



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE (CTS)
TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC)

RUAN PIERRE IDALINO DA ROSA

**DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO WEB VOLTADA À VISUALIZAÇÃO DE
DADOS SOLARES DO BRASIL**

ARARANGUÁ

2024

Ruan Pierre Idalino da Rosa

**DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO WEB VOLTADA À VISUALIZAÇÃO DE
DADOS SOLARES DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Tecnologias da Informação e Comunicação do Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Orientador(a): Prof. Fabrício Herpich,
Dr.(a)

Araranguá

2024

da Rosa, Ruan Pierre Idalino

Desenvolvimento de aplicação web voltada à visualização de dados solares do Brasil / Ruan Pierre Idalino da Rosa ; orientador, Fabrício Herpich, 2024.

41 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Araranguá, 2024.

Inclui referências.

1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2. aplicação web. 3. irradiação solar. 4. mapa interativo. 5. energia solar. I. Herpich, Fabrício. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação. III. Título.

Ruan Pierre Idalino da Rosa

DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO WEB VOLTADA À VISUALIZAÇÃO DE DADOS SOLARES DO BRASIL

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Tecnologias da Informação e Comunicação.

Araranguá, 19 de dezembro de 2024

Prof. Fabrício Herpich, Dr.
Coordenador do Curso

Banca examinadora

Prof. Fabrício Herpich, Dr.
Orientador

Profa. Marina Carradore Sérgio, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Thais Amaral da Cunha Emmerick, Especialista.
Universidade Federal de Santa Catarina

Araranguá, 2024

Dedico este trabalho à minha família, amigos, e todos que me apoiaram nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus professores, que auxiliaram na minha formação profissional desde o momento de entrada na universidade e possibilitaram a conclusão deste trabalho.

Meu agradecimento especial à minha família que me deu força nesse período turbulento e ajudou e incentivou sempre e serviu de inspiração.

Agradeço a meu orientador por aceitar conduzir este projeto, pelo incentivo, pelo conhecimento passado e pela dedicação do seu tempo.

Também agradeço a meus colegas por ideias e soluções para diversos problemas enfrentados ao longo dessa jornada acadêmica.

“Para mim a energia solar é a fonte de todas as fontes de energia.” (Natália Chaves, 2022)

RESUMO

Este trabalho trata do desenvolvimento de uma aplicação web que tem como objetivo permitir o acesso de dados de irradiação solar e potência fotovoltaica no Brasil para auxiliar na tomada de decisões na área. Foi notada uma lacuna na área pelo fato de que as aplicações atuais referentes ao tema possuem uma complexidade elevada, necessitam de conhecimento técnico ou são de locais geográficos específicos. A energia solar é uma fonte renovável importante, especialmente no Brasil, devido à grande incidência de raios solares no território brasileiro. No entanto, apesar do alto potencial, a sua adoção em larga escala ainda enfrenta desafios relacionados à falta de conhecimento, acesso claro às informações e a possibilidade de uma visualização clara dos dados solares. A disponibilização de dados de irradiação solar e potência fotovoltaica é essencial para facilitar a tomada de decisões tanto para pessoas comuns quanto para empresas. O objetivo deste projeto foi a criação de uma interface de usuário acessível, criação da autenticação de usuários, disponibilização de um mapa do Brasil com um gradiente de cores representativo dos dados, desenvolvimento de funcionalidades que permitem os usuários escolherem regiões e disponibilização do acesso futuro aos dados salvos. É utilizada a metodologia DSRM para a construção do projeto para garantir uma forma estruturada e sistematizada, tendo como base a identificação do problema, definição dos objetivos para a solução, design e desenvolvimento, demonstração, avaliação e comunicação dos resultados. A demonstração da aplicação e resultado da cobertura de código retornaram resultados positivos, tendo demonstrado eficiência ao funcionar como proposto e sem erros. Por fim, concluiu-se que o projeto funcionou como esperado e recomenda-se a adição de funcionalidades extras como a função de pesquisa de local e maior acessibilidade integrada na aplicação.

Palavras-chave: aplicação web; mapa interativo; irradiação solar; energia solar.

ABSTRACT

This work focuses on the development of a web application aimed at providing access to solar radiation and photovoltaic power data in Brazil to assist decision-making in the field. A gap was identified in the area due to the fact that current applications related to the topic have high complexity, require technical knowledge, or are limited to specific geographic locations. Solar energy is an important renewable source, especially in Brazil, due to the high incidence of solar rays across the Brazilian territory. However, despite the high potential, its large-scale adoption still faces challenges related to the lack of knowledge, clear access to information, and the possibility of a clear visualization of solar data. Providing solar radiation and photovoltaic power data is essential to facilitate decision-making for both individuals and companies. The goal of this project was to create an accessible user interface, implement user authentication, provide a map of Brazil with a color gradient representing the data, develop features that allow users to select regions, and enable future access to saved data. The DSRM methodology was used for the project construction to ensure a structured and systematic approach, based on problem identification, solution objective definition, design and development, demonstration, evaluation, and communication of results. The application demonstration and code coverage results returned positive outcomes, showing efficiency in working as proposed without errors. Finally, it was concluded that the project worked as expected, and it is recommended to add extra functionalities such as a location search feature and greater accessibility integrated into the application.

Keywords: web application; interactive map; solar irradiation; solar energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Trajeto da Irradiação Solar.....	20
Figura 2 - Dados Solares apresentados na Aplicação Web.....	20
Figura 3 - Tela Inicial sem usuário cadastrado.....	28
Figura 4 - Tela de cadastro sem informações preenchidas.....	29
Figura 5 - Tela de cadastro com informações preenchidas.....	30
Figura 6 - Tela Inicial com usuário conectado.....	30
Figura 7 - Tela após escolha de local no mapa.....	31
Figura 8 - Tela de Favoritos.....	32
Figura 9 - Tela após escolha de um novo local e mapa.....	33
Figura 10 - Tela de Favoritos com dois locais escolhidos.....	33
Figura 11 - Teste Unitário da Página Inicial.....	34
Figura 12 - Cobertura de Código.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BEN	Balanço Energético Nacional Interativo
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CRESESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito
DNI	<i>Direct Normal Irradiance</i>
DSRM	<i>Design Science Research Methodology</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESMAP	<i>Energy Sector Management Assistance Program</i>
FPV	Fotovoltaico Flutuante
GD	Geração Distribuída
GHI	<i>Global Horizontal Irradiance</i>
GTI	<i>Global Tilted Irradiance</i>
GW	Gigawatts
HSP	Horas de Sol Pleno
kWh	Quilowatt-hora
kWp	Quilowatt-pico
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
OSGEO	<i>The Open Source Geospatial Foundation</i>
PV	Fotovoltaico
PVOUT	<i>Photovoltaic Power Output</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 ENERGIA SOLAR NO BRASIL.....	18
2.2 IRRADIAÇÃO SOLAR E POTÊNCIA FOTOVOLTAICA.....	18
2.3 TECNOLOGIAS USADAS NO DESENVOLVIMENTO.....	21
2.4 TRABALHOS CORRELATOS.....	22
3. METODOLOGIA.....	25
3.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO.....	25
3.2 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS PARA A SOLUÇÃO.....	25
3.3 DESIGN E DESENVOLVIMENTO.....	26
3.3.1 Escolha das Ferramentas e Tecnologias.....	26
3.3.2 Modelagem do Banco de Dados.....	26
3.3.3 Prototipagem da Interface.....	27
3.4 DEMONSTRAÇÃO.....	27
3.5 AVALIAÇÃO.....	27
3.6 COMUNICAÇÃO DOS RESULTADOS.....	27
4. RESULTADOS.....	28
4.1 DEMONSTRAÇÃO DA APLICAÇÃO.....	28
4.1.1 Cadastro de Usuário.....	28
4.1.2 Escolha da região e acesso aos dados.....	31
4.1.3 Salvamento dos dados para uso posterior.....	32
4.1.4 Escolha de um novo local e salvamento.....	32
4.2 TESTES UNITÁRIOS E COBERTURA DE CÓDIGO.....	34
5. CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira tem mostrado uma evolução ao longo dos anos. Com um destaque para o aumento de fontes renováveis na sua composição. A Lei 9.478/97 foi um marco nesse contexto já que estabeleceu diretrizes para o planejamento energético através do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), adicionando a revisão periódica da matriz energética. Essa legislação e seus resultados, como a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2004, têm ajudado com estudos e políticas com foco na diversificação da oferta de energia, integrando fontes renováveis como a energia solar (Ministério de Minas e Energia, 2007).

