação, denominada SolarSimulator, foi implementada utilizando *Next.js* para a estruturação do *frontend* e *backend*, e *Firestore* como banco de dados, aumentando a eficácia na manipulação das informações.

Para alcançar essa meta, foram definidos requisitos específicos com base na pesquisa de outros aplicativos já existentes sobre simulação de energia fotovoltaica. A revisão de trabalhos relacionados permitiu identificar lacunas em soluções existentes e definir diferenciais para a plataforma. A metodologia adotada envolveu inicialmente, uma modelagem detalhada do sistema, incluindo diagramas de classes, casos de uso, diagrama de atividades, etc. Contou também com o auxílio da prototipagem das interfaces, essas etapas contribuíram para que tivesse um ponto de partida vital no momento do desenvolvimento.

Os resultados indicam que a aplicação atende aos objetivos e requisitos funcionais propostos. Por meio da inserção do consumo energético e da localização do usuário, o sistema realiza cálculos precisos dos benefícios financeiros da instalação de um sistema fotovoltaico, além de dimensioná-lo de maneira detalhada. Após a simulação, um *card* é exibido, apresentando informações como área necessária, número de placas solares, capacidade de geração do sistema, lista de materiais e outros dados relevantes. Adicionalmente, a plataforma se mostrou eficiente ao comparar diferentes fornecedores e equipamentos, garantindo a recomendação da solução com o melhor custo-benefício para o usuário.

Outro destaque do sistema é a funcionalidade de histórico de simulações, disponível para usuários do tipo “consumidor”, facilitando o planejamento e o acompanhamento de investimentos em energia solar. Já para os usuários do tipo “fornecedor”, a plataforma oferece ferramentas de gerenciamento de produtos cadastrados, permitindo que mantenham seus catálogos atualizados para as simulações. Essas características reforçam a usabilidade e a eficácia da aplicação em atender às necessidades de ambos os perfis de usuários.

5.1 Limitações do trabalho

Durante o desenvolvimento da aplicação, algumas limitações foram identificadas, as quais impactaram diretamente o escopo e a funcionalidade do sistema:

- **Disponibilidade de Dados de Produtos:** Para garantir que a aplicação atendesse

a uma parcela significativa do mercado, foi necessário assegurar uma ampla base de dados de produtos, como placas solares, inversores e controladores. No entanto, a coleta e atualização desses dados demandaram um esforço considerável, uma vez que dependiam da colaboração de fornecedores e da disponibilidade de informações atualizadas no mercado;

- **Abrangência Geográfica:** O software está limitado a realizar simulações apenas no território brasileiro, pois as fontes de dados de irradiação solar utilizadas possuem informações restritas ao Brasil. Essa limitação impede que a aplicação seja utilizada em outros países, onde a irradiação solar e as condições climáticas podem variar significativamente;
- **Dificuldade em Obter Dados de Tarifas Energéticas:** Outro desafio foi a falta de uma API ou base de dados confiável que fornecesse informações sobre tarifas energéticas de acordo com a localização do usuário. Essa limitação dificultou a precisão dos cálculos de custos associados à energia convencional, impactando a comparação com os custos de implantação de sistemas fotovoltaicos.
- **Complexidade dos Cálculos de Produção de Energia:** A realização dos cálculos de simulação de produção de energia solar apresentou desafios técnicos, devido à complexidade dos modelos matemáticos envolvidos e à necessidade de considerar variáveis como irradiação solar, eficiência dos equipamentos e perdas no sistema. A falta de conhecimentos aprofundados nessa área exigiu uma abordagem mais simplificada, o que pode ter afetado a precisão dos resultados em cenários específicos;

Essas limitações destacam áreas que podem ser aprimoradas em futuras versões da aplicação, como a expansão da base de dados para outros países, a integração de fontes mais robustas de tarifas energéticas e o refinamento dos modelos de cálculo para aumentar a precisão das simulações.

