

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BEBEDOURO

TECNOLOGIA EM BIG DATA NO AGRONEGÓCIO

**UMA ABORDAGEM DE UI/UX PARA VISUALIZAÇÃO
INTERATIVA DE DADOS METEOROLÓGICOS**

AUTOR: LEANDRO FRAIHA PAIVA

ORIENTADOR: RENAN GUILERME NESPOLO

BEBEDOURO

2025

LEANDRO FRAIHA PAIVA

**UMA ABORDAGEM DE UI/UX PARA VISUALIZAÇÃO
INTERATIVA DE DADOS METEOROLÓGICOS**

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia
de Bebedouro, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Tecnólogo em Big Data no
Agronegócio

Orientador: **prof. Dr. Renan Guilherme Nespolo**

BEBEDOURO

2025

A vida sem luta é um mar morto no centro do organismo universal.

MACHADO DE ASSIS

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, saúde e inspiração que me sustentaram durante toda esta jornada.

À minha esposa Patrícia e à minha filha Rafaela, pelo amor incondicional, paciência e apoio nos momentos de dedicação intensa ao trabalho — vocês são a minha maior motivação.

Ao meu orientador Renan Guilherme Nespolo, pela orientação precisa, disponibilidade e confiança depositada em mim desde o início do projeto.

Aos professores Paulo Eduardo Cardoso Andrade, Alexandre Leite Rangel e Antonio Fernando Traina, pelo conhecimento compartilhado, incentivo e valiosas contribuições ao longo do desenvolvimento deste projeto.

Aos demais professores e colegas, o meu mais sincero obrigado.

PAIVA, L.F. **Uma Abordagem de UI/UX para Visualização Interativa de Dados Meteorológicos**. Trabalho de Graduação (Monografia). Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Bebedouro. 44p. 2025.

RESUMO

O presente trabalho desenvolveu uma aplicação web interativa para gestão e visualização de dados meteorológicos históricos da Fundação Coopercitrus Credicitrus (FCC), em Bebedouro-SP. Foram utilizados 16.217 registros diários coletados entre 1983 e 2025, abrangendo temperatura máxima e mínima, precipitação pluviométrica e umidade relativa mínima do ar. Inicialmente armazenados em planilhas Excel, os dados foram migrados para banco MySQL e disponibilizados por meio de uma API RESTful desenvolvida na linguagem PHP. A interface foi implementada com os *frameworks* React, TypeScript e Chart.js para geração de gráficos interativos de linhas e barras. A avaliação de usabilidade foi realizada por teste não moderado com participantes não especialistas, com respostas positivas em relação à simplicidade, clareza e intuitividade da interface. A solução integra tecnologias de Big Data, IoT e princípios de UI/UX, contribuindo para a agricultura de precisão ao facilitar análises climáticas e apoiar decisões estratégicas no agronegócio.

Palavras-chave: Visualização de dados, API RESTful, agricultura de precisão, teste não moderado.

PAIVA, L.F. **Uma Abordagem de UI/UX para Visualização Interativa de Dados Meteorológicos** (Monografia). Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Bebedouro. 44p. 2025.

ABSTRACT

This work developed an interactive web application for managing and visualizing historical meteorological data from the Coopercitrus Credicitrus Foundation (FCC) in Bebedouro-SP, Brazil. A total of 16,217 daily records from 1983 to 2025 were used, encompassing maximum and minimum temperatures, rainfall, and minimum relative humidity. Initially stored in Excel spreadsheets, the data were migrated to a MySQL database and made available through a RESTful API developed in PHP. The interface was innovative, utilizing the React, TypeScript, and Chart.js frameworks to generate interactive line and bar graphs. Usability evaluation was conducted through unmoderated testing with non-expert participants, with positive responses regarding the simplicity, clarity, and intuitiveness of the interface. The solution integrates Big Data, IoT, and UI/UX principles, contributing to precision agriculture by facilitating climate analysis and supporting strategic decisions in agribusiness.

Keywords: *data visualization, RESTful API, precision agriculture, unmoderated test.*

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 13 |
| 2.1 | IMPORTÂNCIA DOS DADOS METEOROLÓGICOS..... | 13 |
| 2.2 | TECNOLOGIAS EMERGENTES EM METEOROLOGIA | 14 |
| 2.3 | CONCEITOS RELACIONADOS À API RESTFUL | 15 |
| 2.4 | FUNDAMENTOS DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS | 16 |
| 2.5 | AVALIAÇÃO DE VISUALIZAÇÕES..... | 18 |
| 2.6 | AGRICULTURA DE PRECISÃO E TECNOLOGIAS DIGITAIS..... | 20 |
| 2.7 | TESTE DE APRENDIZADO E TESTE NÃO MODERADO | 21 |
| 2.8 | BANCO DE DADOS MYSQL E INTEGRAÇÃO COM A API..... | 23 |
| 2.9 | FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO | 24 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 26 |
| 3.1 | CONJUNTO DE DADOS..... | 26 |
| 3.2 | MATERIAIS E SOFTWARE UTILIZADOS | 27 |
| 3.3 | METRICAS DE AVALIAÇÃO | 29 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 31 |
| 4.1 | DISCUSSÃO..... | 34 |
| 4.2 | LIMITAÇÕES..... | 36 |
| 5 | CONCLUSÃO | 37 |
| | REFERÊNCIAS | 38 |
| | APÊNDICE A - FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO VISUALIZAÇÕES CLIMÁTICAS | 41 |
| | ANEXO A - TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA USO DE DADOS METEOROLÓGICOS . | 44 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| FIGURA 1 - | DIAGRAMA DE API CLIENTE-SERVIDOR. | 15 |
| FIGURA 2 - | ESTÉTICA COMUMENTE USADA NA VISUALIZAÇÃO DE DADOS: POSIÇÃO, FORMA, TAMANHO, COR, LARGURA DA LINHA, TIPO DE LINHA. | 17 |
| FIGURA 3 - | ACUIDADE DE PERCEPÇÃO DE ATRIBUTOS VISUAIS..... | 19 |
| FIGURA 4 - | FLUXOGRAMA DA INTEGRAÇÃO..... | 28 |
| FIGURA 5 - | FRONTEND DA APLICAÇÃO WEB..... | 29 |
| FIGURA 6 - | INTERFACE (FRONTEND)..... | 32 |
| FIGURA 7 - | FEEDBACKS VISUAIS (EXEMPLO DE VISUALIZAÇÕES GRÁFICAS)..... | 32 |
| FIGURA 8 - | EXEMPLO DE TAREFA REQUERIDA. | 32 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|-----------|
| TABELA 1 - TIPOS DE VARIÁVEIS ENCONTRADAS EM CENÁRIOS TÍPICOS DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS. | 18 |
| TABELA 2 - TAREFAS REQUERIDAS NO TESTE DE USUÁRIO..... | 30 |

Lista de Gráficos

| | |
|---|-----------|
| GRÁFICO 1 - PARTICIPANTES DA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE | 31 |
| GRÁFICO 2 - TIPOS DE GRÁFICOS PARA AS TAREFAS 1,2,4,5..... | 33 |
| GRÁFICO 3 - TIPOS DE GRÁFICOS PARA A TAREFA 3. | 33 |
| GRÁFICO 4 - EXPERIÊNCIA DE USO, ENTENDIMENTO E REALIZAÇÃO DAS TAREFAS. 34 | 34 |
| GRÁFICO 5 - NÚMERO DE TAREFAS REALIZADAS DE FORMA CORRETA POR PARTICIPANTES..... | 35 |
| GRÁFICO 6 - NÚMERO DE TAREFAS REALIZADAS DE FORMA CORRETA POR PARTICIPANTES..... | 35 |

1 INTRODUÇÃO

O registro de dados meteorológicos é fundamental para a compreensão e previsão das condições atmosféricas, impactando diretamente diversas áreas da sociedade, como a agricultura, o transporte, a pesquisa científica e a preparação para desastres (WEATHERSTACK, 2025). No contexto agrícola, o conhecimento preciso das condições climáticas é vital para a tomada de decisões sobre plantio, irrigação e colheita, além de permitir a otimização da produtividade e a mitigação dos impactos negativos causados por eventos climáticos extremos, como secas, enchentes e geadas. Essas condições também afetam diretamente o bem-estar do gado e a disponibilidade de alimentos, sendo que a variabilidade climática influencia processos do solo e a dinâmica de nutrientes, o que pode resultar em perdas significativas na produção (IVANCHUK, 2025).

O monitoramento e a previsão das condições climáticas são, portanto, essenciais não apenas para a agricultura, mas também para diversas áreas da sociedade, como saúde, energia, segurança e transporte, sendo a gestão de riscos climáticos uma prioridade para o desenvolvimento sustentável (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2025). Além disso, eventos climáticos extremos podem gerar sérias perdas econômicas, e a quantificação desses impactos é crucial para a adoção de estratégias de adaptação no setor agrícola, como diversificação de culturas e melhoramento tecnológico (SCHMITT et al., 2022). A Fundação Coopercitrus Credicitrus (FCC), em Bebedouro (SP), conduz pesquisas experimentais que demandam o monitoramento de variáveis como temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar. Esse monitoramento é essencial para a análise de padrões climáticos e o aprimoramento das práticas agrícolas. A função de coleta de dados é dada para geração de conhecimento (PAULA & DUQUE, 2020). Porém por falta de ferramentas desenvolvidas esses dados não são aproveitados integralmente a esse propósito, destacando a relevância de desenvolver uma aplicação que, além de funcional, seja intuitiva e adaptada às especificidades do contexto de aplicação, promovendo uma melhor experiência de uso e uma tomada de decisão mais embasada em dados.

Com o objetivo de atender a essas demandas, o presente estudo realizou o desenvolvimento de uma aplicação meteorológica interativa estruturada sobre uma API RESTful, destinada à integração e disponibilização dinâmica de dados de temperatura, chuva e umidade relativa. Esses dados foram originalmente registrados em planilhas eletrônicas da Fundação Coopercitrus Credicitrus (Anexo A - Termo de Autorização para uso de dados),

posteriormente tratados e incorporados em um banco de dados MySQL. O principal objetivo é disponibilizar uma aplicação com boa usabilidade para análise climática, incorporando visualizações gráficas interativas que facilitem a interpretação das informações meteorológicas.