A transição para fontes de energia renovável como a energia solar é prioridade no mundo todo na busca por soluções sustentáveis para amenizar as mudanças climáticas. Entre as diversas fontes de energia renovável, a energia solar tem um potencial inesgotável e a capacidade de ser utilizada em diversas escalas, segundo Galdino *et al.* (2024) o aproveitamento da energia solar, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para os seres humanos.

No entanto, a implementação eficaz da energia solar depende da compreensão dos padrões de consumo e produção de energia, e também da acessibilidade dos dados solares para tomada de decisão. Em relação à área de energia renovável, há uma necessidade de ferramentas eficazes para a análise e visualização de dados. Projetos dessa natureza têm sido desenvolvidos, porém são poucos. De acordo com Franco (2021):

Visando a propagação de novos empreendimentos PV, algumas instituições vêm desenvolvendo ferramentas de consultas para que a sociedade possa ter o entendimento da capacidade produtiva fotovoltaica de determinados recortes espaciais (Franco, 2021, p. 19).

Nesta perspectiva, este projeto apresenta o desenvolvimento de uma aplicação web para a visualização de dados de energia solar, utilizando a linguagem de programação Python e a ferramenta Bootstrap Studio para criação de uma interface. A aplicação foi projetada para facilitar a tomada de decisões relacionadas à energia solar, tendo uma interface intuitiva e acessível para a visualização de dados de consumo e produção de energia solar no Brasil.

O projeto teve como foco o desenvolvimento de uma plataforma que integra dados de energia solar, permitindo a visualização por regiões e estados do Brasil. O objetivo é a criação de uma ferramenta prática e eficiente que ajude a identificar padrões e tendências no consumo e na produção de energia solar, auxiliando governos, empresas e até mesmo pessoas comuns a tomarem decisões informadas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

- Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma aplicação web para facilitar o acesso e a análise de dados de irradiação solar e potência fotovoltaica no Brasil.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma interface de usuário intuitiva e acessível, garantindo a facilidade de navegação e compreensão dos dados de irradiação solar e potência fotovoltaica.
- Implementar funcionalidades que permitam a consulta e visualização interativa de dados de irradiação solar por regiões do Brasil, facilitando a tomada de decisões por parte dos usuários.
- Garantir a persistência de dados através de um banco de dados integrado, permitindo que os usuários salvem e acessem informações sobre locais de interesse de forma contínua.

1.2 JUSTIFICATIVA

O acesso de dados referentes à energia solar é importante para a sociedade por diversas razões. A energia solar é uma das fontes de energia renovável mais promissoras para a redução da dependência de combustíveis fósseis.

Galdino *et al.* (2024, p. 17) afirma que “Com o provável esgotamento das reservas mundiais de petróleo, a alteração da matriz energética por utilização de fontes renováveis, em grande escala, representa o grande desafio mundial do próximo século.”

Há também o fato de que a energia incidente sobre a Terra é superior a cerca de 10.000 vezes a demanda bruta atual da humanidade. No entanto, sua baixa densidade e a variação geográfica e temporal representam grandes desafios para o aproveitamento em larga escala (GALDINO *et al.*, 2024, p. 18).

Nesse contexto, a matriz energética brasileira desempenha um papel importante ao incorporar progressivamente fontes renováveis, como a energia solar. Segundo o Ministério de Minas e Energia (2007), diversificar a oferta de energia é fundamental para assegurar a segurança energética e atender à crescente demanda de forma sustentável. Esse avanço foi viabilizado pela Lei 9.478/97, que definiu diretrizes para o planejamento energético por meio do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Essa abordagem não apenas reduz significativamente a emissão de gases do efeito estufa, mas também fortalece o sistema energético, tornando-o mais resiliente a crises associadas às fontes não-renováveis (Ministério de Minas e Energia, 2007). No entanto, para que essas ações sejam eficazes, é essencial promover a conscientização e o acesso a informações sobre as vantagens e o potencial da energia solar.

Tendo em vista a conscientização sobre o assunto, a disponibilização de dados claros e acessíveis sobre consumo e produção de energia solar pode auxiliar governos, empresas e cidadãos a tomar decisões mais informadas. Além disso, o acesso a essas informações pode incentivar a adoção dessa tecnologia em diferentes setores.

A escolha do tema foi motivada por diversas razões. Primeiro, a importância da energia solar como uma solução sustentável. Segundo, a identificação de uma lacuna na disponibilização de dados para cidadãos comuns para tomada de decisão. Terceiro, a promoção da educação no sobre os benefícios da energia solar.

A integração de dados em um mapa interativo permite que as informações fotovoltaicas complexas sejam apresentadas de forma intuitiva, tornando-as acessíveis a um público mais amplo, assim espalhando o acesso de dados sobre irradiação solar e potência fotovoltaica no Brasil para a população geral. Ao tornar os dados acessíveis há uma maior conscientização sobre a energia solar e sobre seus benefícios como energia sustentável.

Atualmente, há algumas iniciativas e ferramentas que oferecem visualização de dados de irradiação solar, mas muitas são limitadas em termos de acessibilidade para o público geral, integração de dados, funcionalidades ou possuem o escopo dos dados muito limitado.

Alguns projetos se concentram apenas em regiões específicas do Brasil como o projeto citado por Franco (2021):

No Brasil, o Mapa Solar do Rio de Janeiro, lançado em 2020 a partir de uma parceria pública e privada, permite que o usuário possa consultar numa plataforma *webgis* a capacidade média total de radiação solar em kWh/m² em toda superfície dos telhados durante um ano. (Franco, 2021)

A ferramenta citada possui a limitação de ser focada somente na região do Rio de Janeiro, e não expandir para todo o Brasil, além de ter o foco na superfície de telhados.

Outras ferramentas requerem conhecimentos técnicos para serem utilizados de forma eficaz, como a plataforma Solar GIS (2020) desenvolvida em parceria com o Banco Mundial. É uma ferramenta que permite análises profundas e mais complexas, porém não é direta o suficiente para pessoas leigas, como cidadãos comuns e necessita de algum conhecimento técnico para ser usada.

O projeto, utilizando Python, Django e Bootstrap Studio, combina uma estrutura robusta, exibindo o mapa completo do Brasil, porém simples e direta, com uma interface acessível a usuários leigos, que formam a maioria da população. Esta abordagem pode preencher lacunas atuais e oferecer uma solução mais prática para as pessoas. Empresas do setor energético também podem usar a plataforma para a identificação rápida e prática de oportunidades de investimento e otimização da distribuição de recursos, através da análise dos valores solares e fotovoltaicos em diferentes regiões do Brasil.

Ao permitir melhor acesso às informações, a aplicação pode incentivar a adoção de energia solar por parte de consumidores, promovendo práticas mais sustentáveis, já que, os usuários poderão verificar os dados solares sozinhos e realizar suas próprias análises de dados.

Usuários leigos se beneficiam do projeto pois, com uma interface simples e direta com dados acessíveis na tela, o usuário não precisa navegar por menus complexos e ferramentas avançadas, evitando elementos desnecessários na tela, o que, por fim, reduz a “carga cognitiva” usada pelo usuário, proporcionando uma melhor experiência, e uma menor curva de aprendizado. (AVOLOX, 2023).