5.2 Trabalhos Futuros

Com base nas limitações identificadas e no potencial de aprimoramento da aplicação *SolarSimulator*, sugere-se as seguintes direções para trabalhos futuros:

- **Expansão da Abrangência Geográfica:** Uma das principais melhorias seria a inclusão de dados de irradiação solar e tarifas energéticas para outros países, permitindo que a aplicação seja utilizada globalmente. Isso exigiria a integração de bases de dados internacionais e a adaptação dos cálculos para diferentes condições climáticas e regulamentações energéticas;

- **Integração com APIs de Tarifas Energéticas:** Para aumentar a precisão dos cálculos de custos, seria interessante buscar parcerias com empresas ou órgãos governamentais que forneçam APIs confiáveis de tarifas energéticas, permitindo a obtenção de dados atualizados e específicos para cada localidade;
- **Refinamento dos Modelos de Cálculo:** O desenvolvimento de modelos matemáticos mais avançados, com a colaboração de especialistas em energia solar, poderia melhorar a precisão das simulações. Isso incluiria a consideração de variáveis como sombreamento, inclinação dos painéis e perdas no sistema;
- **Melhoria na Interface do Usuário:** A realização de testes de usabilidade e a implementação de melhorias na interface gráfica, com foco na experiência do usuário, poderiam tornar a aplicação mais intuitiva e acessível para um público mais amplo;
- **Expansão da Base de Dados de Produtos:** A ampliação da base de dados de produtos, com a inclusão de mais fornecedores e equipamentos, permitiria uma comparação mais abrangente e precisa, beneficiando tanto consumidores quanto empresas do setor;
- **Sustentabilidade e Impacto Ambiental:** A inclusão de métricas mais detalhadas sobre o impacto ambiental, como a estimativa de redução de emissões de carbono e a pegada ecológica dos sistemas fotovoltaicos, poderia reforçar o papel da aplicação na promoção da sustentabilidade.

Essas propostas visam não apenas superar as limitações atuais, mas também expandir as capacidades da aplicação, tornando-a uma ferramenta ainda mais robusta e útil para a transição para a energia solar.

Referências

- (ABSOLAR), A. B. de E. S. F. *Panorama da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil e no Mundo*. 2025. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.
- ALMEIDA, H.; ALMEIDA, E. Potencial da energia solar fotovoltaica no semiárido nordestino. *Concilium*, v. 22, p. 197–210, 02 2022. Citado na página 15.
- CAMUNDA. *Monolith vs. Microservice Architecture Comparison*. Camunda, 2023. Disponível em: <<https://camunda.com/blog/2023/08/monolith-vs-microservice-architecture-comparison/>>. Citado na página 61.
- DANTAS, S. G.; POMPERMAYER, F. M. Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no brasil e possíveis efeitos no setor elétrico. *Texto para Discussão*, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Ipea, Brasília, n. 2388, 2018. Citado na página 16.
- DYSON, F. *O Sol, o Genoma e a Internet*. SP: Companhia das Letras, 2001. Citado na página 15.
- EDRAWMAX, W. *Network Diagram for Client-Server Architecture*. Wondershare, 2023. Template de diagrama de rede para arquitetura cliente-servidor. Disponível em: <<https://edrawmax.wondershare.com/templates/network-diagram-for-client-server.html>>. Citado na página 62.
- EINVESTIDOR. *Financiamento de Energia Solar*. 2022. Disponível em: <<https://investidor.estadao.com.br/educacao-financeira/financiamento-energia-solar/>>. Citado na página 15.
- EPE. *Balanco Energético Nacional 2020*. 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>>. Citado na página 14.
- EPE. *Balanco Energetico Nacional 2023*. 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>>. Citado na página 15.
- EPE. *Balanco Energetico Nacional 2024*. 2024. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-723/BEN2024.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 39.
- GALLE, V. V. Estudo da estimativa de geração de energia solar fotovoltaica do software pv* sol em sistemas residenciais de até 4 kw conectados à rede elétrica. 2019. Citado 3 vezes nas páginas 19, 24 e 38.
- HOSENUZZAMAN, M.; AL. et. Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. *Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation*, v. 41, p. 284–297, janeiro 2015. Citado na página 14.