Deste modo os principais objetivos do presente trabalho são:

1. Construir uma interface de visualização de dados para identificar tendências e padrões meteorológicos;
2. Possibilitar o uso de filtros específicos de tempo, tais como: ano, década, ou períodos específicos;
3. Verificar a facilidade de uso por usuários não especialistas.

O presente trabalho está segmentado em: 1 Introdução; 2 Fundamentação Teórica; Materiais e Métodos; 4 Resultados e Discussões; 5 Conclusão; ao final as Referências.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na presente seção são apresentados todos os fundamentos relativos ao presente estudo. A seção está separada nos seguintes tópicos: 2.1 Importância dos Dados Meteorológicos; 2.2 Tecnologias Emergentes em Meteorologia; 2.3 Conceitos relacionados à API RESTful, 2.4 Fundamentos de Visualização de Dados, 2.5 Avaliação das Visualizações, 2.6 Agricultura de Precisão e Tecnologias Digitais, 2.7 Teste de Aprendizado e Teste Não Moderado; e 2.8 Fundamentação Técnica.

2.1 IMPORTÂNCIA DOS DADOS METEOROLÓGICOS

As informações agro meteorológicas combinam dados meteorológicos com as necessidades específicas dos cultivos, com o objetivo de avaliar os impactos nas culturas e nas práticas agrícolas, tanto no planejamento quanto na tomada de decisões (MONTEIRO, 2009). Segundo Mavi e Tupper (2004), essas informações podem ser utilizadas de diversas maneiras na agricultura. Inicialmente, elas desempenham um papel fundamental no planejamento dos cultivos, atuando em nível macro climático e topo climático. Além disso, são essenciais na definição do melhor momento para a execução de práticas agrícolas, funcionando como um componente tático. Por fim, as informações agro meteorológicas contribuem para aumentar a resiliência dos sistemas agrícolas frente as condições meteorológicas adversas, proporcionando maior capacidade de adaptação. Nesse contexto, o avanço nas áreas de agrometeorologia, climatologia, meteorologia, sensoriamento remoto, geoprocessamento e informática tem aprimorado significativamente a capacidade dos agricultores de ajustar suas atividades às variações e mudanças climáticas, reduzindo os riscos no setor agrícola. No entanto, ainda é necessário promover a adoção mais ampla desse conhecimento e facilitar sua aplicação prática nas atividades produtivas (MONTEIRO, 2009).

Existem várias práticas agrícolas que podem se beneficiar do uso eficiente das informações agro meteorológicas, destacando-se: o preparo do solo, a semeadura, a adubação, a irrigação, o controle fitossanitário, a colheita, etc. (RIJKS E BARADAS, 2000). As estimativas da produtividade e da qualidade da produção, assim como da ocorrência de doenças, também assumem papel importantíssimo no processo de tomada de decisão. Para que os agricultores tomem decisões precisas com base no tempo, há necessidade de que os dados meteorológicos sejam transformados em informações agro meteorológicas úteis, que possam

ser disseminadas de tal forma que os usuários finais possam extrair delas o máximo benefício possível, no contexto de suas atividades (WEISS et al., 2000).

2.2 TECNOLOGIAS EMERGENTES EM METEOROLOGIA

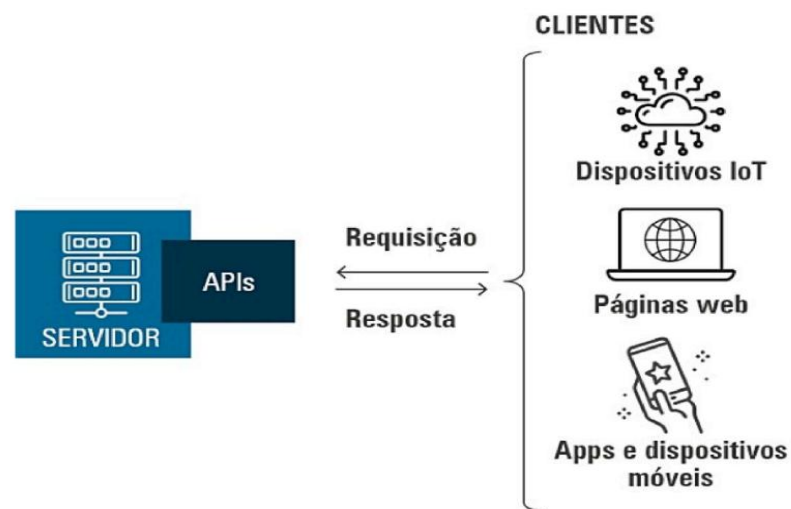
A humanidade tem explorado diversas formas de utilizar a internet, sempre buscando tirar proveito de suas vantagens no cotidiano. Um tema que tem ganhado crescente relevância na atualidade é a "internet das coisas" (IoT, na sigla em inglês), que se refere à rede de dispositivos capazes de se comunicar entre si e com outros elementos, como pessoas, animais e objetos (PAULA & DUQUE, 2020). Essa integração tem facilitado atividades em diversas áreas, incluindo a agricultura. Por exemplo, um agricultor não precisa monitorar constantemente suas plantações, pois pode contar com sensores que medem parâmetros como temperatura, umidade, velocidade do vento e outros dados ambientais, possibilitando um trabalho mais eficiente de acordo com as condições climáticas (PAULA & DUQUE, 2020). Além disso, o volume crescente de dados gerados, especialmente pela IoT, impulsiona o avanço de uma outra vertente tecnológica: o Big Data. Globalmente, empresas, centros de pesquisa e diversas instituições utilizam o Big Data para identificar padrões em grandes volumes de dados. Na área meteorológica, por exemplo, o Big Data tem sido fundamental para prever condições climáticas com base na análise de quantidades massivas de informações (PAULA & DUQUE, 2020).

O maior desafio em relação a esses dados massivos é a sua manipulação, especialmente no que se refere ao armazenamento e à organização adequada das informações. Sem ferramentas eficientes que otimizem esses processos, a aplicação prática do Big Data pode tornar-se inviável. Como afirma Taurion (2013), "A utilidade do Big Data reside no tratamento desse volume de dados, oriundos de diversas fontes e que exigem um processamento de alta velocidade, visando a extração de valor." A função principal do Big Data é organizar, processar e extrair informações significativas, com o objetivo de solucionar problemas específicos relacionados aos dados originais. Para isso, são utilizadas ferramentas especializadas, que geralmente requerem grande capacidade de processamento. Em razão do volume de dados envolvidos, é essencial o estudo de bancos de dados para identificar os melhores métodos de armazenamento, garantindo um acesso e manipulação mais eficientes e eficazes (PAULA & DUQUE, 2020).

2.3 CONCEITOS RELACIONADOS À API RESTFUL

Segundo Torres (2021) API é uma sigla da expressão em inglês *Application Programming Interface*, que se refere a um conjunto de definições regras e protocolos para construir e integrar aplicações e sistemas de software, permitindo que um programa se comunique com o outro. Basicamente, uma API é a interface entre clientes, que são aplicações que requisitam serviços, e o servidor, que provê os serviços requisitados, como na Figura 1.

Figura 1 - Diagrama de API cliente-servidor.



Fonte: (Torres, 2021).

O estilo REST é apresentado como uma arquitetura de rede derivada de restrições específicas, projetada para sistemas de hipermídia distribuídos como a Web. REST combina seis restrições principais: cliente-servidor, que separa interface e armazenamento para melhorar portabilidade e escalabilidade; *stateless*, exigindo que cada requisição contenha todo o contexto necessário, promovendo visibilidade e confiabilidade; cache, permitindo reutilização de respostas para reduzir latência; interface uniforme, composta por identificação de recursos via URIs, manipulação por representações, mensagens auto descritivas e hipermídia como motor do estado da aplicação (HATEOAS); sistema em camadas, que limita interações a camadas adjacentes, facilitando escalabilidade e encapsulamento; e código sob demanda (opcional), que estende clientes com scripts (FIELDING, 2000).

O núcleo do REST é o recurso, qualquer entidade nomeável identificada por uma URI. Interações ocorrem por meio de representações — estados serializados do recurso (ex.: JSON, XML) —, trocadas entre componentes como agentes de usuário, servidores de origem, proxies

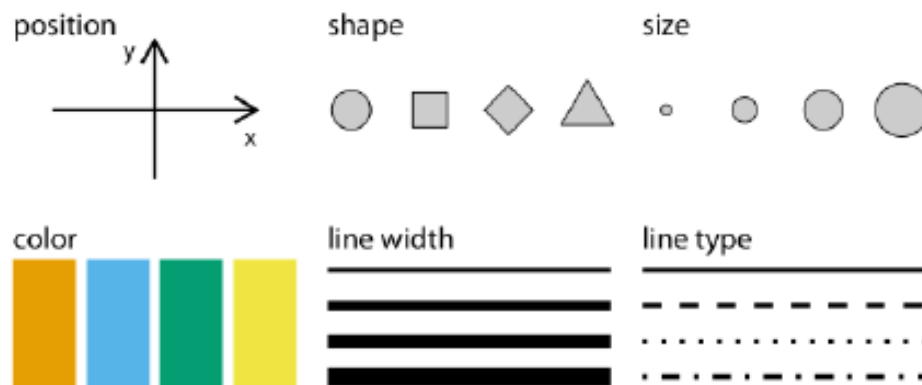
e gateways, conectados por clientes, servidores, caches e túneis (FIELDING, 2000). Essa estrutura induz escalabilidade, desacoplamento e evolução independente, sendo a base teórica para APIs RESTful modernas, que utilizam métodos HTTP (GET, POST, PUT, DELETE) padronizados, comunicação sem estado e navegação guiada por hiperlinks (FIELDING, 2000).

2.4 FUNDAMENTOS DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS

Sempre que visualizamos dados, pegamos os valores dos dados e os convertemos de maneira sistemática e lógica nos elementos visuais que compõem o gráfico final. Embora existam muitos tipos diferentes de visualizações de dados e, à primeira vista, um gráfico de dispersão, um gráfico circular e um mapa de calor não pareçam ter muito em comum, todas essas visualizações podem ser descritas com uma linguagem comum que captura como os valores dos dados são transformados em manchas de tinta no papel ou pixels coloridos na tela. A ideia principal é a seguinte: todas as visualizações de dados mapeiam os valores dos dados em características quantificáveis do gráfico resultante. Referimo-nos a essas características como estética (WILKE, 2019).