Ao tornar os dados acessíveis para os cidadãos, se torna possível que visualizem a quantidade de irradiação solar que o Brasil recebe, e há um incentivo ao uso de energia solar. Tendo em vista que, como escrito por Galdino *et al* (2024, p18): “[...] Com uma parcela significativa da população vivendo na zona rural e ainda sem acesso à energia elétrica e a serviços sociais básicos, o Brasil e diversos outros países encontraram nesta tecnologia uma possível solução [...]”.

Essa realidade reforça a relevância de políticas públicas e iniciativas que ampliem o acesso a essa tecnologia, promovendo o desenvolvimento sustentável. Assim, torna-se indispensável implementar estratégias que ajudem no uso dessa fonte renovável, alinhando crescimento econômico à preservação ambiental.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENERGIA SOLAR NO BRASIL

Em nações desenvolvidas há uma conscientização maior que a que atualmente existe no Brasil em relação à energia solar, como visto por Galdino *et al* (2024):

Nações desenvolvidas, incluindo EUA, países da Europa e Japão, já implementam programas para utilização direta da energia solar. No caso da fotovoltaica, principalmente, sob forma de sistemas conectados à rede elétrica existente. (GALDINO *et al.*, 2024, p18)

O Brasil é o país que mais recebe incidência solar no mundo, tanto pela proximidade com a linha do equador, quanto pela pouca variação de irradiação solar entre as estações. (BMB ENERGY, 2022).

Porém, a energia solar compõe apenas uma pequena parte do total na matriz elétrica brasileira. Em 2023, um total de 58,9% da matriz elétrica ainda era composta por Energia Hidráulica, 13,2% de Energia eólica e somente 7% da energia era solar, sendo o restante composto por diversas formas de energia não renováveis.

Um fator importante que impede o uso da energia solar, é a falta de conhecimento pelo público geral, como visto por BMB Energy (2022):

Diversas vantagens estão ligadas ao investimento em usinas de energia solar, como a eficiência, o maior cuidado com o meio ambiente, a geração de empregos e o desenvolvimento sustentável. Mas, ainda falta conscientização da maior parte dos brasileiros para que o potencial de produção de energia solar no país seja explorado. Para isso, a inovação no setor se torna necessária para alavancar esse progresso. (BMB ENERGY, 2022)

2.2 IRRADIAÇÃO SOLAR E POTÊNCIA FOTOVOLTAICA

O objetivo da aplicação é permitir que os usuários visualizem os valores referentes à energia solar. A radiação solar é uma fonte energética inesgotável e possui um enorme potencial de utilização através de meios de captação e de conversão em outra forma de energia, como energia elétrica, uma das formas de conversão é através do efeito fotovoltaico (CRESESB, 2006).

Segundo CRESESB (2006, citado por Silva e Araújo, 2022):

O Efeito Fotovoltaico é o que se denomina quando a energia solar é diretamente transformada em energia elétrica e ocorre a partir de materiais semicondutores, caracterizados [sic] pela existência de bandas de energia, uma composta por elétrons e a outra vazia. O material mais utilizado para este fim é o silício [...] (CRESESB, 2006, citado por Silva e Araújo, 2022).

A aplicação web permite a visualização de 4 valores referentes a radiação solar:

- DNI (*Direct Normal Irradiance*) – Irradiância Direta Normal:
- GHI (*Global Horizontal Irradiance*) – Irradiância Global Horizontal
- GTI (*Global Tilted Irradiance*) – Irradiância Global Inclinada
- PVOOUT (*Photovoltaic Power Output*) – Saída de Energia Fotovoltaica

Esses valores se referem à forma que a irradiação acontece. De forma direta, horizontal e inclinada. É medido também a saída de energia fotovoltaica.

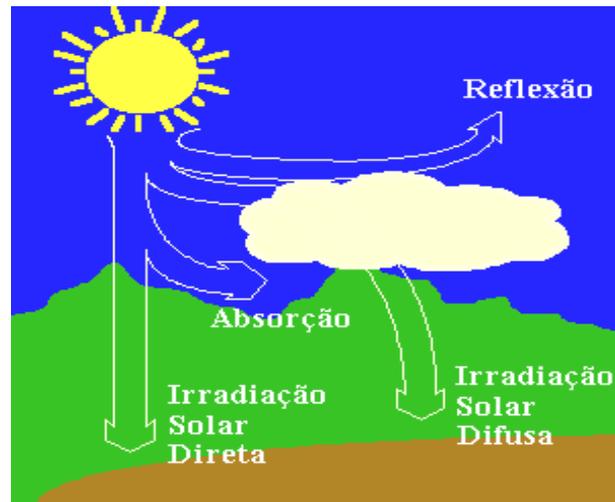
Os quatro valores são compostos por dados extraídos do Global Solar Atlas, que permite o download dos dados em arquivos GeoTiff. Foi escolhido esse formato pela melhor praticidade.

O GeoTIFF é um tipo de arquivo que utiliza de arquivos TIFF (tipo de arquivo que armazena imagens compostas por pixels) e associa com coordenadas geográficas. (OSGEO, 2019). Assim permitindo a associação de dados geográficos baseados em coordenadas à imagens e permitindo a utilização em mapas como no mapa incluído na aplicação.

Os valores apresentados pelo Global Solar Atlas são representações da irradiação solar e de potência fotovoltaica calculadas com base em metodologias descritas pela ESMAP (2019) no seu relatório técnico. Cada valor se refere a um tipo diferente de irradiação solar.

A figura 1 demonstra o trajeto da irradiação solar. Apenas uma fração da radiação solar que chega nas camadas superiores da atmosfera chega até a superfície. Essa fração é constituída por um componente direto ou difuso (CRESESB. 2006).

Figura 1 - Trajeto da Irradiação Solar



Fonte: CRESESB (2006).

O DNI é representado pela Irradiação Solar Direta da figura, além de ser baseado também no GHI. Para os valores de GTI há também a influência devido a inclinação terrestre.

A inclinação afeta a irradiação dos raios solares e é uma das bases do GTI, além de ser afetado por outros fatores como o GHI, albedo do terreno e DNI (ESMAP, 2019).

É demonstrada na Figura 2 como o usuário recebe as informações do local e também a forma pela qual ele escolher qual mapa visualizar, podendo alternar entre os 4 valores para o mapa:

Figura 2 - Dados Solares apresentados na Aplicação Web

Informações do local		
Potência fotovoltaica	PVOUT	kWh/kWp
Irradiação direta normal	DNI	kWh/m ²
Irradiação Global Horizontal	GHI	kWh/m ²
Irradiação Global Inclinada	GTI	kWh/m ²

Fonte: Imagem do Autor

Foram usados dados baseados na média diária até 2022, e os valores de DNI, GHI e GTI usam a métrica de kWh/m² (quilowatt-hora por metro quadrado), já o PVOUT utiliza de kWh/kWp (quilowatt-hora por quilowatt-pico). Ao clicar em cima do nome, o mapa do Brasil passa a ser representado baseado nos dados daquele respectivo valor. É também nessa seção que os dados da localização escolhida aparecem.

2.3 TECNOLOGIAS USADAS NO DESENVOLVIMENTO

Para a construção desse projeto, foi decidido o uso de Python. Python é uma linguagem de programação criada por Guido van Rossum, e foi escolhida por ser uma linguagem versátil e ideal para a resolução de uma variedade de problemas (VAN ROSSUM; DE BOER, 1991). Além do suporte a bibliotecas e frameworks populares como Django, Python também possui suporte para várias plataformas e conta com uma comunidade extremamente ativa. É uma linguagem conhecida por sua simplicidade e facilidade de aprendizado (XP EDUCAÇÃO, 2022). Em comparação com outras linguagens como JavaScript ou Java, Python se destaca pela clareza e velocidade no desenvolvimento inicial.

