

SOLOCALC: Sistema Web para Recomendação de Corretivos e Fertilizantes Agrícolas através da Interpretação de Análises de Solo

Raquel Brombilla, Mateus Henrique Dal Forno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Endereço Linha 7 de setembro, s/n, BR386 - KM40, CEP: 98400-000 - Frederico
Westphalen - RS - Brasil

raquelbrombilla11@gmail.com, mateus.dalforno@iffarroupilha.edu.br

***Abstract.** The interpretation of soil analyses to generate fertilization and liming recommendations is essential to ensure sustainability and increase agricultural productivity. However, this task is challenging due to the complexity of the analyses and the need to consult manuals. In view of this scenario, this work presents the development of the SOLOCALC system, a web system designed to interpret data from soil analysis and facilitate the recommendation of fertilization and liming for soybean, wheat and corn crops. The system reduces manual errors, optimizes the recommendation of inputs and promotes more sustainable agricultural practices, highlighting the importance of technology in agronomy.*

***Resumo.** A interpretação de análises de solo para gerar recomendações de adubação e calagem é fundamental para garantir a sustentabilidade e aumentar a produtividade agrícola. No entanto, essa tarefa é desafiadora devido à complexidade das análises e à necessidade de consultar manuais. Diante desse cenário, este trabalho apresenta o desenvolvimento do sistema SOLOCALC, um sistema web projetado para interpretar dados de análises de solo e facilitar a recomendação de adubação e calagem para as culturas de soja, trigo e milho. O sistema reduz erros manuais, otimiza a recomendação de insumos e promove práticas agrícolas mais sustentáveis, evidenciando a importância da tecnologia na agronomia.*

1. Introdução

A Embrapa (2023) destaca que a agricultura desempenha um papel crucial na economia brasileira, representando $\frac{1}{4}$ do PIB do Brasil. Em estados como o Rio Grande do Sul, onde a produção agrícola é uma das principais atividades econômicas, essa contribuição é ainda maior, tendo o agronegócio representando grande parte do PIB estadual (SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO DO RIO GRANDE DO SUL, 2021).

Além de impulsionar a economia, a agricultura está presente na nossa alimentação diária, garantindo que “o pão de cada dia” chegue à mesa de nossas famílias. Produtos como o arroz, soja, milho e trigo são fundamentais na dieta de milhões de brasileiros. Isso destaca a agricultura não só como um impulsionador econômico, mas também como um pilar fundamental para garantir a segurança alimentar e promover o bem-estar da população.

O uso de diversas tecnologias na agricultura vem aumentando rapidamente, com destaque para sistemas integrados, drones e softwares. Os softwares para controle e gestão da produção têm simplificado o gerenciamento das lavouras, possibilitando que os agricultores administrem as operações diretamente de dispositivos móveis. Além

disso, softwares que facilitam atividades complexas realizadas pelos agricultores estão se tornando cada vez mais populares, pois trazem maior eficiência e otimização.

Para garantir a sustentabilidade e aumentar a produtividade, é essencial que os agricultores utilizem corretivos e fertilizantes de solo de maneira eficiente, evitando desperdícios. Contudo, interpretar as análises de solo e determinar as quantidades ideais de insumos agrícolas não é algo fácil. Um dos principais desafios enfrentados é buscar dados de correção de solo em manuais de adubação e calagem. Esses manuais, embora sejam fontes valiosas, tornam mais desafiador o processo de interpretação das análises, já que é necessário buscar as informações e validar cada análise de solo individualmente. Além disso, o processo manual aumenta a possibilidade de erros de cálculo humano, o que pode comprometer a precisão das recomendações.

Diante desse cenário, e considerando a contribuição da tecnologia para as atividades agrícolas, este trabalho tem como principal objetivo auxiliar os profissionais da área da agricultura na interpretação das análises de solo e na determinação das quantidades ideais de insumos agrícolas, por meio do desenvolvimento de um sistema web que realize a interpretação e a recomendação de corretivos e fertilizantes de solo para as principais culturas do Rio Grande do Sul: soja, trigo e milho.

Além disso, como objetivos específicos, identificar as principais dificuldades dos usuários na realização dos cálculos de adubação e calagem, elencar as funcionalidades essenciais que o sistema deve conter e validar a eficácia do sistema através de testes com usuários reais, garantindo que ele atenda às necessidades dos agricultores. Dessa forma, possibilitando aos produtores rurais o uso de seus insumos de forma mais eficiente e, conseqüentemente, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis.

O restante deste trabalho está detalhado como segue. A Seção 2 aborda o referencial teórico. A Seção 3 descreve os trabalhos relacionados. A Seção 4 detalha a metodologia. O projeto do sistema é apresentado na Seção 5. Na Seção 6, são exibidos os resultados obtidos. Por fim, a Seção 7 descreve as considerações finais.

2. Fundamentação teórica

Esta seção tem como objetivo apresentar os assuntos abordados na pesquisa e as tecnologias que foram utilizadas para o desenvolvimento do trabalho.

2.1. Tecnologia na agricultura

De acordo com a Embrapa (2023), a agricultura brasileira desempenha um papel fundamental na economia do país, representando aproximadamente 24,8% do PIB em 2022. Em termos de área produtiva, o Brasil cultivou cerca de 77 milhões de hectares em 2023, alcançando uma produção de 300 milhões de toneladas de grãos.

No estado do Rio Grande do Sul, a produtividade média da soja dobrou nos últimos 40 anos, passando de uma faixa de 1.000-1.600 kg/ha para 2.300-3.000 kg/ha (CONCENÇO; HEIFFIG DEL AGUILA; VERNETTI, 2017). Esse crescimento é reflexo da utilização de tecnologias inovadoras, que têm permitido à agricultura brasileira alcançar uma posição de destaque mundial.

Conforme apontado por Massruhá e Leite (2017), não há mais a separação da realidade física da virtual, já que a conectividade está incorporada em todo o sistema produtivo. A utilização de diferentes tecnologias na agricultura vem crescendo de forma acelerada. Entre elas, se destacam sistemas integrados, drones e softwares, que vêm reduzindo consideravelmente o tempo e o custo dos produtores, auxiliando no aumento da produtividade e tornando o cultivo mais sustentável e eficiente (ALMEIDA, 2023).