A estética descreve todos os aspectos de um determinado elemento gráfico. Alguns exemplos são fornecidos na Figura 2. Um componente crítico de cada elemento gráfico é, obviamente, a sua posição, que descreve onde o elemento está localizado. Em gráficos 2D padrão, descrevemos as posições por um valor x e y, mas outros sistemas de coordenadas e visualizações unidimensionais ou tridimensionais são possíveis (WILKE, 2019). Em seguida, todos os elementos gráficos têm uma forma, um tamanho e uma cor. Mesmo se estivermos preparando um desenho em preto e branco, os elementos gráficos precisam ter uma cor para serem visíveis: por exemplo, preto se o fundo for branco ou branco se o fundo for preto. Por fim, na medida em que usamos linhas para visualizar dados, essas linhas podem ter larguras diferentes ou padrões de traços e pontos. Além dos exemplos mostrados na Figura 2, há muitas outras características estéticas que podemos encontrar em uma visualização de dados. Por exemplo, se quisermos exibir texto, talvez tenhamos que especificar a família de fontes, o tipo de fonte e o tamanho da fonte e, se os objetos gráficos se sobreporem, talvez tenhamos que especificar se eles são parcialmente transparentes (WILKE, 2019).

Figura 2 - Estética comumente usada na visualização de dados: posição, forma, tamanho, cor, largura da linha, tipo de linha.



Fonte: (Wilke, 2019).

Podemos pensar nos dados como números, mas os valores numéricos são apenas dois dos vários tipos de dados que podemos encontrar. Além dos valores numéricos contínuos e discretos, os dados podem vir na forma de categorias discretas, na forma de datas ou horas e como texto (Tabela 1). Quando os dados são numéricos, também os chamamos de quantitativos e, quando são categóricos, os chamamos de qualitativos. As variáveis que contêm dados qualitativos são fatores, e as diferentes categorias são chamadas de níveis. Os níveis de um fator são mais comumente sem ordem (como no exemplo de cão, gato, peixe na Tabela 1), mas os fatores também podem ser ordenados, quando há uma ordem intrínseca entre os níveis do fator (como no exemplo de bom, razoável, ruim na Tabela1) (WILKE,2019).

Tabela 1 - Tipos de variáveis encontradas em cenários típicos de visualização de dados.

| Tipo de Variável | Exemplos | Escala Apropriada | Descrição |
|--|--|------------------------------|---|
| Quantitativa numérica contínua | 13, 5.7, 83, 1.5x, 10 ⁻² | Contínua | Arbitrário número. Esses são números reais, podem ser inteiros, racionais ou irracionais. |
| Quantitativa numérica discreta | 1, 2 ,3 ,4 | Discreta | Números em unidades discretas. Esses são mais comumente, mas não necessariamente inteiros. Por exemplo, o número de valores é 0, 1, 2... |
| Qualitativa | cachorro, gato, peixe | Discreta | Categorias sem hierarquia. Esses são discretos e únicos em categorias que não têm ordem. |
| Qualitativa ordenada/categórica | bom, regular, ruim | Discreta | Categorias com ordem. Não há intervalo ou diferença entre valores, apenas ordem (ex.: "bom" e "ruim"). Essas variáveis também são chamadas de ordenadas com ordem. Por exemplo, "frio" tem ordem. |
| Data ou Hora | jan. 5, 2018, 8:03am | Contínua ou discreta | Dias específicos ou horários. Também datas genéricas, como 5 de julho ou dec. 25 sem ano. |
| Texto | O rápido marrom fox, none, pula sobre o cão preguiçoso | Discreta | Formato livre. Pode ser tratado como categórico se necessário. |

Fonte: (Wilke, 2019).

2.5 AVALIAÇÃO DE VISUALIZAÇÕES

Nem toda visualização é adequada para o usuário. Em geral, dois atributos fundamentais ajudam a avaliar sua utilidade: expressividade e efetividade, conforme proposto por Mackinlay (1986) como critérios para avaliar linguagens gráficas. A expressividade de uma visualização está relacionada à sua capacidade de exibir apenas os dados relevantes para o usuário, sem informações desnecessárias. Já a efetividade se refere à facilidade com que os dados podem ser compreendidos; uma visualização é eficaz quando permite uma percepção rápida e reduz o risco de erros de interpretação em comparação com outras formas de apresentação dos mesmos dados. Ambos os aspectos são cruciais, pois, sem eles, uma visualização pode falhar em destacar padrões importantes, não agregando informações além do óbvio. Além disso, ela pode se tornar difícil de entender ou até sugerir padrões inexistentes, levando a conclusões equivocadas (NASCIMENTO; FERREIRA, 2005).

Os principais problemas que comprometem a efetividade de uma visualização incluem a falta de dados suficientes para contextualizar as informações, a desconsideração de atributos importantes dos dados, o uso de gráficos com escalas ou sistemas de coordenadas diferentes, e a inadequada correspondência entre dados e atributos visuais. Características como cor, tamanho, forma e perspectiva ajudam na cognição e devem ser exploradas para criar visualizações mais eficazes. Além disso, a interação com os dados e a compactação de informações em uma única imagem também contribuem para a efetividade (NASCIMENTO; FERREIRA, 2005).

Para melhorar a expressividade e a efetividade, recomenda-se seguir um modelo modular de visualização, eliminar elementos desnecessários, optar por representações mais simples e aumentar a densidade de dados sem sobrecarregar a imagem. Deve-se também utilizar símbolos e cores que facilitem a percepção, permitir a interação do usuário e usar animações graduais para preservar o entendimento do “mapa mental” do usuário. Por fim, ao associar atributos de dados a atributos visuais, Mackinlay (1986) propõe uma ordem de prioridade, onde os atributos mais importantes dos dados devem ser associados aos atributos visuais mais perceptíveis, como podemos observar na Figura 3.

Figura 3 - Acuidade de percepção de atributos visuais.

Maior **Percepção**



| Dados Quantitativos | Dados Ordinais | Dados Nominais |
|---------------------|------------------|------------------|
| Posição | Desição | Posição |
| Comprimento | Saturação de cor | Croma de cor |
| Ângulo | Cor de cor | Textura |
| Inclinação | Envolvimento | Envolvimento |
| Área | Comprimento | Densidade |
| Volume | Ângulo | Saturação de cor |
| Densidade | Inclinação | Forma |
| Saturação de cor | Área | Comprimento |
| Textura | Volume | Ângulo |
| Conexão | Forma | Inclinação |
| Envolvimento | Forma | Área |
| Forma | | Volume |

Menor

Fonte: NASCIMENTO & FERREIRA (2005)

2.6 AGRICULTURA DE PRECISÃO E TECNOLOGIAS DIGITAIS

A agricultura de precisão representa uma evolução significativa nas práticas agrícolas tradicionais, incorporando tecnologias digitais para otimizar o uso de recursos e maximizar a eficiência produtiva. Essa abordagem envolve a coleta, análise e aplicação de dados em tempo real, permitindo que os agricultores tomem decisões informadas baseadas em informações precisas sobre condições ambientais, solo e culturas (PAULA & DUQUE, 2020). No contexto das mudanças climáticas, a integração de dados meteorológicos em tempo real com práticas agrícolas emerge como uma estratégia fundamental para melhorar a produtividade, reduzir custos operacionais e mitigar os impactos de eventos climáticos extremos, como secas, inundações, geadas e ondas de calor (SCHMITT et al., 2022). Essa integração é facilitada pelo uso de big data, análise exploratória de dados (EDA) e sistemas de pensamento em sistemas de sistemas (SoS), conforme destacado em estudos recentes (SEBESTYÉN et al., 2021).

O emprego de big data na agricultura permite a captura e o processamento de grandes volumes de dados meteorológicos, oriundos de sensores Internet das Coisas (IoT), estações meteorológicas, satélites e redes de monitoramento remoto (PAULA & DUQUE, 2020; SEBESTYÉN et al., 2021). A proposta de infraestrutura para big data voltada à captura e armazenamento de dados climáticos facilita a gestão agrícola ao fornecer informações em tempo real sobre variáveis como temperatura, umidade do solo, precipitação e velocidade do vento (PAULA & DUQUE, 2020). Esse processo é complementado pela implementação de EDA, que envolve a exploração inicial dos dados para identificar padrões, anomalias e correlações, preparando-os para análises mais avançadas (PAULA & DUQUE, 2020). Ao integrar esses dados com práticas agrícolas, os produtores podem ajustar o cronograma de plantio e colheita, otimizando assim a produtividade (SEBESTYÉN et al., 2021). Estudos indicam que ferramentas como aprendizado de máquina e inteligência artificial, aplicadas a dados climáticos, podem prever riscos de pragas ou deficiências nutricionais, resultando em aumentos de rendimento de até 20-30% em culturas sensíveis, como trigo e colza (SCHMITT et al., 2022).

Além da melhoria na produtividade, a integração de dados meteorológicos em tempo real contribui para a redução de custos ao promover o uso eficiente de insumos (SEBESTYÉN et al., 2021). Em cenários de agricultura de precisão, sistemas de irrigação inteligente baseados em dados de umidade do solo e previsões meteorológicas evitam o desperdício de água e

fertilizantes, diminuindo despesas operacionais em até 15-25% (PAULA & DUQUE, 2020). O pensamento em sistemas de sistemas (SoS) é particularmente relevante aqui, pois integra subsistemas ambientais, sociais e tecnológicos para uma análise holística (SEBESTYÉN et al., 2021). De acordo com Sebestyén, Czvetkó e Abonyi (2021), o uso de big data em plataformas de nuvem e sensores IoT permite a otimização de recursos, reduzindo custos por meio de monitoramento contínuo e decisões prescritivas, como a aplicação localizada de agroquímicos. Essa abordagem não apenas baixa os gastos com inputs, mas também minimiza impactos ambientais, alinhando-se a objetivos de sustentabilidade (SEBESTYÉN et al., 2021).

2.7 TESTE DE APRENDIZADO E TESTE NÃO MODERADO

A usabilidade é um conceito central na avaliação de interfaces homem-computador (IHC), definido como a capacidade de um sistema permitir que os usuários atinjam seus objetivos de forma eficaz, eficiente e satisfatória em um contexto específico de uso (ABNT, 2002). Dentro desse escopo, dois tipos de testes destacam-se: o teste de aprendizado e o teste não moderado. Esses métodos são amplamente discutidos em estudos comparativos e dissertações sobre IHC, contribuindo para a melhoria da experiência do usuário (CHAN & ROCHA, 1996; BARROS, 2003; UEHARA, 2022).