No projeto, a linguagem facilitou a criação da aplicação web por possuir suporte ao framework Django. Segundo sua documentação, Django é um framework escrito em Python que foi projetado para simplificar e agilizar o processo de criação de aplicações. Ele permite a construção eficiente de código de forma segura e modular ao fornecer diversas funcionalidades, como autenticação, gerenciamento de formulários e uma interface para administração, além de possuir uma gestão eficiente de templates e um sistema de views para controlar a lógica da aplicação (Django Software Foundation, 2024). Ao compararmos Django com outras opções, como Flask, Django oferece um conjunto mais completo de ferramentas integradas, enquanto Flask possui menos funções e depende mais de bibliotecas externas.

Para a inclusão do mapa foi escolhida a biblioteca Leaflet. Essa ferramenta foi desenvolvida para a criação de mapas interativos responsivos e foi criada com foco em simplicidade, performance e usabilidade, além de ser compatível com a

maioria dos navegadores modernos (AGAFONKIN, 2023). Quando comparada a outras bibliotecas, como Google Maps API, o Leaflet se destaca por ser open source e oferecer funcionalidades robustas sem custos adicionais.

Para a criação da interface, foi usado Bootstrap Studio, uma ferramenta que permite a criação de interfaces responsivas através de um sistema de arrastar e soltar, baseado no framework Bootstrap. Ele inclui uma quantidade de componentes prontos, como cabeçalhos e menus de navegação, além de permitir a exportação em código pronto para ser utilizado (Zine EOOD, 2024). Em comparação com outros frameworks como o Tailwind CSS, Bootstrap Studio foi escolhido devido à sua abordagem visual, que acelerou o desenvolvimento da interface.

2.4 TRABALHOS CORRELATOS

Para a construção teórica, foram consultados projetos sobre o tema de energia solar fotovoltaica e a criação de ferramentas associadas, por meio de uma *string* de busca no Google Acadêmico.

Barros e Vilela (2020) desenvolveram um software voltado para a análise de módulos fotovoltaicos, gerando curvas de tensão-corrente e potência-tensão. O software visa contribuir para a pesquisa em energia renovável e promover o uso da energia solar.

Os autores destacam que: “A energia solar tem se destacado como uma fonte promissora e sustentável de geração de eletricidade, impulsionando o uso de módulos fotovoltaicos em diversas aplicações.” (BARROS; VILELA, 2020).

Barros e Vilela (2020) concluíram após análise e comparação dos resultados que o software atendeu às expectativas e funcionalidades propostas. O software se mostrou eficiente em adquirir e analisar dados de placas fotovoltaicas e apresentou uma solução amigável e completa para os profissionais (BARROS; VILELA, 2020)

Já França (2023) aborda a evolução da geração distribuída de energia solar no Brasil, enfatizando a necessidade de medidores bidirecionais que permitam um monitoramento preciso da produção e consumo de energia solar nas unidades

consumidoras. O estudo propõe soluções baseadas no protocolo MQTT para melhorar o gerenciamento e a visualização desses dados.

França (2023) também ressalta que “Hoje, a energia solar fotovoltaica é a principal fonte de geração distribuída no Brasil, representando acima de 95% do total e possuímos mais de 11GW de potência instalada de GD no país.”

Foi concluído que a Energia Solar no Brasil está crescendo de forma acelerada e que são necessárias inovações e pesquisas para prover ao sistema mais confiabilidade. Também foi concluído que essas inovações são muito importantes para melhorar a qualidade de vida das pessoas, redes, instalações e corporações. (FRANÇA, 2023).

Outro projeto relacionado foi o projeto de Almeida (2021) que desenvolveu um projeto de usina fotovoltaica flutuante utilizando ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para avaliar a viabilidade do sistema e otimizar a geração de energia solar no espelho d'água do Lago Paranoá - DF.

Almeida (2021) consta em seu estudo que:

Para o melhor aproveitamento do potencial de uma usina FPV fatores como localização geográfica, irradiação solar e batimetria são necessários e diante disso, a abordagem baseada em sistema de informação geográfica (SIG) é constituída de ferramentas que auxiliam na análise espacial e no planejamento de eletrificação. (ALMEIDA, 2021).

Ele identificou a oportunidade de aplicar essa tecnologia em Brasília, concluindo que o potencial ainda não foi explorado e que por isso foi importante estudar sobre a viabilidade técnica do projeto (ALMEIDA, 2021).

Sampaio (2023) em seu projeto analisou formas de implementar medidas de sustentabilidade em condomínios residenciais, incluindo o uso de energia solar fotovoltaica, simulação de demanda e oferta de energia utilizando o software HOMER Pro. Este estudo demonstrou a integração de tecnologias de energia solar em ambientes residenciais e a importância de simulações precisas.

As simulações, realizadas pelo software HOMER pro demonstraram, se comparado ao cenário referência, resultados positivos no contexto da economia e redução de Co2, tendo como melhor cenário, o cenário que considerou a

implementação de aquecimento solar da água, placas fotovoltaicas e lâmpadas LED. Esse cenário obteve uma redução de 69% na emissão de gases poluentes para a atmosfera (SAMPAIO, 2023).

Por fim, Melo (2022) focou na análise de fluxo de potência para integrar a geração centralizada de energia fotovoltaica ao sistema interligado nacional. O estudo aborda os desafios técnicos da integração e a necessidade de estratégias eficientes para viabilizar essa transição.

Foi concluído que a conexão central geradora não acarreta a violação dos limites de tensão, e no cenário onde já havia violação na tensão de algumas barras o índice de severidade diminuiu com a conexão do empreendimento. Porém fica ressaltado no estudo que esta é apenas uma parte de uma série de estudos necessários no processo (MELO, 2022).

3. METODOLOGIA

Este trabalho é de natureza aplicada, pois envolve o desenvolvimento de uma aplicação web para o acesso de dados relacionados à irradiação solar e potência fotovoltaica. O projeto utiliza a *Design Science Research Methodology* (DSRM) criada por Peffers *et al.* (2007) voltada para sistemas de informação, a metodologia adota uma abordagem sistemática e estruturada que permite a criação e avaliação da aplicação web.

A aplicação tem como objetivo facilitar o acesso de dados solares e fotovoltaicos no Brasil e será desenvolvida, demonstrada e testada para avaliar sua eficácia e funcionalidades, além de descartar a presença de erros e verificar a usabilidade.

A seguir detalham-se as etapas da abordagem DSRM aplicadas para o projeto de forma detalhada.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO

O problema foi identificado como sendo a falta de uma visualização clara e objetiva dos dados de irradiação solar no Brasil, já que a dificuldade em interpretar as informações prejudica a conscientização e o incentivo ao uso da energia solar. Assim, o desenvolvimento de uma aplicação prática e acessível visa facilitar o acesso e a compreensão desses dados.

3.2 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS PARA A SOLUÇÃO

Foi estabelecido, segundo a metodologia, os objetivos da aplicação. A seguir são citados os principais:

- Desenvolvimento do modelo de banco de dados para armazenar os dados de consumo e produção de energia solar.
- Implementação do modelo de banco de dados utilizando a linguagem de programação Python.
- Criação da interface de usuário utilizando Bootstrap Studio.

3.3 DESIGN E DESENVOLVIMENTO

Nessa etapa do projeto foram realizadas as escolhas técnicas para a aplicação, como a escolha da ferramenta para criação da interface e das linguagens de programação utilizadas para a criação da aplicação.

3.3.1 Escolha das Ferramentas e Tecnologias

Foi escolhida a linguagem Python para desenvolvimento da aplicação por conta de ser uma linguagem de programação robusta na manipulação de dados e pela integração com ferramentas adicionais, como *frameworks*, que facilitam a criação através de diversas ferramentas já integradas.

O *framework* Django foi escolhido para a criação da aplicação, já que oferece uma estrutura modular e segura. O Django facilita a criação dessa estrutura escalável, e também permite uma integração direta com o banco de dados. O *framework* agiliza o projeto pois já possui diversas funcionalidades embutidas, como autenticação de usuário e segurança.