O desenvolvimento de softwares para controle e gestão da produção tem facilitado e revolucionado o gerenciamento das lavouras. Com a possibilidade de acessar e controlar as operações diretamente de dispositivos móveis, os agricultores agora têm ferramentas poderosas para otimizar atividades e aumentar a eficiência. (ESPERIDIÃO; SANTOS; AMARANTE, 2019).

Percebe-se que a tecnologia foi e continua sendo essencial para a evolução agropecuária brasileira e é uma forte aliada do país quando o assunto é produção. Dessa forma, traz para o agronegócio brasileiro uma melhoria na produtividade e ferramentas para que os agricultores consigam utilizar melhor a terra, contribuindo para uma produção mais sustentável (TEIXEIRA NETO, 2022).

2.2 Análise de solo

Segundo Cardoso, Fernandes e Fernandes (2009, p. 15), “a análise de solos é o único método que permite, antes do plantio, conhecer a capacidade de um determinado solo suprir nutrientes para as plantas.”. É a forma mais simples, econômica e eficiente para medir a qualidade do solo, servindo como base essencial de recomendação das quantidades adequadas de corretivos e fertilizantes. Esse método visa aumentar a produtividade das culturas e a lucratividade das lavouras, além de evitar gastos desnecessários com insumos e minimizar danos ao meio ambiente, como a contaminação das águas por excesso de fertilizantes (CARDOSO; FERNANDES; FERNANDES, 2009).

Existem três etapas importantes na análise de solo. Primeiro, na amostragem, são coletadas amostras representativas de terra de diferentes áreas da propriedade. Em seguida, na análise laboratorial, as amostras passam por análises químicas, físicas e biológicas para determinar a composição e a qualidade. Por fim, na interpretação dos resultados, os dados laboratoriais obtidos permitem que sejam avaliadas as necessidades específicas do solo, possibilitando a recomendação de corretivos e fertilizantes, visando um manejo mais eficiente (CARDOSO; FERNANDES; FERNANDES, 2009).

Os corretivos e fertilizantes de solo são essenciais para a manutenção da fertilidade e produtividade agrícola. A calagem, que envolve o uso de corretivos de solo como o calcário, é utilizada para corrigir a acidez do solo, aumentando o pH e a disponibilidade de nutrientes essenciais. Já a adubação, é a prática de utilizar fertilizantes que fornecem macronutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, necessários para o crescimento das plantas, sendo ambos essenciais para a manutenção da fertilidade e produtividade agrícola (CARVALHO; NASCIMENTO; BIONDI, 2012).

Sousa, Moreira e Castro (2015) destacam que as práticas complementares de adubação e calagem são fundamentais para melhorar a fertilidade do solo e a

produtividade das culturas, sendo realizadas com base nos resultados das análises de solo para garantir a aplicação adequada dos insumos.

2.3 Framework Laravel e aplicações Web

Conforme Silva e Carvalho (2017) explicam um framework da seguinte forma: “é o agrupamento de várias bibliotecas buscando prover uma solução genérica, ou seja, um conjunto de códigos que possam ser utilizados frequentemente para resoluções de diferentes problemas”.

Também conhecido como o artesão da web, o Laravel é um dos frameworks PHP mais utilizados do mundo. Além de ser gratuito e de código aberto, baseia-se na arquitetura MVC (Model-View-Controller), que separa a aplicação em três componentes principais: Model (modelo de dados), View (interface do usuário) e Controller (lógica de controle). Isso torna o Laravel muito utilizado no desenvolvimento de aplicações web. O seu objetivo é fornecer um código claro, simples, bonito e recursos que ajudem os desenvolvedores a aprender rapidamente (STAUFFER, 2019).

O PHP permite criar sites web dinâmicos, o que possibilita uma interação com o usuário. Além disso, o código PHP é executado no servidor e apenas o HTML é enviado para o usuário. Assim, torna-se possível conectar-se com bancos de dados e aplicações existentes no servidor, já que o código-fonte não é exposto (BARRETO, 2010).

Aplicações web são sistemas que funcionam de forma dinâmica, executadas diretamente no navegador e desenvolvidas com base no protocolo HTTP (HyperText Transfer Protocol). A parte responsável pelo visual de uma aplicação web é chamada de front-end e é composta por uma estrutura de HTML, CSS e JavaScript, que adapta a página web ao dispositivo que é exibido (SILVA; CARVALHO, 2017).

O HTML (Hyper Text Markup Language) é a linguagem de marcação padrão utilizada para criar e estruturar páginas web. A linguagem é constituída por um grupo de tags que são interpretadas pelo navegador (browser) e depois renderizadas para exibir o conteúdo das páginas web (MANZANO; TOLEDO, 2010).

O CSS (Cascading Style Sheet) significa, em português, folhas de estilo em cascata. Sua finalidade principal é fornecer informações ao usuário sobre a apresentação dos elementos, como cores de fontes, tamanho de textos, posicionamentos e todo aspecto visual de um site, já que isso não cabe à linguagem HTML, que foi desenvolvida para ser uma linguagem de marcação e estruturação de conteúdos. (SILVA, 2011).

A linguagem de programação JavaScript é uma linguagem interpretada e utilizada dentro de um ambiente maior, seja ele um script de um navegador ou do lado do servidor. JavaScript foi criada com a finalidade de fornecer interatividade e dinamismo às páginas web (MANZANO; TOLEDO, 2010).

2.4 Tailwind CSS

O Tailwind CSS (WATHAN, 2022) é uma biblioteca de classes CSS adaptável e de baixo nível, projetada para que desenvolvedores possam criar interfaces responsivas e personalizadas de maneira rápida e eficiente (KLIMM, 2021). Ao invés de criar códigos CSS personalizados, os desenvolvedores podem utilizar classes pré-definidas que

aplicam estilos a elementos específicos, como cores, tipografia, espaçamento, alinhamento, tamanhos e diversos outros aspectos.

2.5 MySQL

O MySQL, segundo MILANI (2006), é um software utilizado como um servidor e gerenciador de banco de dados (SGBD) relacional. Ele foi inicialmente projetado para aplicações menores, mas hoje atende a aplicações e a dados de grande porte, sendo reconhecido como o maior banco de dados open source. Ele utiliza como interface a linguagem SQL (Structured Query Language) para a realização de consultas no banco de dados.

3. Trabalhos Relacionados

Nesta seção são apresentadas algumas plataformas que estão relacionadas ao tema deste trabalho. O objetivo é fazer uma análise das ferramentas e funcionalidades que elas possuem e encontrar quais são os diferenciais do software que será desenvolvido.