O Teste de Aprendizado avalia a facilidade de um usuário iniciante aprender a utilizar uma interface ou sistema computacional, medindo o tempo e o esforço necessários para alcançar proficiência em tarefas específicas. Esse tipo de teste é fundamental para identificar barreiras iniciais na interação, como complexidade de navegação ou falta de intuitividade, e está alinhado com as dimensões da usabilidade descritas na norma NBR 9241-11, que enfatiza a importância de medir a satisfação e o desempenho do usuário em contextos reais (ABNT, 2002). De acordo com Chan e Rocha (1996), em um estudo comparativo de métodos de avaliação de IHC, o teste de aprendizado é particularmente útil para confrontar parâmetros como o perfil dos avaliadores, o envolvimento do usuário e restrições de tempo, permitindo adaptar a avaliação a problemas específicos de usabilidade, como a curva de aprendizado inicial.

Na prática, o teste de aprendizado envolve a observação de usuários novatos realizando tarefas repetidas, medindo métricas como o tempo para completar uma ação pela primeira vez versus em tentativas subsequentes, o número de erros cometidos e a retenção de conhecimento

após um intervalo (BARROS, 2003). Por exemplo, em uma avaliação de interface de aplicativo computacional, Barros (2003) aplica testes de usabilidade que incluem aspectos de aprendibilidade, combinados com questionários ergonômicos, para verificar se os usuários conseguem aprender rapidamente funções essenciais, como navegação em menus ou preenchimento de formulários. Uehara (2022) complementa essa visão ao discutir a aplicação de testes de usabilidade para melhorar a experiência do usuário, destacando que o teste de aprendizado é essencial em fases iniciais de design, pois revela se o sistema é intuitivo o suficiente para minimizar a necessidade de treinamento extenso.

As vantagens incluem a detecção precoce de problemas de IHC, promovendo interfaces mais acessíveis. No entanto, limitações envolvem a dependência de usuários representativos e a possibilidade de viés se o teste não for repetido em contextos variados (CHAN & ROCHA, 1996). Em resumo, esse teste contribui para a certificação da qualidade da interface, alinhando-se à necessidade de avaliações estruturadas para evitar abordagens informais que prejudicam resultados (CHAN & ROCHA, 1996; ABNT, 2002).

O Teste Não Moderado é uma modalidade de avaliação de usabilidade remota, na qual os participantes realizam tarefas sem a presença ou intervenção direta de um moderador, geralmente por meio de plataformas online que gravam ações, cliques e respostas. Esse método é eficiente para coletar dados em larga escala, permitindo que usuários interajam com a interface em seu ambiente natural, o que aumenta a validade ecológica dos resultados (UEHARA, 2022). Diferentemente dos testes moderados, onde um facilitador guia o processo, o não moderado reduz custos e tempo, mas exige roteiros claros e ferramentas de gravação para capturar comportamentos como tempo de tarefa e taxa de abandono. Uehara (2022), em sua dissertação sobre a melhoria da experiência do usuário por meio de testes de usabilidade, enfatiza a aplicação desse método em contextos digitais, como aplicativos web ou móveis, onde a análise posterior de gravações permite identificar padrões de uso sem interferência humana. Por exemplo, ferramentas como *UserTesting* ou *Maze* facilitam testes não moderados, coletando métricas quantitativas (ex.: tempo de conclusão) e qualitativas (ex.: comentários via questionários pós-teste). Barros (2003) menciona indiretamente essa abordagem ao discutir avaliações de interfaces computacionais, destacando a combinação de testes com questionários ergonômicos para capturar feedback remoto, o que se assemelha ao não moderado em termos de autonomia do usuário.

Chan e Rocha (1996) contextualizam o teste não moderado dentro de métodos comparativos, notando sua adaptabilidade a restrições de material e tempo, especialmente em avaliações com usuários dispersos geograficamente. A norma NBR 9241-11 reforça sua relevância ao orientar sobre a especificação de usabilidade em contextos de uso reais, onde o teste não moderado pode medir satisfação e desempenho sem o viés de observação direta (ABNT, 2002). Vantagens incluem escalabilidade e redução de custos, mas desvantagens envolvem a falta de esclarecimentos em tempo real, potencialmente levando a dados incompletos se o usuário abandonar o teste (UEHARA, 2022). Em conclusão, tanto o teste de aprendizado quanto o não moderado são ferramentas essenciais para avaliações de IHC, promovendo interfaces mais usáveis. Sua integração em ciclos de design iterativo, como sugerido nos documentos analisados, garante que problemas de usabilidade sejam detectados e corrigidos precocemente.

2.8 BANCO DE DADOS MYSQL E INTEGRAÇÃO COM A API

O MySQL 8.0 Community Editions configura-se como um dos sistemas de gerenciamento de banco de dados relacionais (SGBDR) mais consolidados e amplamente utilizados no desenvolvimento de aplicações web e científicas. Sua estrutura robusta e seu desempenho estável o tornam adequado para o armazenamento e o gerenciamento de grandes volumes de dados meteorológicos, garantindo integridade, consistência e alta disponibilidade das informações (ORACLE, 2024). Nesse contexto, o MySQL é empregado para registrar variáveis como temperatura, umidade e precipitação de forma organizada e relacional, permitindo a realização de consultas complexas e análises eficientes. A versão 8.0 apresenta avanços significativos em relação às anteriores, como melhorias em desempenho de índices, otimização de consultas e suporte nativo a dados no formato JSON, recursos que ampliam sua flexibilidade e adaptabilidade a sistemas modernos (ELMASRI & NAVATHE, 2011).

A integração entre o banco de dados e a API RESTful ocorre por meio de operações CRUD (*Create, Read, Update e Delete*), que utilizam o protocolo HTTP como meio de comunicação. Essa integração é geralmente implementada com linguagens de programação como PHP ou Python, as quais estabelecem a conexão entre o banco de dados e as aplicações cliente. A API, por sua vez, atua como uma camada intermediária responsável por disponibilizar os dados meteorológicos de forma dinâmica, segura e padronizada, favorecendo sua utilização

em diferentes plataformas e dispositivos (FOWLER & PARSONS, 2010). Dessa forma, a adoção do MySQL justifica-se por sua confiabilidade, ampla documentação e compatibilidade com tecnologias de integração modernas, possibilitando uma gestão eficiente dos dados meteorológicos e contribuindo para a construção de sistemas escaláveis e de fácil manutenção.

No âmbito deste trabalho, o MySQL desempenha papel central na infraestrutura da plataforma meteorológica desenvolvida, servindo como base para o armazenamento estruturado dos dados coletados e permitindo sua integração direta com a API RESTful. Essa comunicação possibilita a disponibilização das informações em tempo real, facilitando o acesso por meio de interfaces gráficas interativas e aprimorando o processo de análise e visualização dos dados meteorológicos.

2.9 FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento de plataformas digitais para manipulação e visualização de grandes volumes de dados exige a escolha cuidadosa de ferramentas que assegurem robustez, flexibilidade e escalabilidade do sistema. No presente trabalho, optou-se pelo uso de PHP para o desenvolvimento da API RESTful, justificado pela sua ampla adoção na indústria de software, maturidade em aplicações web e capacidade nativa de integração com bancos de dados relacionais como o MySQL (SILBERSCHATZ, et al., 2020). A linguagem permite comunicação eficiente e segura entre o servidor e o banco de dados por meio da extensão PDO, com suporte a *prepared statements* para prevenção de injeção SQL, além de oferecer sintaxe simples e alto desempenho em ambientes de hospedagem compartilhada, características para a construção de aplicações web dinâmicas e de fácil manutenção (SILBERSCHATZ, et al., 2020).

Diferentemente de frameworks mais robustos como Laravel, não foi utilizado nenhum framework PHP completo neste projeto. A API foi desenvolvida de forma leve e modular, utilizando apenas PHP puro com estrutura orientada a *endpoints* e roteamento via `.htaccess` com `mod_rewrite` (FIELDING, 2000). Essa decisão foi tomada com base em critérios de simplicidade, baixo overhead e compatibilidade total com o ambiente de hospedagem, que oferece suporte limitado a configurações avançadas de *frameworks*. A ausência de *frameworks* como Laravel (MARTIN, 2008) foi compensada pela implementação manual de boas práticas — como separação de responsabilidades (conexão em `db.php`, lógica em `api.php`), tratamento

centralizado de erros, logging de depuração e uso de cabeçalhos CORS — garantindo manutenibilidade e escalabilidade sem comprometer a performance.

Para a visualização gráfica dos dados climáticos, foi utilizada a biblioteca Chart.js, selecionada por sua leveza, facilidade de integração com *React* e capacidade de gerar gráficos interativos de linhas, barras verticais e horizontais com alta responsividade (WILKE, 2019). Diferentemente do D3.js — que, embora poderoso para visualizações altamente customizadas (BOSTOCK, et al., 2011), apresenta curva de aprendizado acentuada e maior complexidade de implementação —, o Chart.js foi escolhido por oferecer equilíbrio ideal entre funcionalidade, performance e simplicidade, atendendo perfeitamente às necessidades do projeto: representação clara de séries temporais (temperaturas), acumulados mensais (chuva) e comparações entre décadas. A biblioteca foi integrada ao componente *React ClimateChart*, com configurações dinâmicas de tipo (*line, bar, horizontal bar*) e cores associadas a cada variável climática (Tmax, Tmin, URmin, Chuva).

A integração entre *backend* (PHP + MySQL) e *frontend* (React + Chart.js) foi realizada por meio de requisições HTTP via fetch, com tratamento robusto de respostas (incluindo status 204 para ausência de dados) e feedback ao usuário via biblioteca Sonner (toasts). O uso de Tailwind CSS e TypeScript no front-end reforçou a tipagem estática, a manutenibilidade do código e a responsividade da interface em diferentes dispositivos, contribuindo para uma experiência de usuário fluida e acessível (TS, 2021).