A biblioteca Leaflet também foi usada por ser uma ferramenta desenvolvida para a criação de mapas interativos responsivos, sendo necessária para a criação do mapa na aplicação.

Para a construção da interface foi usado a ferramenta Bootstrap Studio que permite uma maior responsividade e facilidade de uso, permitindo a criação de um design acessível e simples.

3.3.2 Modelagem do Banco de Dados

Foi desenvolvido um modelo de banco de dados através do *framework* Django, que permite a conexão dos dados de irradiação solar e potência fotovoltaica do Global Solar Atlas (2024) com o usuário. O modelo permite consultas rápidas e facilita a apresentação dos dados exibindo-os através da escolha da localização em um mapa interativo, que permite que o usuário selecione o ponto exato de interesse e tenha acesso aos dados ao incluí-los como “favoritos”.

3.3.3 Prototipagem da Interface

O protótipo de interface priorizou a navegação simplificada e a apresentação clara dos dados, além de maximizar a acessibilidade e a experiência geral do usuário.

3.4 DEMONSTRAÇÃO

A aplicação será demonstrada em uma simulação, em que o usuário navega pela plataforma e consulta os dados solares para diferentes localizações do Brasil e então os dados são salvos na conta do usuário. Há também a escolha de um novo local e a repetição do salvamento de dados com o novo local. O cenário permite explorar o funcionamento da aplicação e avaliar a eficiência da interface.

3.5 AVALIAÇÃO

A avaliação é realizada por um conjunto de testes unitários realizados em Python, para medir a eficiência do código e do modelo de banco de dados. É então avaliada a cobertura de código total da aplicação.

3.6 COMUNICAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados serão documentados e apresentados na seção de conclusão do projeto através da demonstração e avaliação.

4. RESULTADOS

4.1 DEMONSTRAÇÃO DA APLICAÇÃO

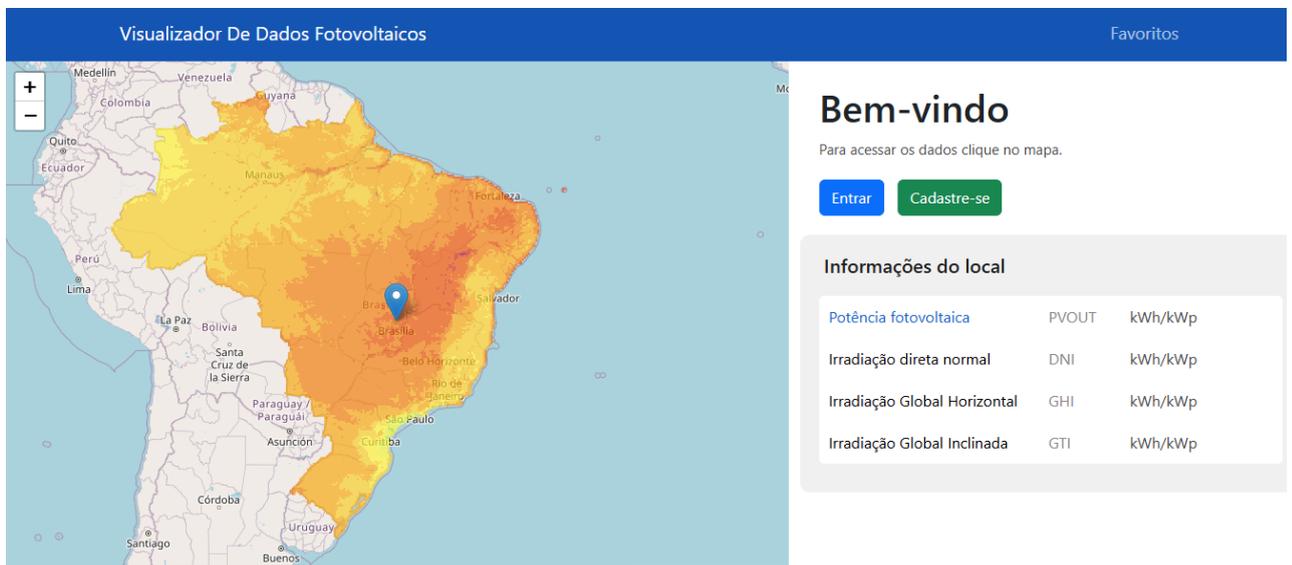
A demonstração a seguir visa ilustrar o fluxo de um usuário pela aplicação web, mostrando as funcionalidades e a usabilidade. Nessa etapa serão simulados cenários de uso que explorem as principais funcionalidades da aplicação, com foco na escolha de regiões e a apresentação dos dados solares diretamente na tela.

A simulação busca apresentar como usuários sem capacidade técnica podem navegar facilmente pela interface e obter dados solares de diferentes regiões do Brasil, e também salvar os dados para uso posterior.

4.1.1 Cadastro de Usuário

Ao acessar a aplicação web o usuário é convidado a realizar o cadastro como visto na Figura 3.

Figura 3 - Tela Inicial sem usuário cadastrado



Fonte: Imagem do Autor.

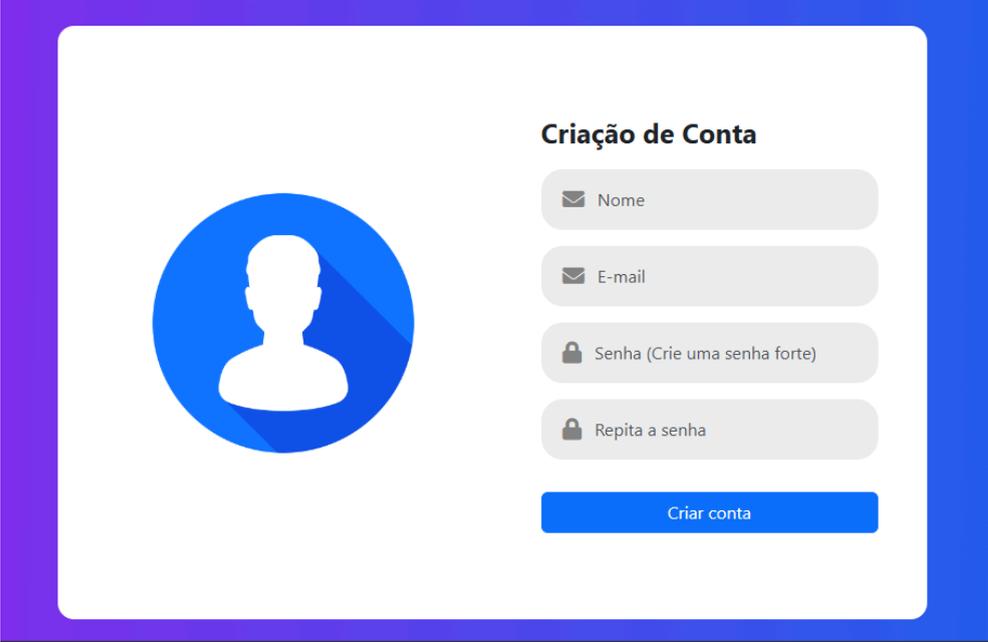
Há um mapa no lado esquerdo, demonstrando, de forma visual, os dados da opção padrão de Potência Fotovoltaica (PVOUT) por meio de um gradiente de cores. À direita, está a tela de boas-vindas ao usuário, com uma breve explicação

sobre como acessar os dados. Há também dois botões: um para entrar, caso o usuário já esteja cadastrado, e outro para realizar o cadastro.

Na parte superior direita, encontra-se o botão para acessar os favoritos. Neste estágio, é possível visualizar os dados solares, mas não salvá-los como favoritos. Na simulação, o usuário realiza o cadastro clicando no botão 'Cadastrar-se'."

Na figura 4 é exibida a tela de cadastro para preenchimento do nome, e-mail e senha.

