

Uma Interface Web 3.0 Amigável para Rastreabilidade de Produtos da Agricultura Familiar Usando Contratos Inteligentes

Rafael Nogueira¹, Nycolas Fornaziero dos Santos², Henrique Fan¹,
Bruno B. Neves², Roben C. Lunardi³, Diego Kreutz¹, Rodrigo B. Mansilha¹

¹Universidade Federal do Pampa - Campus Alegrete (UNIPAMPA)

²Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)

³Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS)

{henriquefan.aluno, rafaelnogueira.aluno}@unipampa.edu.br

nyfornaziero@gmail.com

neves.bruno@edu.pucrs.br

roben.lunardi@restinga.ifrs.edu.br

{diegokreutz, rodrigomansilha}@unipampa.edu.br

Abstract. *Family farming accounts for a large portion of food production in Brazil, but it still faces barriers to the use of digital technologies that ensure transparency and traceability. In this context, we propose a web application integrated with smart contracts, focused on the traceability of agricultural products. The solution offers a simple and intuitive interface for producers to independently register batches and transactions, while consumers can verify the origin of their food with transparency and confidence. This work contributes to the appreciation of family farming and promotes greater digital inclusion, aligning with the principles of Web 3.0 and Agriculture 5.0.*

Resumo. *A agricultura familiar é responsável por grande parte da produção de alimentos no Brasil, mas ainda enfrenta barreiras no uso de tecnologias digitais que garantam transparência e rastreabilidade. Nesse contexto, propomos uma aplicação Web 3.0 integrada a contratos inteligentes, voltada à rastreabilidade de produtos agrícolas. A solução oferece uma interface simples e intuitiva para que produtores registrem lotes e transações de forma autônoma, enquanto consumidores podem verificar a procedência dos alimentos com transparência e confiança. O trabalho contribui para a valorização da agricultura familiar e promove maior inclusão digital, alinhando-se aos princípios da Web 3.0 e da Agricultura 5.0.*

1. Introdução

A agricultura familiar representa 77% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, totalizando mais de 3,8 milhões de propriedades que ocupam cerca de 23% da área destinada à agropecuária [Brasil 2019]. Este setor é fundamental para a segurança alimentar nacional e regional, sustentando práticas culturais e economias locais. Contudo, enfrenta

desafios no acesso a mercados exigentes que demandam transparência sobre origem e qualidade dos produtos.

A rastreabilidade agrícola, definida como o registro das etapas do processo produtivo desde a aquisição de insumos até a comercialização, tornou-se estratégica. No Brasil, a Instrução Normativa Conjunta 02/2018 (MAPA/ANVISA) estabelece diretrizes para rastreabilidade de vegetais frescos, reforçando a necessidade de mecanismos que assegurem a integridade da cadeia produtiva. Problemas como adulteração e desvios de carga geram perdas estimadas em bilhões de reais por safra [Serasa Experian 2023].

Tecnologias como QR Codes, RFID e sistemas de geolocalização vêm sendo utilizadas na rastreabilidade, mas ainda apresentam limitações de segurança e transparência. A tecnologia de contratos inteligentes baseados em blockchain surge como alternativa promissora por ser um registro digital distribuído, imutável e resistente a adulterações, garantindo confiabilidade sem depender de autoridade central. A maioria dos sistemas de rastreabilidade foi concebida para grandes produtores, excluindo pequenos agricultores que constituem a base da produção alimentar nacional. A adoção de contratos inteligentes pela agricultura familiar, portanto, encontra barreiras significativas: acesso limitado a recursos tecnológicos, dificuldades de conectividade e pouca familiaridade com sistemas digitais complexos.

O Programa de Rastreamento da Agricultura Familiar (PRO-RAF¹) [Santos et al. 2024a, Santos et al. 2024b] é uma iniciativa para contribuir na implementação da INC 02/2018. O PRORAF integra um Sistema de Informação composto por aplicativos orientados à usabilidade e segurança para produtores e consumidores a um ambiente de inovação focado na qualificação de dados e serviços mediante tecnologias emergentes. O PRORAF foi originalmente concebido em um modelo centralizado característico da Web 2.0. Em estudos atuais, estamos investigando e analisando os compromissos técnicos e de engenharia de software necessários para uma potencial transição em direção a um paradigma de Web 3.0, baseado em entidades auto-soberanas e descentralizadas. Recentemente, propusemos e avaliamos a viabilidade econômica da adoção de contratos inteligentes [Silva et al. 2025] como solução para auxiliar a agricultura familiar no atendimento aos requisitos estabelecidos pela Instrução Normativa Conjunta nº 02/2018 (INC 02/2018).