O Fert Fácil¹ é um sistema utilizado com a finalidade de interpretar análises de solo e realizar recomendações de adubação e calagem. Além disso, possui histórico dos cálculos de calagem e adubação e utiliza os manuais oficiais dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, CQFS-RS/SC, 2016). A versão gratuita desse sistema contempla apenas uma análise de solo por usuário para três opções de cultura. Demais funcionalidades podem ser contratadas através de pagamentos mensais.

Outro sistema existente é o FertOnline², que foi desenvolvido pela Embrapa e é de acesso gratuito, tanto na versão web desktop quanto na versão mobile para Android. Ele utiliza dados obtidos de experimentos de campo de longa duração para fornecer as recomendações de fertilizantes para as culturas de coco, milho e laranja, com base em análises de solo e folha.

Tabela 1: Comparação de Sistemas Relacionados

Sistema	Custo	Culturas	Limitações
Fert Fácil	Versão gratuita limitada e versão paga completa	Múltiplas culturas	Versão gratuita limitada a uma análise de solo por usuário
FertOnline	Gratuito	Coco, milho e laranja	Limitado a três culturas e não abrange culturas comuns no RS
SOLOCALC	Gratuito	Soja, trigo e milho	Sem custo, específico para culturas do RS

¹ Disponível em: <https://www.fertfacil.com/>

² Disponível em: <http://fertonline.cpatc.embrapa.br/>

Os sistemas apresentados são bem desenvolvidos e possuem ferramentas e funcionalidades úteis na recomendação de corretivos e fertilizantes de solo. Entretanto, existem algumas limitações na sua utilização. O primeiro sistema apresentado, Fert Fácil, apesar de ser bastante completo, requer uma versão paga para ser eficaz. O segundo sistema, FertOnline, embora gratuito, é limitado a apenas três culturas, o que restringe significativamente seu uso. Além disso, não abrange as culturas mais comuns no estado do Rio Grande do Sul, que são o foco deste trabalho.

O diferencial do presente trabalho é ser inteiramente gratuito e específico para as principais culturas do estado do Rio Grande do Sul, como soja, milho e trigo. Será desenvolvido com base nos manuais oficiais de adubação e calagem dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, CQFS-RS/SC, 2016), oferecendo recomendações precisas e personalizadas, garantindo maior eficiência e sustentabilidade na produção agrícola.

4. Metodologia

O fluxograma a seguir (Figura 1) apresenta quais foram os passos realizados para o desenvolvimento deste projeto. Posteriormente, estão especificadas cada uma das etapas.

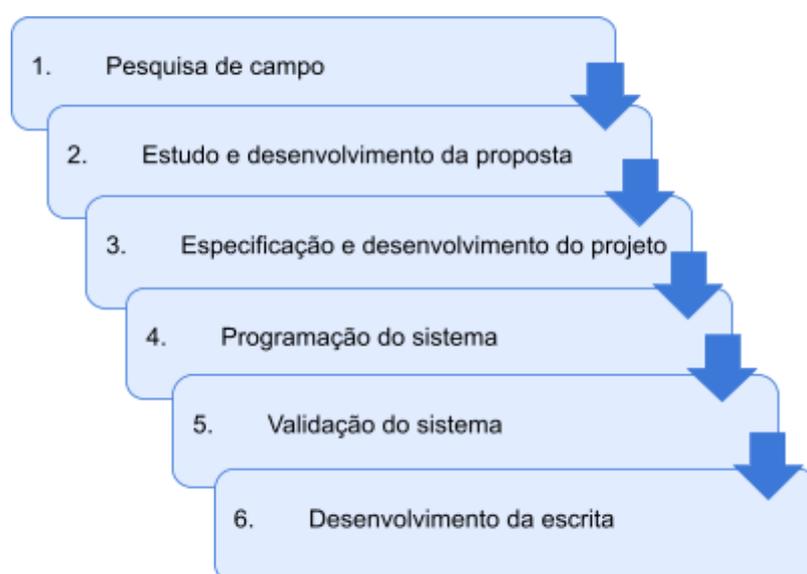


Figura 1. Metodologia definida para o trabalho

- 1. Pesquisa de campo:** Conversa com profissionais da área da agricultura, a fim de identificar as principais dificuldades ao realizar a interpretação dos resultados de análises de solo.
- 2. Estudo e desenvolvimento da proposta:** Estudo de tecnologias que poderiam ser utilizadas para minimizar o problema e proposição de um sistema web que realize a interpretação das análises de solos.

3. **Especificação e desenvolvimento do projeto:** Levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais, diagrama de caso de uso, diagrama de classe e modelagem lógica do banco de dados.
4. **Programação do sistema:** desenvolvimento do sistema utilizando tecnologias web como HTML, JavaScript, Tailwind, Laravel e o banco de dados MySQL.
5. **Validação do sistema:** Testes de aceitação realizados com agrônomos realizando comparativo de resultado obtido do sistema com cálculo manual.
6. **Desenvolvimento da escrita:** Elaboração do artigo especificando o objetivo do trabalho, os trabalhos relacionados, o desenvolvimento do projeto, os resultados obtidos e os trabalhos futuros.

5. Projeto do sistema

Nesta Seção serão apresentados o diagrama de caso de uso, o diagrama de classes e a modelagem lógica do banco de dados.

5.1 Diagrama de caso de uso

Para ilustrar os atores do sistema, suas funcionalidades e interações, o diagrama de caso de uso é apresentado na Figura 2.