Figura 4 - Tela de cadastro sem informações preenchidas

A imagem mostra uma interface de usuário para a criação de uma conta. O título "Criação de Conta" está no topo direito. À esquerda, há um ícone de perfil humano dentro de um círculo azul. À direita, há quatro campos de entrada de texto: "Nome", "E-mail", "Senha (Crie uma senha forte)" e "Repita a senha". Cada campo contém um ícone de correspondência (envelope para e-mail e cadeado para senha). Abaixo dos campos, há um botão azul com o texto "Criar conta".

Fonte: Imagem do Autor.

Na demonstração são preenchidos os dados como mostra a Figura 5. São usados dados de teste para o nome "João", email "joao@gmail.com" e senha. Então é simulado o clique para o *login*.

Figura 5 - Tela de cadastro com informações preenchidas

Criação de Conta

✉ João

✉ joao@gmail.com

🔒

🔒

Criar conta

Fonte: Imagem do Autor.

Após o cadastro, o usuário é redirecionado para a Tela Inicial e agora tem acesso à possibilidade de salvar os dados acessados para uso posterior. A Figura 6 representa a tela inicial com o usuário já conectado.

Figura 6 - Tela Inicial com usuário conectado

Visualizador De Dados Fotovoltaicos Favoritos

Bem-vindo

Para acessar os dados clique no mapa.

Adicionar aos Favoritos

Informações do local

Potência fotovoltaica	PVOUT	kWh/kWp
Irradiação direta normal	DNI	kWh/m ²
Irradiação Global Horizontal	GHI	kWh/m ²
Irradiação Global Inclinada	GTI	kWh/m ²

Bem vindo João! Sair

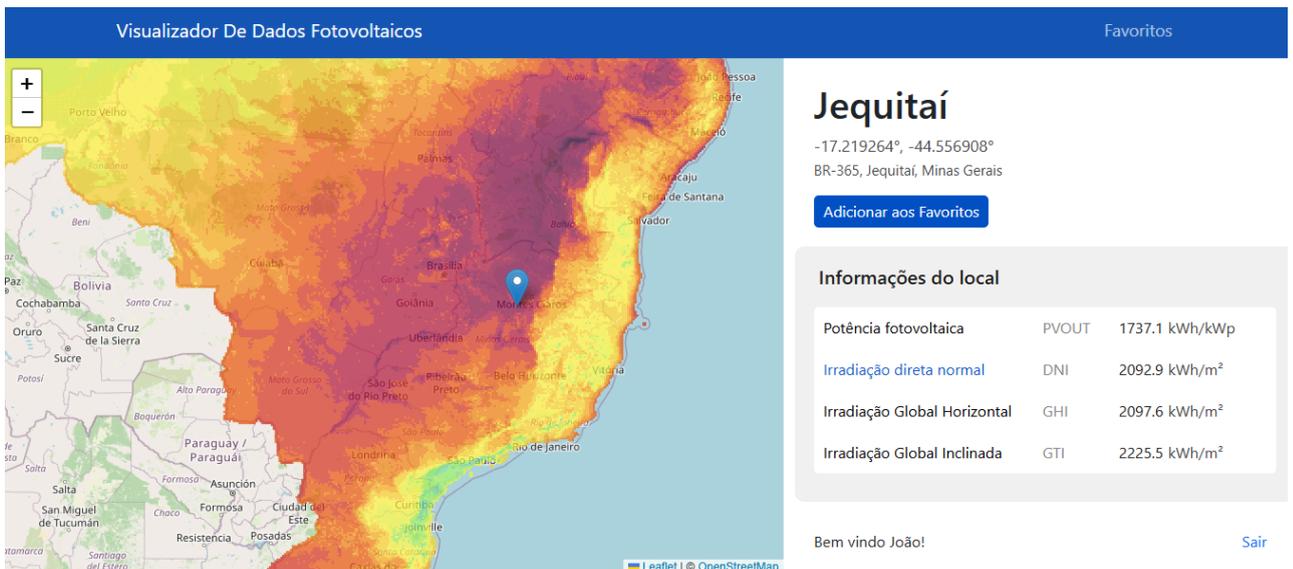
Fonte: Imagem do Autor.

A tela é a mesma que é demonstrada na Figura 3, porém com um usuário conectado a aplicação menciona o usuário por nome e há a opção de sair da conta conectada.

4.1.2 Escolha da região e acesso aos dados

É possível escolher um local no mapa que esteja situado no Brasil. Então, os dados solares são exibidos à direita do mapa, onde há informações sobre o local escolhido. Na figura 7 foi escolhido Jequitai como o local e o mapa apresentado foi escolhido como a representação da Irradiação Direta Normal (DNI), ressaltado em azul.

Figura 7 - Tela após escolha de local no mapa



Fonte: Imagem do autor.

As informações exibidas incluem a cidade, coordenadas e dados sobre a localização, como rua, bairro e cidade, quando disponíveis. Abaixo das informações básicas, há um botão para adicionar o local aos favoritos. Em seguida, são apresentados os dados solares extraídos dos arquivos TIFF, que incluem: Potência Fotovoltaica (PVOUT), Irradiação Direta Normal (DNI), Irradiação Global Horizontal (GHI) e Irradiação Global Inclinada (GTI).

4.1.3 Salvamento dos dados para uso posterior

A seguir, o usuário escolhe salvar os dados solares para realizar análise posteriormente, então ao clicar no botão para adicionar aos favoritos, é apresentado a tela de favoritos como exibido na Figura 8, que demonstra a seção de Favoritos.

Figura 8 - Tela de Favoritos

Favoritos					
Nome	PVOUT	DNI	GHI	GTI	
Jequitaiá BR-365, Jequitaiá, Minas Gerais -17,21926381914347°, -44,556908048537615°	1737,1 kWh/kWp	2092,9 kWh/m2	2097,6 kWh/m2	2225,5 kWh/m2	Deletar

Fonte: Imagem do Autor.

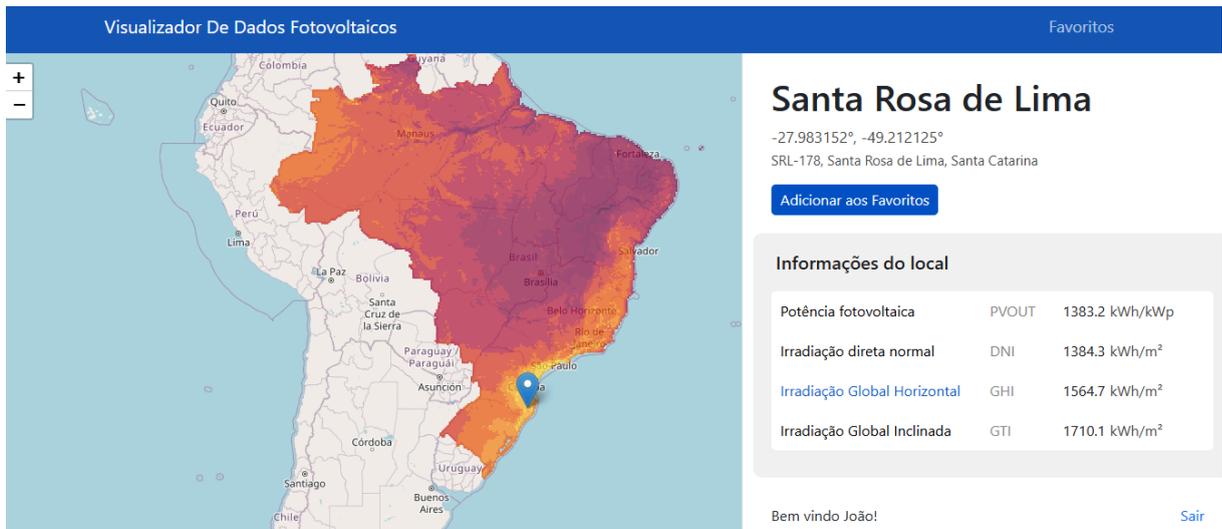
A seção apresenta os dados do local e os dados solares, junto com uma opção de deletar os dados dos favoritos. O usuário pode salvar um número ilimitado de locais e também possui a opção de removê-los quando necessário.