Assim, as tecnologias selecionadas — PHP puro, MySQL, *React*, Chart.js — formam um ecossistema coeso, eficiente e alinhado aos objetivos do projeto: disponibilizar dados climáticos históricos e projetados de forma interativa, escalável e com baixo custo operacional (SILBERSCHATZ, et al., 2020; WILKE, 2019). A validação funcional da API, a responsividade dos gráficos e a avaliação de usabilidade por meio do formulário online confirmam a eficácia da arquitetura proposta (NIELSEN, 1994).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção descreve os materiais, equipamentos e softwares utilizados no desenvolvimento do Portal de Visualização de Dados Climáticos da Fundação Coopercitrus Credicitrus (FCC), bem como o processo de desenvolvimento e validação do sistema. O projeto foi concebido como uma aplicação web para facilitar a análise e visualização de dados climáticos históricos e projetados, abrangendo variáveis como temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), umidade relativa mínima (URmin), e precipitação (Chuva). Os dados cobrem o período de 1983 a 2025, com foco em análises por períodos como anos, meses, décadas e comparações entre décadas. Esta seção está segmentada nos seguintes tópicos: 3.1 Conjunto de Dados; 3.2 Materiais e Software Utilizados; e 3.3 Métricas de Avaliação.

3.1 CONJUNTO DE DADOS

A FCC mantém uma série histórica climática com registros de precipitação desde 1983, temperatura máxima e mínima desde 1989 e umidade relativa mínima a partir de 2005. De 1983 a 2004, os dados foram coletados manualmente por meio de pluviômetros e termômetros analógicos de máxima e mínima (líquido em vidro). A partir de 2005, com a instalação da estação automatizada Campbell CR10, todas as variáveis passaram a ser registradas de forma contínua e horária, aumentando significativamente a precisão e a granularidade das informações. Todo o histórico foi consolidado em planilhas Excel, resultando em uma base única com mais de 40 anos de dados diários de chuva e 36 anos de temperatura.

Foram adquiridos junto a FCC um total de 16.217 registros, coletados no período de 1983 até 2025. Os atributos considerados são: data; temperaturas máxima, mínima e média; precipitação (chuva) e umidades relativas máxima, mínima e média.

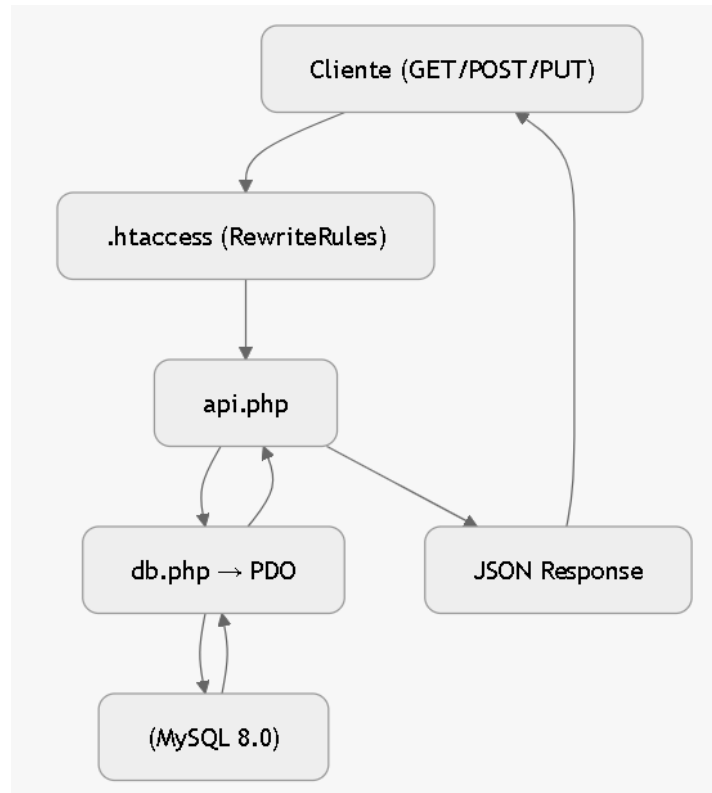
3.2 MATERIAIS E SOFTWARE UTILIZADOS

Para o desenvolvimento do sistema, foram selecionados *softwares* e ferramentas de código aberto e proprietários, priorizando critérios como acessibilidade, escalabilidade, custo-benefício e compatibilidade com ambientes de hospedagem em nuvem. A escolha foi guiada pela necessidade de um gerenciamento robusto de dados, para alimentar uma interface amigável e interativa para visualizações gráficas, sendo essa avaliada a sua usabilidade.

Para o armazenamento de dados, foi selecionado o Banco de Dados MySQL (versão 8.0.43), um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional (SGBDR), escolhido por sua eficiência em consultas SQL, suporte a grandes volumes de dados e integração nativa com PHP. A tabela principal, denominada clima, foi projetada com campos como `id_Clima` (chave primária autoincremento), `Data` (data no formato YYYY-MM-DD) e colunas para as variáveis climáticas (`Tmax`, `Tmin`, `Tmedia`, `URmax`, `URmin`, `URmedia` e `Chuva`), armazenadas como valores decimais para precisão. A transformação dos dados existentes foi gerada via SGBD MySQL Workbench para importação e backup. O banco foi hospedado em uma plataforma *online*, que ofereceu suporte para hospedagem do MySQL, garantindo disponibilidade 24/7.

A linguagem utilizada para o desenvolvimento da aplicação de interface com o usuário foi PHP (versão 8.0+), linguagem utilizada em aplicações web, suporte a PDO (PHP *Data Objects*) para conexões seguras com o banco de dados e integração com servidores Apache. A aplicação foi construída para iniciar no arquivo `api.php`, suportando métodos HTTP como GET (para consultas), POST (inserção de dados) e PUT (atualização). Para conexão com o banco de dados, o arquivo `db.php` foi gerado para gerenciar a conexão modo PDO, com configurações de *charset* (UTF-8). Para reescrita de URLs amigáveis, utilizou-se o arquivo `.htaccess` com `mod_rewrite` do Apache, permitindo caminhos a criação de caminhos relativos como `/dados/ano/2025` ou `/intervalo/2025-01-01/2025-12-31`, na Figura 4 podemos verificar todo fluxo desta integração. A aplicação também foi hospedada *online* na mesma plataforma.

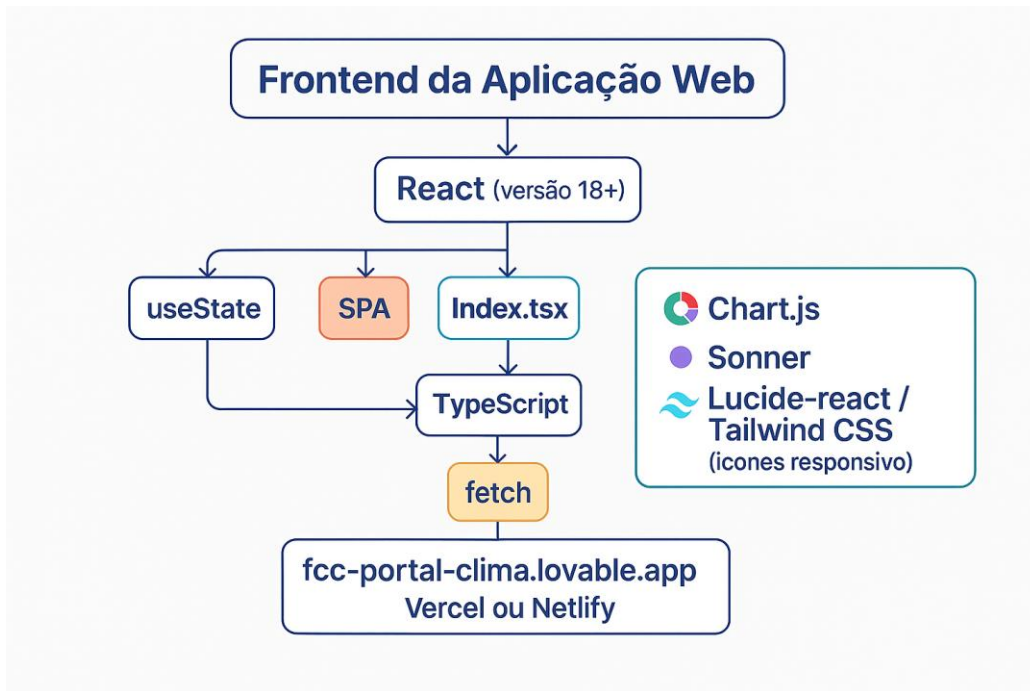
Figura 4 - Fluxograma da Integração.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

A interface Web foi desenvolvida utilizando o *framework React* (versão 18+), baseado em JavaScript, trouxe um suporte de estrutura reutilizável, gerenciamento de estados e bom desempenho na experiência do Usuário. A interface foi programada para ser inicializada no componente `Index.tsx`, Figura 5. Para o funcionamento de modelos interativos na interface outros *frameworks* foram utilizados, como: *Chart.js*, para a geração dos gráficos de linha, barras verticais e horizontais, seleção e customização para visualizações dos dados meteorológicos; *Sonner*, para notificações; *Lucide-react* para utilização de ícones e; *Tailwind CSS*, para estilização responsiva. A aplicação é consumida utilizando a tecnologia *fetch*, que processa dados para gerar rótulos e conjunto de dados adaptados a períodos (ex.: mensal, decenal). A aplicação foi hospedada em <https://fcc-portal-clima.lovable.app/>.

Figura 5 - Frontend da Aplicação Web.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

O desenvolvimento ocorreu em um computador pessoal com processador Intel Core i7, 16 GB de RAM e sistema operacional Windows 11.