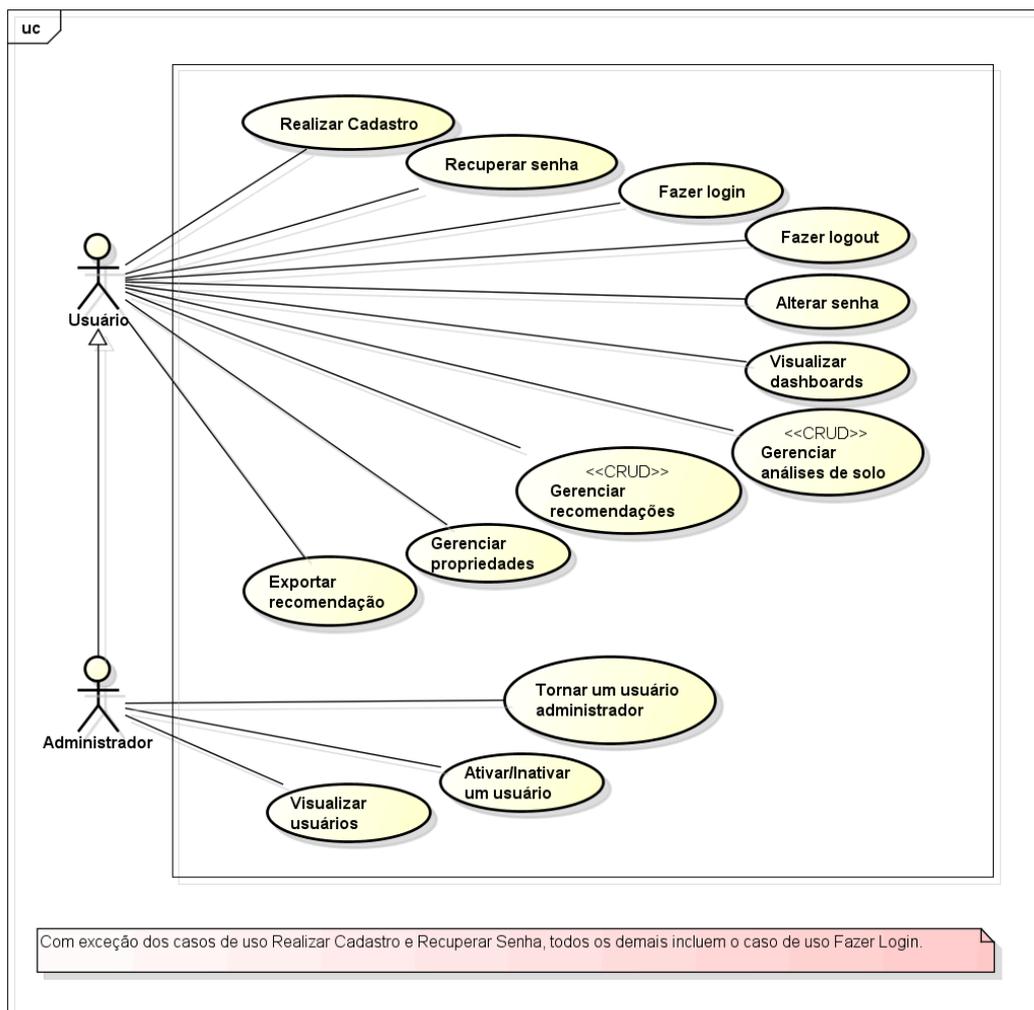


Figura 2. Diagrama de Caso de Uso

Os atores do sistema são representados pelo “Usuário” e pelo “Administrador”. O “Usuário” engloba agrônomos, técnicos e agricultores que utilizam o sistema para cadastrar suas análises de solo e obter as recomendações necessárias. O “Administrador” é responsável pela gestão de todos os usuários. As funcionalidades são iguais para ambos, exceto as atividades específicas de gestão de usuários, que são exclusivas do “Administrador”.

5.2 Diagrama de Classes

Como o sistema foi desenvolvido utilizando o paradigma de programação orientada a objetos, a Figura 3 apresenta o Diagrama de Classes, ilustrando as classes do sistema, seus atributos e alguns métodos relevantes para a funcionalidade do SOLOCALC.

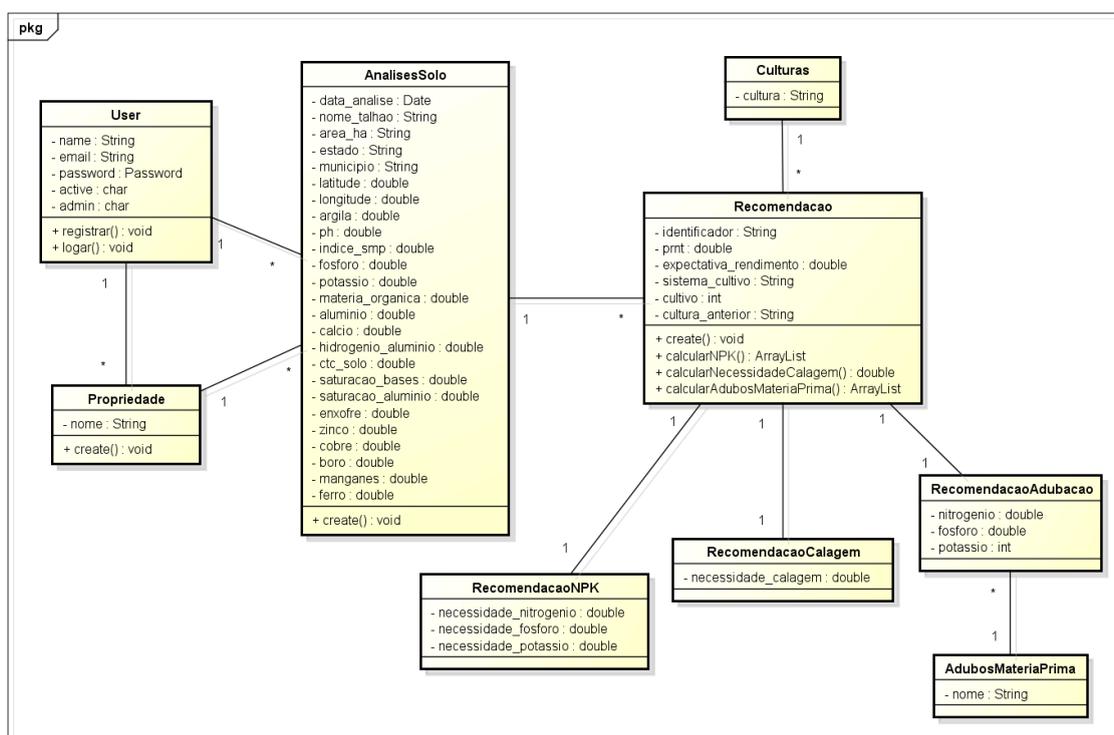


Figura 3. Diagrama de Classes

5.3 Modelagem de Dados

O modelo lógico do banco de dados é criado com base nas funcionalidades do sistema e tem a finalidade de representar os relacionamentos entre as tabelas e seus componentes. A Figura 4 apresenta o modelo lógico do banco de dados, exibindo todas as tabelas do sistema.