4.1.4 Escolha de um novo local e salvamento

Após a primeira demonstração do funcionamento com apenas um local, é necessário conferir se a aplicação está funcionando corretamente também em outras regiões brasileiras.

O próximo passo da demonstração é simular um novo local e salvá-lo, além de escolher um novo dado para servir de base para o mapa como é apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Tela após escolha de um novo local e mapa

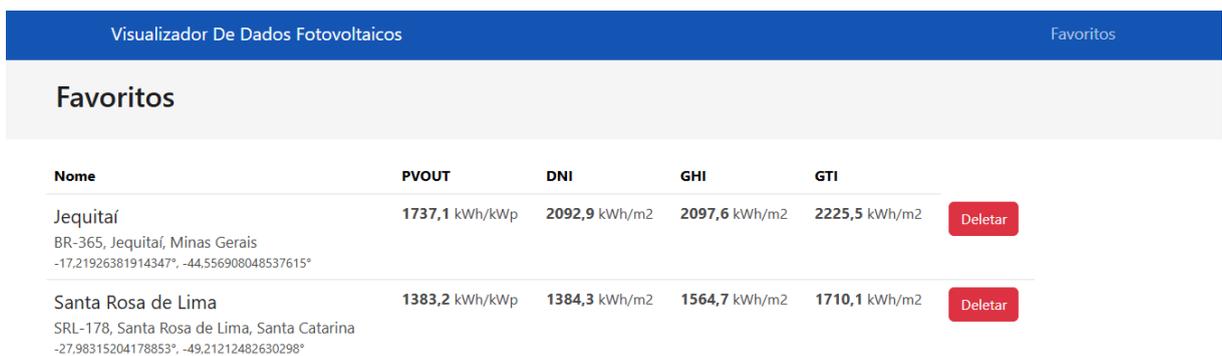


Fonte: Imagem do Autor.

O local escolhido é Santa Rosa de Lima, e também há a escolha de um novo valor para representação no mapa, a Irradiação Global Horizontal. O novo local então é salvo como favorito.

Na Figura 10, são exibidos ambos os locais salvos na seção de Favoritos.

Figura 10 - Tela de Favoritos com dois locais escolhidos



Fonte: Imagem do Autor.

A demonstração concluiu o fluxo principal que um usuário comum seguiria, passando pelo cadastro de conta, escolha da região, e salvamento dos dados como favoritos para análises futuras, além da escolha de mais de um local.

4.2 TESTES UNITÁRIOS E COBERTURA DE CÓDIGO

Após a demonstração na prática de como seria um fluxo comum para um usuário, foram feitos os testes unitários, realizados para conferir a eficiência da aplicação a nível de código e tentar encontrar possíveis erros. Na Figura 11 é apresentado um dos testes unitários realizados:

Figura 11 - Teste Unitário da Página Inicial

```
class ViewTests(TestCase):
    def setUp(self):
        self.user = User.objects.create_user(username='testuser', email="testuser@gmail.com", password='M0-Ã`30ggj6_')
        self.client = Client()
        self.client.login(username='testuser', password='M0-Ã`30ggj6_')

        # Dados simulados para "dados_energia" e "localizacao"
        self.dados_energia_data = {
            'solar_data_pvout': 5.0,
            'solar_data_dni': 4.0,
            'solar_data_ghi': 3.0,
            'solar_data_gti': 2.0
        }

        self.localizacao_data = {
            'latitude': 12.34,
            'longitude': 56.78
        }

        # URL para a view de criação
        self.url = reverse('create')

    def test_home(self):
        response = self.client.get(reverse('home'))
        self.assertEqual(response.status_code, 200)
        self.assertTemplateUsed(response, 'home.html')
```

Fonte: Imagem do Autor

A figura mostra o teste da página inicial, assim como a inserção de dados solares de teste e de coordenadas geográficas.

Uma das principais métricas dos testes é a cobertura de código que tem como principal objetivo encontrar códigos não testados. Se um sistema tem uma alta cobertura de código significa que foi mais testado do que um sistema com baixa cobertura, e tem menos chances de cometer erros. (CANDIDO, 2019)

A Google tem como base para seus desenvolvedores um valor entre 60% e 90% de cobertura. Segundo Arguelles, Ivanković e Bender (2020):

[...] Embora não haja um “número ideal de cobertura de código”, na Google oferecemos diretrizes gerais de: 60% como “aceitável”, 75% como “recomendável” e 90% como “exemplar”. No entanto, preferimos evitar métricas rígidas e encorajamos cada equipe a selecionar o valor que melhor

atenda às suas necessidades de negócios. (ARGUELLES; IVANKOVIĆ & BENDER, 2020, tradução do autor)

Para testar a aplicação web e conferir a cobertura de código foi usado o “coverage.py” em conjunto com os testes. “Coverage.py” é uma ferramenta usada em Python que mede a cobertura do código além de exibir linhas testadas e não testadas. (KARIUKI, 2024).

A figura 12 mostra o resultado da cobertura de código realizada na aplicação após a criação dos testes unitários.

Figura 12 - Cobertura de Código

Coverage report: 81%

Files Functions Classes

coverage.py v7.5.4, created at 2024-11-15 18:24 -0300

File ▲	statements	missing	excluded	coverage
dashboard\forms.py	6	0	0	100%
dashboard\models.py	24	0	0	100%
dashboard\views.py	79	32	0	59%
users\forms.py	11	0	0	100%
users\models.py	4	0	0	100%
users\tests.py	1	0	0	100%
users\views.py	41	0	0	100%
Total	166	32	0	81%

coverage.py v7.5.4, created at 2024-11-15 18:24 -0300

Fonte: Imagem do Autor.

A cobertura total foi de 81% do código, o que segundo as diretrizes do Google está na faixa de “Recomendável” e é considerado como uma aplicação bem testada. Os testes unitários e o resultado da cobertura de código demonstram que a aplicação foi testada extensivamente e não encontra nenhum erro aparente.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho abordou o desenvolvimento de uma aplicação web que facilita a visualização de dados de energia solar no Brasil. A ferramenta permite aos usuários acessar essas informações de forma clara e intuitiva, auxiliando na tomada de decisões sobre o uso da energia solar e estimulando a adoção dessa fonte de energia no Brasil.

Os objetivos propostos neste trabalho foram alcançados tendo em vista que foi possível:

A criação de uma interface acessível e com boa usabilidade para o usuário comum, através da utilização de ferramentas como Bootstrap Studio foi realizada. Visto que foi desenvolvida uma interface composta de um mapa interativo representando o Brasil, com o acesso aos dados na própria interface principal, além da criação de uma tela de acesso aos dados salvos como favoritos.

No entanto, o escopo do desenvolvimento se limitou a uma funcionalidade inicial, o que restringiu a abrangência da aplicação. A visualização dos dados, embora funcional, poderia ser aprimorada com a integração de mais opções interativas e a personalização da exibição conforme as preferências do usuário. Para futuras melhorias, seria interessante expandir o alcance da interface, adicionando mais camadas de interação, além de otimizar o processo de autenticação e permitir maior flexibilidade na gestão do perfil do usuário e dos dados salvos.

Já a autenticação de usuários e possibilidade de login na aplicação também foi realizada, através do *framework* Django que facilitou no gerenciamento de usuários, também foi criada uma tela para essa autenticação de usuário que se provou eficiente na demonstração da aplicação.

Quanto ao mapa do Brasil sendo representado através de um gradiente de cores baseado nos dados fornecidos também foi concluído, através do uso de ferramentas com LeafLet que permitiram a integração do mapa, e também dos dados vindos do Global Solar Atlas que foram integrados ao mapa, o que possibilitou à inclusão de um gradiente baseado nos dados solares.