3.3 METRICAS DE AVALIAÇÃO

O presente trabalho utilizou a abordagem qualitativa como métrica de avaliação, buscando identificar por meio da experiência do usuário, o melhor entendimento do usuário não especialista de dados meteorológicos utilizando dois tipos de gráficos diferentes. Para esse experimento um formulário de avaliação foi elaborado para a coleta da experiência gerada a partir de tarefas requeridas. O arquivo formulario2.html (Apêndice A) inclui seções para informações pessoais, tarefas de avaliação de gráficos (Tmax, Tmin, Chuva, URmin) e avaliação geral de usabilidade. Para envio de dados, utilizou-se EmailJS (versão 4), uma biblioteca para e-mails via SMTP. Hospedado em <https://fcc-portal-clima.online/formulario2.html>, com validação para campos obrigatórios e progresso de preenchimento. As tarefas requeridas são realizadas em forma de teste simulando o pedido de um superior ao usuário que será responsável por realizar a tarefa por meio de filtragem dos dados. As tarefas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Tarefas requeridas no teste de usuário

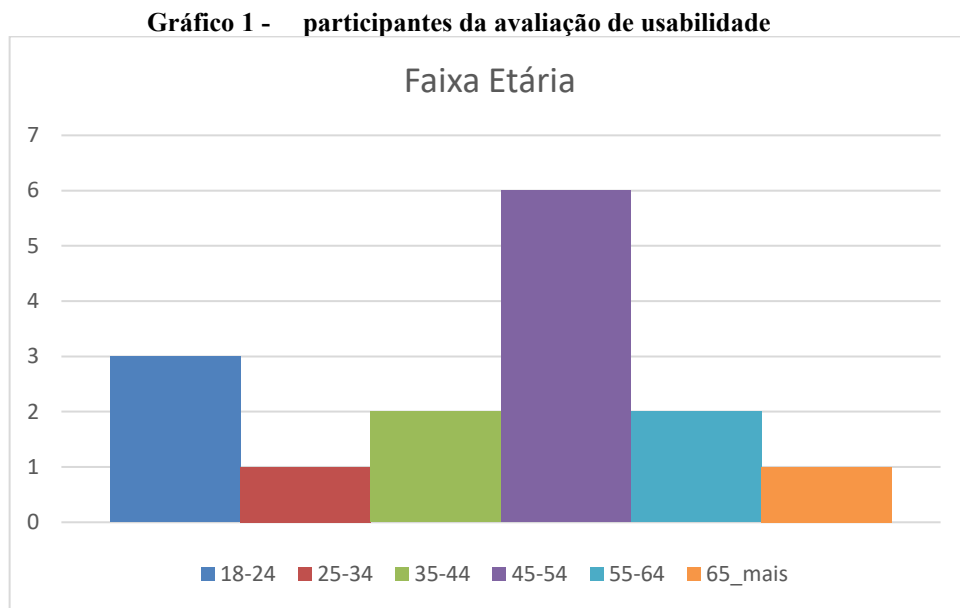
| Questão | Tarefa |
|---------|---|
| 1 | Gere os gráficos de Tmax para Janeiro/2022 e identifique qual foi o dia mais quente. |
| 2 | Gere os gráficos de Tmin para a década 2010-2019 e identifique qual foi o mês mais frio. |
| 3 | Gere os gráficos de Chuva para o ano de 2017 e verifique qual foi o mês mais chuvoso. |
| 4 | Gere os gráficos de URmin para Agosto/2024 e identifique qual dia teve a umidade relativa mais baixa. |
| 5 | Gere os gráficos de Tmax para todas as décadas disponíveis e verifique qual foi a década mais quente. |

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir das tarefas requeridas o usuário foi inserido em um teste não moderado como descrito por Uehara (2022) na Seção 2.7, e deveria responder também sobre a facilidade de uso: Consegui Facilmente; Consegui com alguma dificuldade e; Não consegui. Além de indicar um qual gráfico proporcionou melhor entendimento da informação disponibilizada. Os resultados gerados estão apresentados no Capítulo 4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

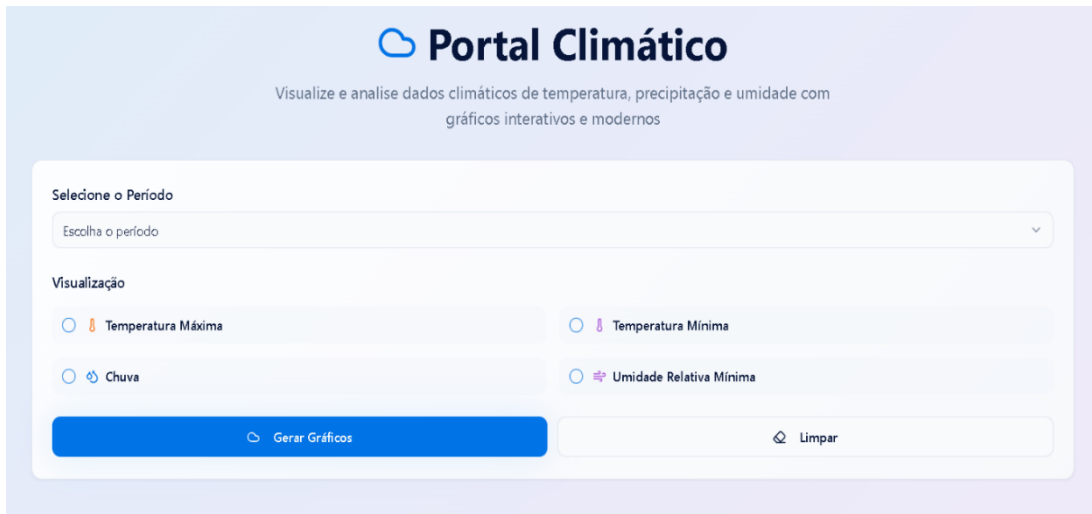
Na presente Seção são apresentados os resultados obtidos a partir da implementação da plataforma meteorológica e da avaliação de usabilidade conduzida por meio do formulário online. Os dados foram coletados de 15 participantes, com idades entre 18 e 65+ anos, como apresentado no Gráfico 1. Essa heterogeneidade reforça a validade ecológica do teste não moderado (UEHARA, 2022).



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Os usuários foram submetidos a tarefas de filtragem de dados, como descrito na Seção 3.3, realizando testes na interface proposta, apresentada pela figura 6 e respondendo duas questões, após receber as informações geradas em forma de gráficos após, dados pela Figura 7. A primeira questão é sobre a facilidade de realização da tarefa, porque os testes são não moderados. Temos três alternativas como descrito na Seção 3.3 e apresentado na Figura 8. A segunda questão é qual dos gráficos gerados na Figura 7 proporcionou um melhor entendimento das informações disponibilizadas: Gráfico de barras Verticais ou Gráfico de Linhas, apresentado na Figura 8.

Figura 6 - Interface (Frontend).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 7 -Feedbacks Visuais (Exemplo de Visualizações Gráficas)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 8 - Exemplo de tarefa requerida.

Temperatura Máxima (Tmax)

TAREFA 5 **Década mais quente** Período: Todas as décadas disponíveis

Gere os gráficos de Tmax para todas as décadas disponíveis e verifique qual foi a **década mais quente**.

ex: 2010-2019 Qual gráfico foi mais fácil encontrar a resposta?

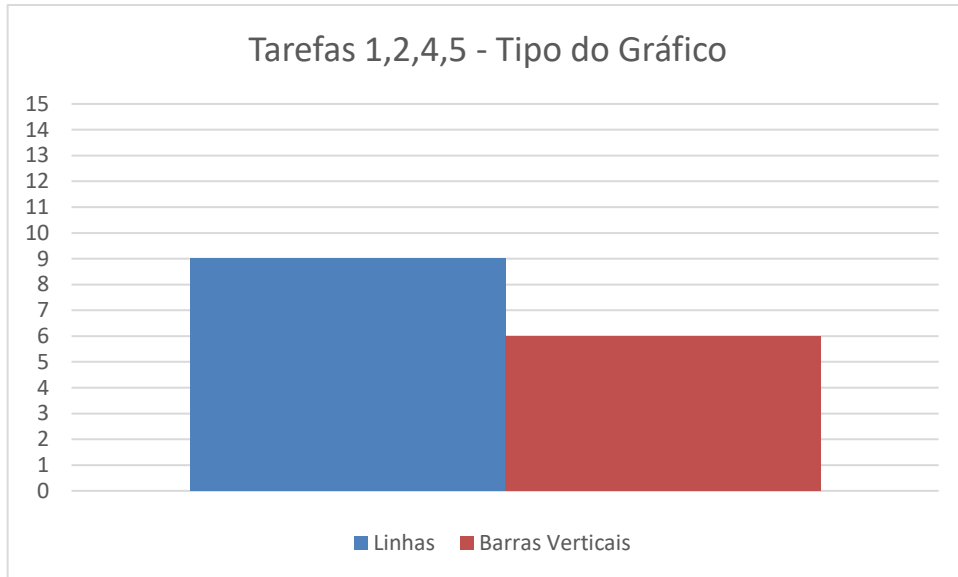
Gráfico de Linhas Gráfico de Barras Verticais

Consegui facilmente Consegui com alguma dificuldade Não consegui

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para as tarefas 1,2,4 e 5, todos os usuários participantes da pesquisa responderam da mesma forma, apresentado no Gráfico 2.

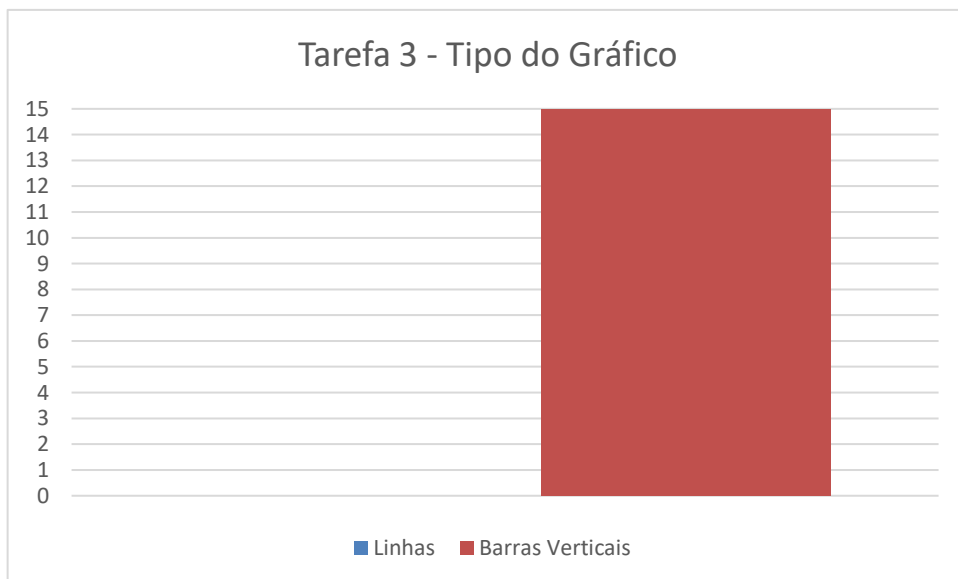
Gráfico 2 - Tipos de Gráficos para as tarefas 1,2,4,5.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Apresentando uma maioria pelo Gráfico de Linhas. A única tarefa que foi unânime foi o gráfico gerado pela tarefa 3, apresentada na Tabela 2. O resultado da escolha do gráfico realizada pelos participantes é apresentado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Tipos de Gráficos para a tarefa 3.