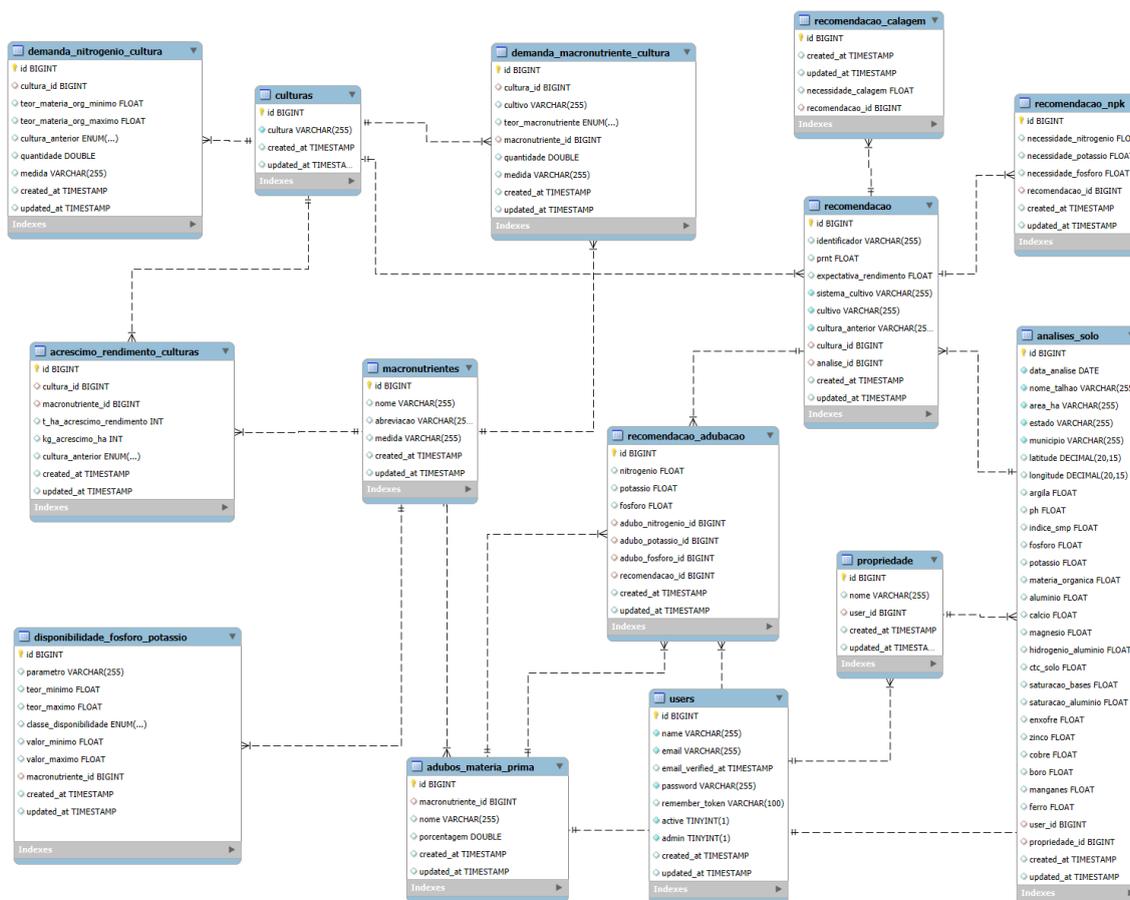


Figura 4. Modelagem Lógica do Banco de Dados

A tabela **users** armazena as informações dos usuários do sistema, enquanto a tabela **propriedade** contém as propriedades cadastradas e vinculadas a cada usuário. Os usuários cadastram os dados das análises de solo na tabela **analises_solo**.

Nas tabelas **recomendacao**, **recomendacao_npk**, **recomendacao_calagem**, **recomendacao_adubacao** e **adubos_materia_prima** são mantidas informações sobre as recomendações de adubação e calagem de forma detalhada e separada.

As tabelas **acrescimo_rendimento_culturas**, **demanda_nitrogenio_culturas**, **demanda_macronutriente_culturas**, **culturas**, **disponibilidade_fosforo_potassio** e **macronutrientes** foram criadas baseando-se em tabelas existentes no Manual de Adubação e Calagem do Rio Grande do Sul (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, CQFS-RS/SC, 2016). As informações contidas nessas tabelas são essenciais para desenvolver as interpretações das análises de solo e calcular a recomendação de adubação e calagem.

A modelagem do banco de dados foi projetada com foco na expansão futura do sistema, permitindo a adição de novas culturas e parâmetros. Com essa abordagem, o sistema está previamente preparado para incorporar futuras inovações.

6. Resultados

A seguir serão apresentadas as telas do sistema e descrições das funcionalidades de cada uma delas.

6.1 Cadastro e acesso ao sistema

Ao acessarem o sistema, os usuários são direcionados para a página de login, conforme ilustrado na Figura 5. Caso não tenha um cadastro, o usuário pode clicar em “Cadastre-se aqui” para ser redirecionado à página de registro, onde deverá fornecer seu nome, e-mail e senha.



A imagem mostra a tela de login do sistema SOLOCALC. No topo, há o logotipo do sistema, que consiste em um círculo verde com uma folha estilizada e um ponto amarelo no topo, e o nome "SOLOCALC" em letras maiúsculas, com "SOLO" em verde e "CALC" em amarelo. Abaixo do logotipo, há um formulário de login com os seguintes campos e elementos:

- Um campo de texto rotulado "E-mail".
- Um campo de texto rotulado "Senha".
- Uma caixa de seleção rotulada "Lembre-se de mim".
- Dois links de texto: "[Cadastre-se aqui](#)" e "[Esqueceu sua senha?](#)".
- Um botão verde com o texto "ENTRAR" em branco.

Figura 5. Tela de Login

6.2 Início

Após o usuário se autenticar no sistema, é direcionado para a tela de início. Nessa tela, há um mapa exibindo os pontos das análises de solo e um gráfico ilustrando a quantidade de recomendações por cultura, conforme a Figura 6. Esses dados são alterados conforme a propriedade selecionada.