- IBM. *Modelo cliente-servidor*. 5.6. ed. Armonk, NY, 2023. Documentação do IBM CICS Transaction Server, Versão 5.6. Disponível em: <<https://www.ibm.com/docs/pt-br/cics-ts/5.6?topic=programs-clientserver-model>>. Citado na página 60.
- IEA, I. E. A. *Renewables 2023*. 2024. Licence: CC BY 4.0. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/renewables-2023>>. Citado na página 14.
- ISHIGURO, Y. *A energia nuclear para o Brasil*. São Paulo: Makron Books, 2002. Citado na página 14.
- MACHADO, G. M. V. et al. Estudo de caso de um sistema fotovoltaico instalado no campus da unicamp em diferentes softwares de simulação. In: *Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS*. [S.l.: s.n.], 2020. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 24.
- Metalsol Energia Solar. *Crescimento da Energia Solar no Brasil: Mais de 30 GW Instalados*. 2023. <<https://metalsol.com.br/crescimento-da-energia-solar-no-brasil-mais-de-30-gw-instalados/>>. Citado na página 36.
- MICHELETTI, D. H.; CORRÊIA, A. F. O uso da energia solar fotovoltaica como incentivo ao desenvolvimento rural sustentável. *Conjecturas*, v. 22, n. 14, p. 650–670, 2022. Citado na página 14.
- Minha Casa Solar. *Baterias*. 2025. Acesso em: 30 mar. 2025. Disponível em: <<https://www.minhacasasolar.com.br/baterias>>. Citado 3 vezes nas páginas 31, 32 e 33.
- NSRDB. *National Solar Radiation Database*. 2022. Disponível em: <<https://nsrdb.nrel.gov/data-sets/international-data>>. Citado na página 15.
- PEREIRA, E. B. et al. *Atlas brasileiro de energia solar*. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80 p. Disponível em: <<http://doi.org/10.34024/978851700089>>. Citado 3 vezes nas páginas 34, 35 e 38.
- PIOMBINI, E. S.; MELO, W. W. M.; CAMPOS, G. A. do P. Aplicativo android para monitoramento remoto de módulos fotovoltaicos. In: *Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS*. [S.l.: s.n.], 2018. Citado 3 vezes nas páginas 22, 24 e 38.
- Pison Projetos. *Energia Solar e Eólica*. 2024. Disponível em: <<https://pisonprojetos.com.br/energia-solar-e-eolica/>>. Citado na página 37.
- Portal Solar. *Placa Solar: O Que É e Como Funciona*. 2024. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/placa-solar>>. Citado 6 vezes nas páginas 29, 30, 31, 32, 33 e 36.
- SI Robótica. *NoSQL: O que é, vantagens e limitações*. 2014. Disponível em: <<https://sirobotica.wordpress.com/2014/10/23/nosql-o-que-e-vantagens-e-limitacoes/>>. Citado na página 49.
- SILVA, H. M. F. da; ARAÚJO, F. J. C. Energia solar fotovoltaica no brasil: uma revisão bibliográfica. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 8, n. 3, p. 859–869, 2022. Citado na página 14.

SILVA, M. P. da; BORGES, M. M.; RAMPINELLI, G. A. Desenvolvimento de software para dimensionamento e simulação de geração distribuída com sistemas fotovoltaicos. 2016. Citado 3 vezes nas páginas 20, 24 e 38.

SILVA, M. S. da et al. Energia solar fotovoltaica: Revisão bibliográfica. *Mythos (Interdisciplinary)*, v. 14, n. 2, p. 51–61, 2020. Citado na página 15.

SILVA, S. R. da; ANABUKI, E. T.; LOPES, L. C. G. Desenvolvimento de um aplicativo para dimensionamento de sistemas de geração fotovoltaica. In: *Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS*. [S.l.: s.n.], 2018. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 24.

Zappts. *Arquitetura Monolítica e Microsserviços: Entenda as diferenças e saiba qual escolher*. 2025. Disponível em: <<https://zappts.com.br/arquitetura-monolitica-e-microsservicos/>>. Citado na página 60.