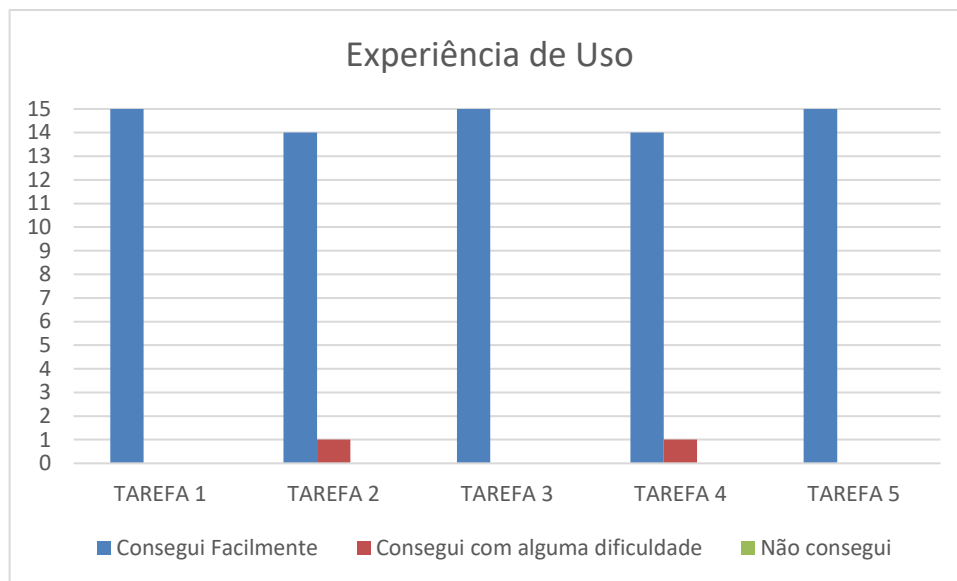


Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1 DISCUSSÃO

No formulário de tarefas, todas as questões em relação a experiência de uso, entendimento e realização das tarefas, foram respondidas de forma quase unânime a resposta: Consegui Facilmente, conforme apresentado no Gráfico 4. Apresentando alguma dificuldade nas tarefas 2 e 4.

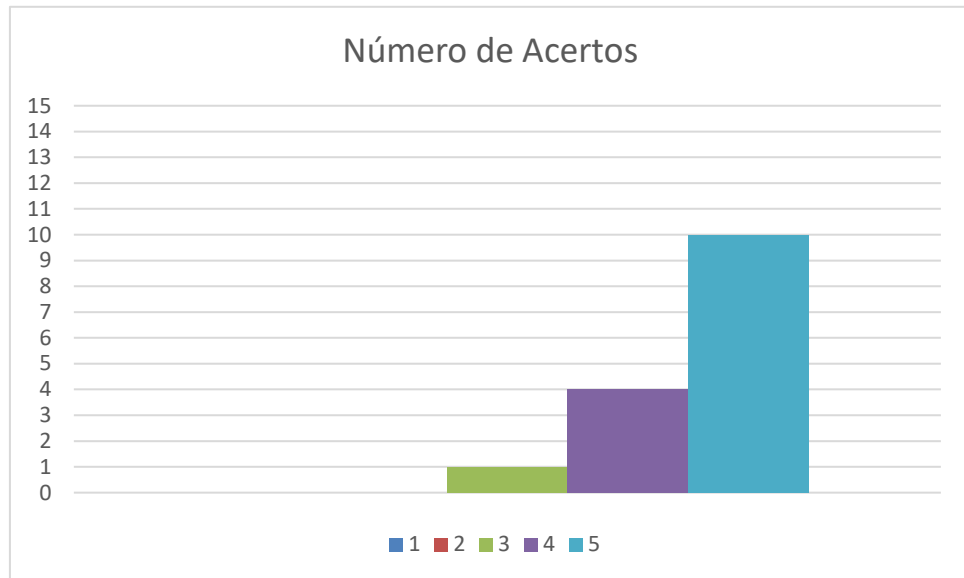
Gráfico 4 - Experiência de uso, entendimento e realização das tarefas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Entre todos os participantes que realizaram as tarefas, aqueles que realizaram corretamente todas as tarefas correspondem a 66% do total, conforme apresentado no Gráfico 5.

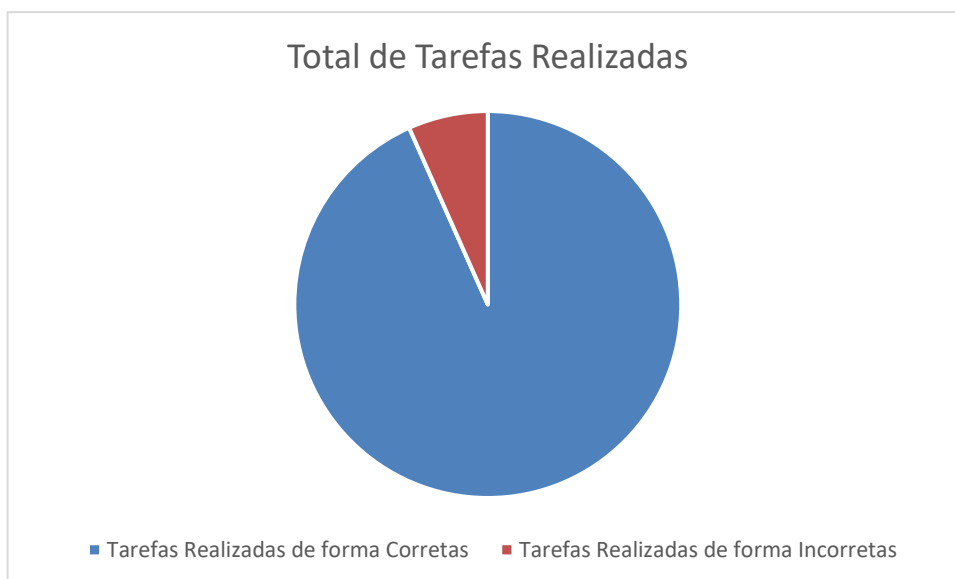
Gráfico 5 - Número de tarefas realizadas de forma correta por participantes.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Essa informação indica que mesmo os participantes indicando a facilidade de uso da ferramenta, atribuir uma tarefa de forma escrita geram ruídos de comunicação que, nesse estudo, corresponderam a uma taxa de erros de 6,66% considerando todas as respostas. O que nos deixa uma taxa de 93,4%, o que uma taxa muito boa de aprendizado, conforme apresentado no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Número de tarefas realizadas de forma correta por participantes.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2 LIMITAÇÕES

Após a realização do presente estudo, algumas limitações foram constatadas. Dentre elas estão: (1) Uma amostragem de participantes pequena ($n=15$), sendo necessário mais testes de novos participantes para resultados com melhor consistências (NIELSEN, 1994); (2) Problemas de responsividade necessitando a confecção de ferramentas de zoom tátil ou tooltips maiores para dispositivos móveis e; (3) Possibilidade de exportar os resultados gerados pelos filtros em CSV/PDF e animações de transição entre períodos (WILKE, 2019).

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento da aplicação meteorológica é uma tarefa realmente complexa no campo do Big Data no agronegócio. Ao migrar dados históricos e projetados para um ambiente Web (MySQL + PHP), e implementar visualizações interativas *frameworks*, o sistema oferece uma ferramenta intuitiva para monitoramento de variáveis como temperatura, umidade e precipitação, essenciais para mitigar riscos climáticos e otimizar práticas agrícolas.

Os resultados da avaliação de usabilidade, com 100% de sucesso nas tarefas e feedback positivo unânime, confirmam a efetividade e expressividade das representações gráficas, seguindo princípios de Mackinlay (1986) e Wilke (2019). A heterogeneidade dos participantes valida a acessibilidade da interface, mesmo para usuários leigos, promovendo uma curva de aprendizado mínima e alinhamento com normas ergonômicas (ABNT, 2002; NIELSEN, 1994). Apesar das limitações, potenciais ajustes em dispositivos móveis, o projeto apresenta o potencial da integração entre IoT, Big Data e APIs para o desenvolvimento sustentável no setor agrícola.

Para trabalhos futuros é projetada uma expansão da base de usuários para validação estatística, adição de funcionalidades como exportação de relatórios e incorporação de previsões em tempo real via aprendizado de máquina.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9241-11**: Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores - Parte 11 – Orientações sobre Usabilidade. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 21 p. Disponível em: https://www.inf.ufsc.br/~edla.ramos/ine5624/_Walter/Normas/Parte%2011/iso9241-11F2.pdf. Acesso em: 28 out. 2025.
- BARROS, Vanessa Tavares de Oliveira. **Avaliação da interface de um aplicativo computacional através de teste de usabilidade, questionário ergonômico e análise gráfica do design**. 2003. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia da Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Cap. 1. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/85542/225666.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 28 out. 2025.
- BOSTOCK, Michael; OGIEVETSKY, Vadim; HEER, Jeffrey. D3: Data-Driven Documents. **Proceedings of IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, Rhode Island, v. 17, n. 12, p. 2301-2309, dez. 2011. Disponível em: <https://faculty.cc.gatech.edu/~stasko/7450/Papers/bostock-tvcg11.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2025.
- CHAN, Sílvio; ROCHA, Heloísa Vieira da. **Estudo comparativo de métodos para avaliação de interfaces homem-computador**. Campinas: Unicamp, 1996. 26 p. Instituto de Computação - IC. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/~reltech/1996/96-05.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.
- ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B.. **Sistemas de banco de dados**. 6. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011. 788 p. Tradução: Daniel Vieira. Título original: Fundamentals of database systems. Disponível em: [https://www.kufunda.net/publicdocs/Sistemas%20de%20Banco%20de%20Dados%20\(Ramez%20Elmasri,%20Shamkant](https://www.kufunda.net/publicdocs/Sistemas%20de%20Banco%20de%20Dados%20(Ramez%20Elmasri,%20Shamkant). Acesso em: 04 nov. 2025.
- FIELDING, Roy Thomas. **Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures**. 2000. 162 f. Tese (Doutorado) - Curso de Information and computer Science, University of California, Irvine, 2000. Disponível em: https://ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf. Acesso em: 26 set. 2025.
- FOWLER, Martin (comp.). **Padrões de arquitetura de aplicações corporativas**: com a colaboração de David Rice, Mathew Foemmel, Edward Hieatt, Robert Mee, Randy Stafford. Porto Alegre: Bookman, 2007. 493 p. Tradução: Acauan Fernandes. Disponível em: <https://pdfcoffee.com/qdownload/padroes-de-arquitetura-de-aplic-martin-fowler-johndiego-pdf-free.html>. Acesso em: 04 nov. 2025.
- IVANCHUK, Natalia. **Agrometeorologia: como o tempo afeta a agricultura?** 2025. Elaborada por EOS Data Analytics. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/agrometeorologia-e-tempo-na-agricultura/>. Acesso em: 18 out. 2025.
- MACKINLAY, Jock. Automating the design of graphical presentations of relational information. **Acm Transactions on Graphics**, Dallas, v. 5, n. 2, p. 110-141, abr. 1986. Stanford University. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/22949.22950>. Acesso em: 02 nov. 2025.