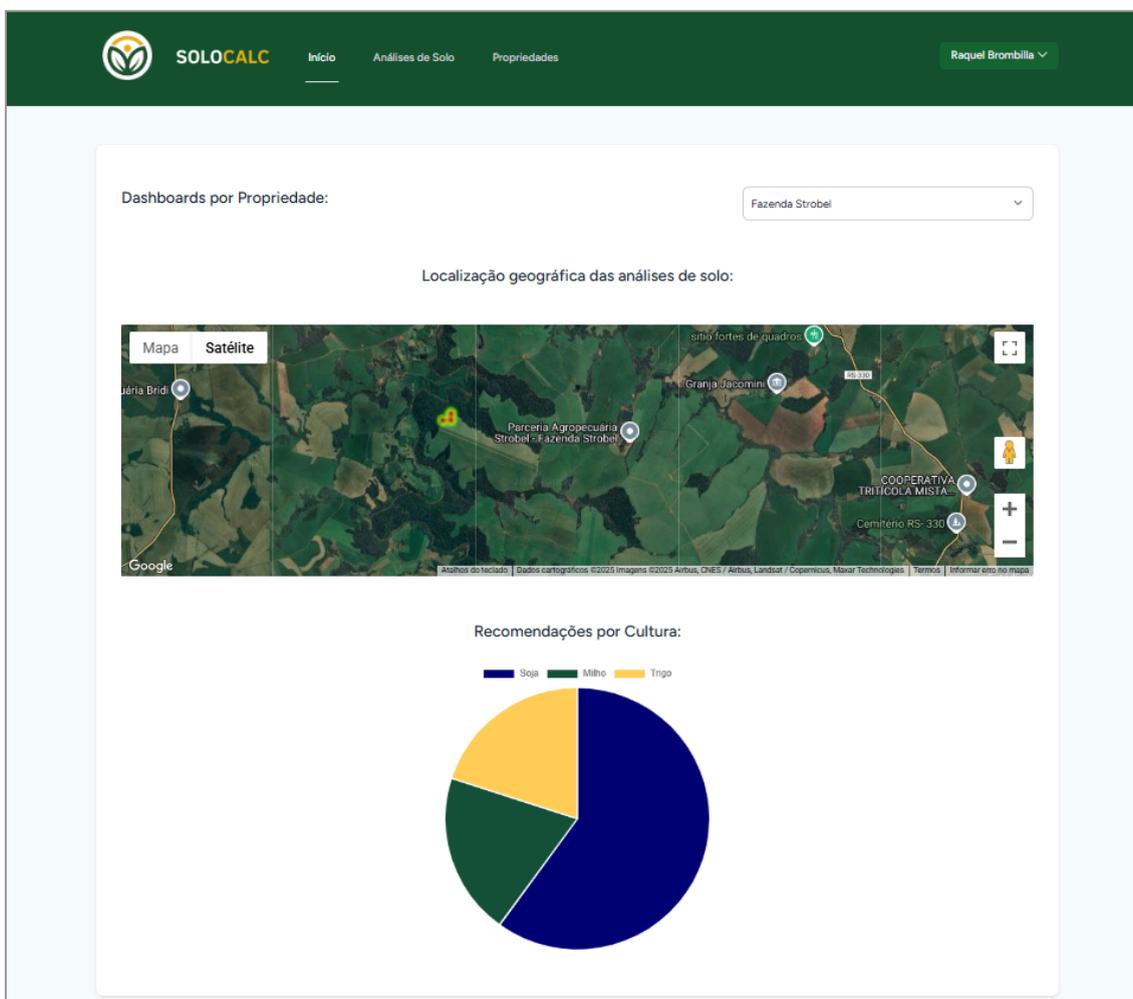


Figura 6. Tela de Início

6.3 Análises de Solo

A tela de Análises de Solo (Figura 7) permite visualizar em uma tabela todas as análises de solo já cadastradas pelo usuário logado, bem como realizar ações sobre essas análises, como: visualizar, editar e excluir.

Análises de Solo: NOVA ANÁLISE DE SOLO

Mostrando 10 registros

#	Data	Nome Talhão	Cidade	Propriedade	Recomendações	Ações
1	19/06/2024	Talhão 1	Dois Irmãos das Missões	Fazenda Strobel	2	✎ 🗑️ 🔄
2	19/06/2024	Talhão 1	Dois Irmãos das Missões	Fazenda Strobel	2	✎ 🗑️ 🔄
3	19/06/2024	Talhão 1	Dois Irmãos das Missões	Fazenda Strobel	1	✎ 🗑️ 🔄
4	19/06/2024	Talhão 1	Dois Irmãos das Missões	Fazenda 2	0	✎ 🗑️ 🔄

Anterior 1 Próximo

Figura 7. Listagem das Análises de Solo

Além das ações citadas acima, essa tela possui um botão para cadastrar “Nova Análise de Solo”, onde direciona para a tela de cadastro das análises, representada na Figura 8. Neste formulário, são informados todos os dados da análise de solo que, posteriormente, serão utilizados para os cálculos de recomendação de adubação e calagem.

Análises de Solo → Cadastro de Análise de Solo:

Informações da análise:

Data da Análise * Nome do Talhão Área (ha) *

Estado * Município * Propriedade *

Localização geográfica:

Latitude (graus) Longitude (graus)

Análise da camada:

Argila (%) * pH em Água * Índice SMP *

Fósforo (P, mg/dm³) * Potássio (K, mg/dm³) * Matéria Orgânica (M.O., %) *

Alumínio (Al, cmolc/dm³) * Cálcio (Ca, cmolc/dm³) * Magnésio (Mg) *

Hidrogênio + Alumínio (H + Al, cmolc/dm³) * CTC do solo (cmol/dm³) * % SAT da CTC - BASES *

Figura 8. Cadastro de Análise de Solo

Quando o usuário seleciona a ação de “Visualizar Análise de Solo”, é direcionado para uma tela onde possui as informações da análise de solo mais detalhada e as opções de Criar Recomendações e Ver Recomendações, conforme Figura 9.