A criação da funcionalidade para escolha de qualquer local brasileiro e acesso aos dados solares referentes foi eficaz, tendo em vista que na sua demonstração se mostrou eficiente ao captar o clique no local escolhido e relacionar o local aos dados armazenados, exibindo-os na tela do usuário.

O modelo de dados para conexão do usuário aos dados de locais escolhidos foi realizado, auxiliado pela estrutura do *framework* Django que facilitou a sua criação. O modelo foi capaz de salvar os dados e associá-los ao usuário de teste na demonstração da aplicação, além de ser capaz de exibi-los na tela de Favoritos para o uso futuro em análises.

Dessa forma, o objetivo principal de proporcionar uma ferramenta acessível para a visualização de dados sobre energia solar foi alcançado. A aplicação se mostrou eficaz na busca e apresentação dos dados de acordo com a escolha do usuário, permitindo que ele realize análises posteriores com os dados salvos.

Com isso, a aplicação desenvolvida preenche uma lacuna ao oferecer uma ferramenta simples e acessível para que usuários comuns possam acessar dados sobre energia solar, sem a complexidade e a necessidade de conhecimento técnico presentes nas ferramentas atuais. Facilitando o acesso à informação e também a conscientização do público em geral sobre a energia solar e seu potencial como fonte renovável. Além disso, a aplicação contribui para a promoção do uso da energia solar no território brasileiro, apoiando a transição para uma matriz energética mais sustentável e eficiente.

Na criação da aplicação as principais dificuldades encontradas foram a falta de material disponível sobre ferramentas similares que acessam dados de irradiação solar e também a pouca quantidade de estudos sobre aplicações que agem de maneira similar à aplicação. Espera-se que este projeto ajude no estudo de mais ferramentas que auxiliem no assunto tratado neste trabalho, e permita a ampliação de tecnologias similares.

Como perspectivas para desenvolvimento futuro deste trabalho, observou-se necessário realizar uma validação com usuários, a fim de identificar possíveis melhorias na interface da ferramenta. Além disso, observou-se também a necessidade de implementação de novos recursos, como por exemplo o uso de

elementos de pesquisa para permitir a busca instantânea através da escrita, e não somente da escolha pelo mapa, assim melhorando a acessibilidade da aplicação. Outro aspecto que almeja-se implementar em uma nova versão, trata-se do mapa interativo, visando representar os dados com elementos auxiliares comuns em mapas, como legenda, e o uso de cores acessíveis para pessoas daltônicas ou com baixa visão.

REFERÊNCIAS

AGAFONKIN, Volodymyr. Leaflet, an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps. Disponível em: <https://leafletjs.com/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

ALMEIDA, Pedro Henrique Antonini Alves de. Aplicação do Sistema de Informação Geográfica (SIG) no Projeto de Sistema Fotovoltaico Flutuante no Lago Paranoá – DF. Universidade de Brasília – UnB, 2021.

ARGUELLES, Carlos; IVANKOVIĆ, Marko; BENDER, Adam. Code coverage best practices. *In:* Google. Testing Blog. 07 ago. 2020. Disponível em: <https://testing.googleblog.com/2020/08/code-coverage-best-practices.html>. Acesso em: 14 nov. 2024.

BARROS, Gustavo M.; VILELA, Márcio da S. Desenvolvimento de um Software para Obtenção das Curvas Características de um Painel Fotovoltaico. Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, 2020.

Brasil. Ministério de Minas e Energia. **Matriz Energética Nacional 2030**. Brasília: MME/EPE, 2007. Disponível em: <https://antigo.mme.gov.br/documents/36208/461919/Matriz+Energ%C3%A9tica+Nacional+2030.pdf/cf7e0f4c-8067-6856-150e-b53d9bbd81b2?version=1.0&download=true>. Acesso em: 18 nov. 2024.

BMB Energy. Potencial de energia solar no Brasil é a maior do mundo. 2022. Disponível em: <https://www.bmbenergy.com.br/potencial-energia-solar/>. Acesso em: 22 out. 2024.

CANDIDO, Alex. Um pouco sobre cobertura de código e cobertura de testes. *In:* Medium. Liferay Engineering Brazil. 08 out. 2019. Disponível em: <https://medium.com/liferay-engineering-brazil/um-pouco-sobre-cobertura-de-c%C3%B3digo-e-cobertura-de-testes-4fd062e91007>. Acesso em: 14 nov. 2024.

CRESESB/CEPEL. Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=321. Acesso em: 05 nov. 2024.

DJANGO SOFTWARE FOUNDATION. Documentação do Django. Disponível em: <https://docs.djangoproject.com/pt-br/5.1/>. Acesso em: 04 nov. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional Interativo (BEN). Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-interativo>. Acesso em: 02 nov. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Matriz Energética e Elétrica. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 02 nov. 2024.

ESMAP. Global Solar Atlas 2.0 Technical Report. Washington, DC: World Bank, 2019. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/downloads/global-solar-atlas-technical-report>. Acesso em: 15 nov. 2024.

FRANÇA, Felipe Monteiro. Energia Solar no Brasil em 2023 e Sistemas de Medidores de Energia Inteligentes para Unidades com Energia Solar. Universidade Federal do Ceará, 2023.

FRANCO, Guilherme Gandra. Modelagem Tridimensional com o Algoritmo Structure from Motion (SfM) para Análise do Potencial de Geração de Energia Fotovoltaica em Telhados. Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

GALDINO, M. A. E.; LIMA, J. H. G.; RIBEIRO, C. M.; SERRA, E. T. O Contexto das Energias Renováveis no Brasil. Revista da DIRENG – Diretoria de Engenharia Aeronáutica. Disponível em: <https://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024

Global Solar Atlas. Map and data downloads. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/download/brazil>. Acesso em: 03 nov. 2024.

GOOGLE. Django documentation. Advanced testing topics. Disponível em: <https://docs.djangoproject.com/en/5.1/topics/testing/advanced/>. Acesso em: 22 nov. 2024.

KARIUKI, Collins. Decoding code coverage: types, tools & best practices. *In:* Geekflare. Test Management. 08 nov. 2024. Disponível em: <https://geekflare.com/code-coverage-types-tools/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

MELO, Rayne Sterfânia Aguiar de. Análise de Fluxo de Potência: Estudo para Integração de Empreendimento de Geração Centralizada Fotovoltaica às Instalações de Transmissão. Universidade Federal de Pernambuco, 2022.

OSGeo. GeoTIFF – A standard for georeferenced raster imagery. Disponível em: <https://trac.osgeo.org/geotiff/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

PEFFERS, Ken et al. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, v. 24, n. 3, p. 45–77, Winter 2007–8. DOI: 10.2753/MIS0742-1222240302.

SAMPAIO, Marina Mendes. Planejamento Energético Integrado em um Condomínio Residencial de Pequeno Porte: Aspectos Relacionados à Sustentabilidade e Certificação Energética. Universidade Federal de Ouro Preto, 2023.

SILVA, Heitor Marques Francelino da; ARAÚJO, Francisco José Costa. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Uma Revisão Bibliográfica. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 859–869, 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i3.4654. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4654>. Acesso em: 05 nov. 2024.

VAN ROSSUM, G.; DE BOER, J. Interactively Testing Remote Servers Using the Python Programming language. CWI Quartely, v. 4, p. 283, 1991. Disponível em: <https://ir.cwi.nl/pub/18204/18204A.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2024.

XP EDUCAÇÃO. Tudo sobre Python: o que é? Para que serve? Como funciona? Blog XP Educação. 27 abr. 2022. Disponível em: <https://blog.xpeducacao.com.br/python/>. Acesso em: 04 nov. 2024.

ZINE EOOD. Bootstrap Studio. Disponível em: <https://bootstrapstudio.io/>. Acesso em: 04 nov. 2024.