MAVI, H.S.; TUPPER, G.J. **Agrometeorology – Principles and application of climate studies in agriculture**. New York: Food Products Press. 2004. 364p.

NASCIMENTO, Hugo A. D. do; FERREIRA, Cristiane B. R.. Visualização de Informações – Uma Abordagem Prática. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO (Brasil) (org.). **Anais do XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação: a universidade da computação: um agente de inovação e conhecimento**. São Leopoldo: Unisinos, 2005. Cap. 2. p. 1262-1312. XXIV JAI. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Hugo-Nascimento-7/publication/267403645_Visualizacao_de_Informa. Acesso em: 02 nov. 2025.

NIELSEN, Jakob. **Usability Engineering**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1994. 362 p. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/2821575>. Acesso em: 09 nov. 2025.

ORACLE (ed.). **MySQL 8.0 Reference Manual: including mysql ndb cluster 8.0**. 83876. ed. Austin: Oracle, 2025. 6814 p. Document generated on: 2025-10-24 (revision: 83876). Disponível em: <https://downloads.mysql.com/docs/refman-8.0-en.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2025.

PAULA, Anderson Henrique Potye de; DUQUE, José Walmir Goncalves. Uso de big data e implementação do processo de EDA: um case de dados climáticos para gestão de agric. **Revista H-Tec Humanidades e Tecnologia**, Cruzeiro, v. 4, n. 2, p. 182-202, jun. 2020. Fatec Cruzeiro Prof. Waldomiro May. Disponível em: <https://www.fateccruzeiro.edu.br/revista/index.php/htec/issue/view/11>. Acesso em: 30 out. 2025.

SCHMITT, Jonas; OFFERMANN, Frank; SÖDER, Mareike; FRÜHAUF, Cathleen; FINGER, Robert. Extreme weather events cause significant crop yield losses at the farm level in German agriculture. **Food Policy**, [S.L.], v. 112, p. 1-17, out. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2022.102359>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919222001282>. Acesso em: 19 out. 2025.

SEBESTYÉN, Viktor; CZVETKÓ, Tímea; ABONYI, János. The Applicability of Big Data in Climate Change Research: the importance of system thinking. **Frontiers In Environmental Science**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 1-26, 17 mar. 2021. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fenvs.2021.619092>.

SILBERSCHATZ, Abraham; KORTH, Henry F.; SUDARSHAN, S.. **Database system concepts**. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2020. 1344 p. Disponível em: <https://www.mpgcamb.com/wp-content/uploads/2024/12/Abraham-Silberschatz-Henry-F.-Korth-S.-Sudarshan-Database-System-Concepts-McGraw-Hill-Education-2019.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2025.

TAURION, Cezar. **Big Data**. Rio de Janeiro: Brasport, 2013. 133 p. Disponível em: [https://www.kufunda.net/publicdocs/Big%20Data%20\(Cezar%20Taurion\).pdf](https://www.kufunda.net/publicdocs/Big%20Data%20(Cezar%20Taurion).pdf). Acesso em: 30 out. 2025.

TORRES, Fernando Esquírio. **Desenvolvimento de API REST**. São Paulo: Editora Senac, 2021. 188 p. (Série Universitária).

TYPESCRIPT. **TYPESCRIPT 4.4: TypeScript handbook**. 1 ed. [S. L.]: Microsoft, 2021. 183 p. Disponível em: <https://books-library.website/files/books-library.net-10121904Qa5D8.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2025.

UEHARA, Bárbara Cristina Araújo. **Melhorando a experiência do usuário com testes de**

usabilidade: compreensão, aplicação e análise. 2022. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão de Unidades de Informação, Escola de Comunicações e Artes, Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Cap. 1. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27163/tde-08112022-161016/publico/BarbaraCristinaAraujoUeharaCorrigida.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

WEATHERSTACK (Viena). **Why is weather data recorded.** 2025. Disponível em: <https://weatherstack.com/why-is-weather-data-recorded>. Acesso em: 18 out. 2025.

WILKE, Claus O. **Fundamentals of Data Visualization: a primer on making informative and compelling figures.** Sebastopol: O'reilly, 2019. 370 p. Disponível em: <https://dokumen.pub/qdownload/fundamentals-of-data-visualization-a-primer-on-making-informative-and-compelling-figures-1nbsped-1492031089-9781492031086.html>. Acesso em: 25 out. 2025.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (Genebra). **Climate.** 2025. Disponível em: <https://wmo.int/topics/climate>. Acesso em: 19 out. 2025.

APÊNDICE A - FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO VISUALIZAÇÕES CLIMÁTICAS

Avaliação de Visualizações Climáticas

Avalie a eficácia dos gráficos de **Tmax**, **Tmin**, **Chuva** e **URmin** do sistema

Instruções:

1. Gere os gráficos no sistema para o período e tipo de dado indicados em cada tarefa
2. Execute cada tarefa usando apenas os gráficos gerados
3. Digite a resposta no campo fornecido antes de avaliar sua experiência

** Campos com (*) são obrigatórios*

Dados Pessoais

Nome: * *

Idade: * *

Profissão: * *

Temperatura Máxima (Tmax)

TAREFA 1 **Dia mais quente em Janeiro/2022**

Período: Janeiro/2022

Gere os gráficos de Tmax para Janeiro/2022 e identifique qual foi o **dia mais quente**.

Qual gráfico foi mais fácil encontrar a resposta?

Gráfico de Linhas Gráfico de Barras Verticais

 Consegui facilmente Consegui com alguma dificuldade Não consegui

Temperatura Mínima (Tmin)

TAREFA 2 Mês mais frio (2010-2019)

Período: 2010-2019

Gere os gráficos de Tmin para a década 2010-2019 e identifique qual foi o **mês mais frio**.

ex: Julho

Qual gráfico foi mais fácil encontrar a resposta?

Gráfico de Linhas Gráfico de Barras Verticais

Consegui facilmente

Consegui com alguma dificuldade

Não consegui

Chuva

TAREFA 3 Mês mais chuvoso em 2017

Período: Ano 2017

Gere os gráficos de Chuva para o ano de 2017 e verifique qual foi o **mês mais chuvoso**.

ex: Março

Qual gráfico foi mais fácil encontrar a resposta?

Gráfico de Barras Verticais Gráfico de Barras Horizontais

Consegui facilmente

Consegui com alguma dificuldade

Não consegui

Umidade Relativa Mínima (URmin)

TAREFA 4 Dia com menor umidade em Agosto/2024

Período: Agosto/2024

Gere os gráficos de URmin para Agosto/2024 e identifique qual **dia** teve a **umidade relativa mais baixa**.

ex: 20/08/2024

Qual gráfico foi mais fácil encontrar a resposta?

Gráfico de Linhas Gráfico de Barras Verticais

Consegui facilmente

Consegui com alguma dificuldade

Não consegui



Temperatura Máxima (Tmax)

TAREFA 5 **Década mais quente**

Período: Todas as décadas disponíveis

Gere os gráficos de Tmax para todas as décadas disponíveis e verifique qual foi a **década mais quente**.

ex: 2010-2019

Qual gráfico foi mais fácil encontrar a resposta?

Gráfico de Linhas Gráfico de Barras Verticais

Consegui facilmente

Consegui com alguma dificuldade

Não consegui

Avaliação Geral do Sistema

Como você avalia a usabilidade geral dos gráficos?*

Excelente

Bom

Regular

Ruim

Muito Ruim

Comentários (opcional):

O que funcionou bem? Sugestões?...

Enviar Avaliação



ANEXO A - TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA USO DE DADOS METEOROLÓGICOS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA USO DE DADOS METEOROLÓGICOS FUNDAÇÃO COOPERCITRUS CREDICITRUS

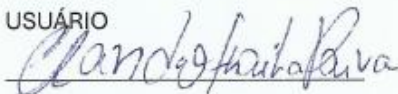
A **FUNDAÇÃO COOPERCITRUS CREDICITRUS** (CNPJ: 50.413.475/0001-88), com sede em Rodovia Brigadeiro Faria Lima km 384 - Zona Rural, Bebedouro, SP, doravante **FUNDAÇÃO**, autoriza **LEANDRO FRAIHA PAIVA** (CPF: 181.951.768-36), residente em Rua Francisco Inácio, 147 – Centro, Bebedouro, SP, doravante **USUÁRIO**, a utilizar os dados meteorológicos (temperatura, umidade, precipitação, vento etc.) de sua estação meteorológica.

CONDIÇÕES

1. Finalidade: Exclusivamente para pesquisa acadêmica em big data no agronegócio. Uso comercial proibido sem autorização.
2. Obrigações do USUÁRIO:
 - Citar a fonte: "Dados: Fundação Coopercitrus Credicitrus".
 - Não repassar a terceiros.
 - Não alterar os dados.
3. Prazo: 12 meses, renovável automaticamente. Revogável com 30 dias de aviso.
4. Direitos da FUNDAÇÃO: Suspender acesso por descumprimento; solicitar cópias de publicações.
5. LGPD: Dados permanecem propriedade da FUNDAÇÃO; tratamento conforme Lei nº 13.709/2018.

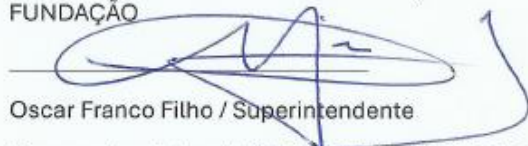
Bebedouro, 17 de novembro de 20225.

USUÁRIO



Leandro Fraiha Paiva / CPF: 181.951.768-36

FUNDAÇÃO



Oscar Franco Filho / Superintendente

Representante Legal / CNPJ: 50.413.475/0001-88