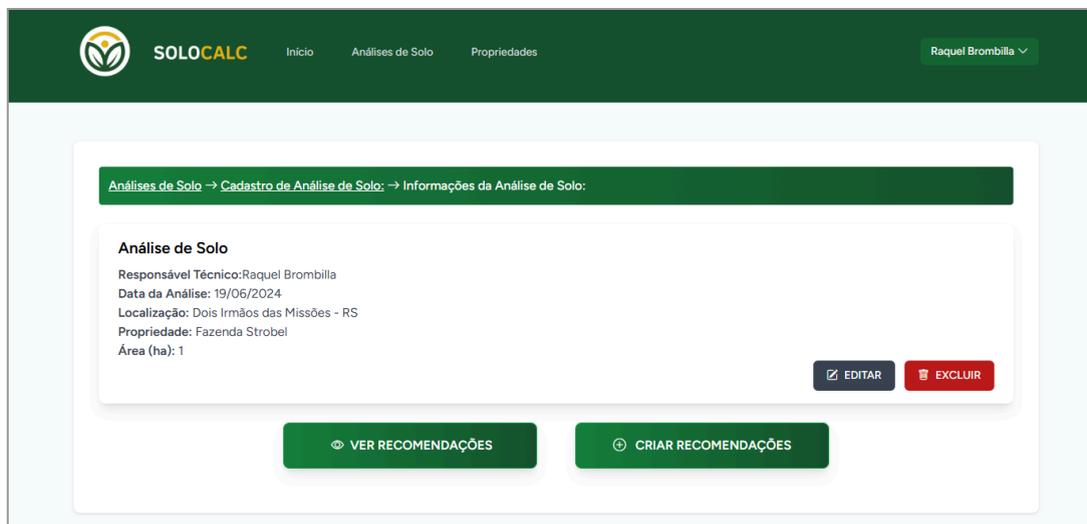


Figura 9. Visualização das Informações da Análise de Solo

6.4 Recomendações de Adubação e Calagem

Outra funcionalidade importante desenvolvida é o gerenciamento de recomendações de adubação e calagem. Cada análise de solo pode ter diversas recomendações, de culturas e opções diferentes. Ao acessar a tela de “Visualizar Análise de Solo” e clicar no botão de “Ver Recomendações” é possível visualizar as recomendações relacionadas aquela análise de solo (Figura 10).

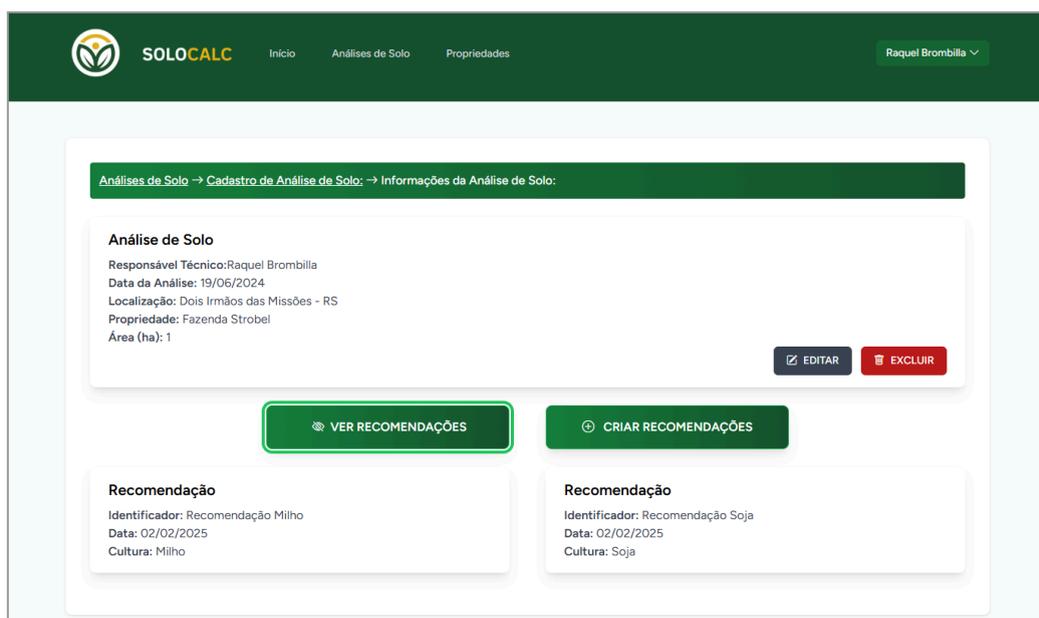


Figura 10. Visualização das Recomendações

Selecionando o botão de “Criar Recomendação”, ocorre a transição para a tela de “Criação de Recomendação”, representada na Figura 11. Nesta tela, é possível inserir e selecionar algumas informações que vão ser utilizadas no cálculo de recomendação de adubação e calagem, como a % de PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) para calagem, a cultura, a expectativa de rendimento, o cultivo e a cultura anterior.

The screenshot shows the 'SOLOCALC' application interface. At the top, there is a dark green header with the logo on the left, the text 'SOLOCALC' in the center, and navigation links 'Inicio', 'Análises de Solo', and 'Propriedades' on the right. A user profile 'Raquel Brombilla' is visible in the top right corner. Below the header, a white content area contains a green bar with the text 'Análise de Solo → Criar Recomendação:'. The main form is divided into two sections: 'Informações iniciais' and 'Informações de cultivo:'. The 'Informações iniciais' section has two input fields: 'Identificador' and '% PRNT para calagem'. The 'Informações de cultivo:' section has four fields: 'Cultura *' (a dropdown menu with 'Milho' selected), 'Expectativa de rendimento (t/ha) *' (an input field), 'Sistema de cultivo' (a button labeled 'Plantio direto consolidado'), 'Cultivo a partir da análise *' (a dropdown menu with 'Selecione uma opção' selected), and 'Cultura anterior *' (a dropdown menu with 'Selecione uma opção' selected). At the bottom of the form, there are two buttons: a dark grey 'CANCELAR' button and a green 'CONTINUAR' button.

Figura 11. Criação da Recomendação

Dando sequência à criação da recomendação de adubação e calagem, somos direcionados a mais uma tela, onde temos a segunda parte do cadastro (Figura 12). Nesta etapa, o sistema já realizou o cálculo da quantidade de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) necessária para a análise de solo correspondente e nos solicita mais algumas informações sobre os adubos matéria prima.

Figura 12. Segunda Etapa da Criação da Recomendação

Ao clicar em “Criar Recomendação” a recomendação é criada e o sistema realiza os cálculos necessários para nos retornar as recomendações de adubação e calagem.

Figura 13. Visualização da Recomendação de Adubação e Calagem

Na tela de visualização das recomendações (Figura 13) temos algumas informações da recomendação, a necessidade total de NPK e a recomendação de adubação e calagem para a análise de solo selecionada. Além disso, nesta tela, também é possível excluir, editar e exportar a recomendação.

6.5 Testes Realizados com Usuários

Para validar o sistema desenvolvido, foram realizados testes de usabilidade com profissionais da área da agronomia, permitindo que eles acessassem o sistema, cadastrassem análises e gerassem recomendações. Esses testes tiveram a finalidade de verificar se o sistema é intuitivo e prático, garantindo que os usuários possam navegar e utilizar as funcionalidades de maneira eficiente.

Além disso, foram conduzidos testes exploratórios das recomendações de corretivos e fertilizantes de solo. Nesse processo, os usuários calcularam manualmente as recomendações, o que permitiu uma comparação detalhada entre os resultados obtidos manualmente e aqueles gerados pelo SOLOCALC. Essas comparações contribuíram para confirmar a precisão e a confiabilidade do sistema.

7. Considerações Finais

Considerando que a agricultura é um setor vital para a economia do Brasil e, particularmente, para o estado do Rio Grande do Sul, onde a produção agrícola é uma das principais atividades econômicas, foi desenvolvido o sistema SOLOCALC. Esse sistema tem como objetivo não apenas otimizar a produtividade das lavouras, mas também promover a sustentabilidade no campo, garantindo o uso mais eficiente de corretivos e fertilizantes de solo.

Durante a construção deste trabalho, foi percebido a importância do desenvolvimento de um sistema para realizar a recomendação de adubação e calagem com base nas análises de solo. O sistema SOLOCALC minimiza a chance de erros nos cálculos, otimiza o processo de recomendação, facilita o trabalho dos profissionais responsáveis e evita desperdícios de recursos.

O foco nas culturas de soja, trigo e milho é relevante devido ao impacto econômico dessas culturas no estado do Rio Grande do Sul. Além disso, a aplicação da tecnologia no manejo agrícola desses cultivos pode servir de modelo para futuras expansões e adaptações do sistema para outras culturas e regiões.

A utilização do sistema SOLOCALC torna a recomendação de adubação e calagem significativamente mais eficiente, já que integra os dados das análises de solo e gera recomendações personalizadas e adaptadas às necessidades específicas de cada cultura. Isso permite que os agricultores tomem decisões mais assertivas quanto ao uso dos insumos. Com isso, conclui-se que todos os objetivos foram alcançados com êxito, pois as funcionalidades requisitadas foram implementadas de acordo com as necessidades dos profissionais da agronomia que foram consultados durante o desenvolvimento deste trabalho.

Como trabalhos futuros aponta-se a inclusão de um módulo no sistema que possibilite o cadastro de outras culturas, juntamente com as parametrizações necessárias para a interpretação e cálculos de recomendações de adubação e calagem. Além disso,

sugere-se a implementação do cadastro em lote de análises de solo, podendo ser realizado a partir de um modelo de planilha disponibilizado no sistema. Essas melhorias tornariam o sistema ainda mais prático e abrangente.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, Erica Carvalho de. **Potencialidades da utilização dos drones na agricultura de precisão**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Naviraí.
- BARRETO, Maurício. **Curso de Linguagem PHP**. Disponível em: <<http://www.etelg.com.br/paginaete/downloads/informatica/php.pdf/>>; Último acesso em: 17/07/2024.
- CARDOSO, E. L.; FERNANDES, A. H. B. M.; FERNANDES, F. A. **Análise de solos: finalidade e procedimentos de amostragem**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/807342>. Acesso em: 17 ago. 2024.
- CARVALHO, Vinícius Gedeão Bezerra de; NASCIMENTO, Clístenes Williams Araújo do; BIONDI, Caroline Miranda; **Potencial de fertilizantes e corretivos no aporte de micronutrientes ao solo**. Revista Brasileira de Ciência do Sol, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/fV9dnJGhgmCYkH54bvqN6nx/>. Acesso em: 24 ago. 2024.
- CONCENÇO, Germani; HEIFFIG DEL AGUILA, L. S.; VERNETTI Jr., F. J. **Produtividade da soja no Rio Grande do Sul: Genética ou Manejo?** Embrapa, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165272/1/Germani-Concenco-ArtigoSojaEmbrapa-CULTIVAR.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2024.
- EMBRAPA. **A evolução da agricultura do Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81665485/artigo—a-evolucao-da-agricultura-do-brasil>. Acesso em: 25 ago. 2024.
- ESPERIDIÃO, Tamara Lima; SANTOS, Tamiris Camargo dos; AMARANTE, Mayara dos Santos. **Agricultura 4.0: Software de gerenciamento de produção**. Revista Pesquisa e Ação, v. 5, n. 4, 2019.
- KLIMM, M. C. **Design Systems for Micro Frontends-An Investigation into the Development of Framework-Agnostic Design Systems using Svelte and Tailwind CSS**. Tese (Doutorado) - Hochschulbibliothek der Technischen Hochschule Köln, 2021.
- MANZANO, José Augusto N. G; TOLEDO, Suely Alves de. **Guia de orientação e desenvolvimento de sites HTML, XHTML, CSS e JavaScript/JScript**. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Érica, 2010.
- MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira; LEITE, MA de A. **Agro 4.0-rumo à agricultura digital**. 2017.
- MILANI, André. **MySQL: Guia do Programador**. São Paulo: Editora Novatec Ltda., 2006.

SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO DO RIO GRANDE DO SUL. **PIB do Rio Grande do Sul registra alta de 10,4% em 2021.** 2021. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/pib-do-rio-grande-do-sul-registra-alta-de-10-4-em-2021>. Acesso em: 29 ago. 2024.

SILVA, Maurício. **CSS3: Desenvolva aplicações web profissionais com uso dos poderosos recursos de estilização das CSS3.** São Paulo: Novatec Editora Ltda., 2011.

SILVA, N. H. da; CARVALHO, M. **Análise das tecnologias requisitadas em vagas de desenvolvedor web de acordo com a localidade das empresas.** Belém, Pará, p. 16, 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – SBCS. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016. ISBN: 978-85-66301-80-9.

SOUSA, S. S.; MOREIRA, S. G.; CASTRO, G. F. de. **Avaliação da fertilidade do solo por Agricultura de Precisão e Convencional.** Revista Agrogeoambiental, 2015. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/756>. Acesso em: 24 ago. 2024.

STAUFFER, M. **Laravel: Up & Running: A Framework for Building Modern PHP Apps.** 2. ed. O'Reilly Media, 2019.

TEIXEIRA NETO, Arthur Palhares. **O “tech” do agro: uma revisão bibliográfica sobre o impacto da aplicação de tecnologias no agronegócio brasileiro.** 2022. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

WATHAN, A. **Tailwind CSS Rapidly build modern websites without ever leaving your HTML.** 2022. <https://tailwindcss.com/>. Acesso em: 23 jan. 2025.