Este trabalho apresenta uma *Graphical User Interface* (GUI) para Web 3.0, denominada *Smart Agro RAF GUI*, integrada a contratos inteligentes relacionados à INC 02/2018. A solução permite que produtores registrem informações de maneira simples e que consumidores consultem a procedência dos alimentos com transparência.

As principais contribuições são: (i) o desenvolvimento de uma interface web acessível para apoiar agricultores familiares na interação com contratos inteligentes; (ii) a demonstração da transformação de um sistema Web2 tradicional em um sistema baseado em contratos inteligentes Web3; e (iii) a validação da proposta por meio de uma implementação funcional acompanhada de testes automatizados.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta o referencial teórico. A Seção 3 descreve a arquitetura e a modelagem do sistema. A Seção 4 detalha a implementação, os testes e a validação da solução. Por fim, a Seção 5

¹<https://proraf.com.br/>

reúne as conclusões e aponta as perspectivas futuras.

2. Referencial Teórico

A Agricultura 5.0 é uma revolução tecnológica que está transformando o setor agroalimentar, ao integrar práticas sustentáveis com tecnologias avançadas de coleta e análise de dados, como sensores, drones e satélites, permitindo maior precisão no uso de insumos e aumento significativo da produtividade. Nesse cenário de transformação digital, a tecnologia de contratos inteligentes surge como aliada estratégica ao possibilitar a rastreabilidade da cadeia de suprimentos agrícolas, assegurando a origem e a qualidade dos produtos e fortalecendo a confiança dos consumidores [Gomes 2024].

2.1. Trabalhos Relacionados

Entre os trabalhos relacionados, [Tian 2016] apresentam um sistema de rastreabilidade para a cadeia agroalimentar chinesa que combina coleta automática de dados (sensores IoT, como temperatura e GPS) com registro manual ou semiautomático por meio de uma interface web. Os registros são criptografados e carimbados com *timestamp*, e a interface foi concebida para múltiplos perfis de usuário, incluindo produtores, reguladores e consumidores. De forma complementar, [Daraghmi et al. 2024] propõem o *AgroChain* para gerenciar a cadeia de suprimentos agrícola, oferecendo uma *AgroChain User Interface* web e mobile que facilita a interação dos participantes. A implementação utiliza Web3j e Angular, com integração à blockchain via cliente Ethereum e carteira MetaMask. Já [Tejos et al. 2022] exploram a cadeia do cacau amazônico, descrevendo uma interface voltada ao consumidor que, a partir da leitura de um QR Code, direciona o usuário para uma página web com o histórico do produto. Em comum, essas propostas destacam o papel central da interface na adesão dos usuários; contudo, ainda não contemplam soluções projetadas especificamente para a agricultura familiar, onde a simplicidade, o baixo custo e a redução de barreiras de letramento digital são fatores essenciais — aspectos que orientam o presente trabalho.

Tabela 1. Trabalhos Relacionados.

Trabalho	Infraestrutura de Dados	Interface	Tecnologia da interface
[Tian 2016]	Identificação por Rádio Frequência, blockchain	Web e mobile	Não disponível
[Daraghmi et al. 2024]	Blockchain, Ethereum	Web e mobile	Metamask, Web3j, Angular
[Tejos et al. 2022]	Hyperledger Fabric	Web	Não disponível
Proposta Atual	Blockchain, Smart Contracts	Web	Laravel, React, MetaMask

2.2. Interfaces Amigáveis e Usabilidade em Sistemas Web

Diversos estudos enfatizam a relevância de interfaces simples e centradas no usuário. [MIZUNO and ROMANI 2013] propõem um design para aplicativos agrícolas móveis que facilita o acesso a mapas de previsão e monitoramento, destacando que a navegação deve ser intuitiva e que as tarefas precisam ser concluídas em poucos passos. De forma complementar, [Lamberz et al. 2017] analisam a usabilidade de interfaces web por meio de testes com usuários, mostrando que elementos de navegação claros e bem posicionados são fundamentais para orientar o público e evitar frustrações. Em outra perspectiva, [Manko 2021] apresentam um estudo de caso do portal *Zillow.com*, identificando quatro princípios centrais: conhecimento do usuário, clareza na navegação, adequação

do conteúdo e consistência visual. Em conjunto, esses trabalhos evidenciam que a experiência do usuário depende de interfaces intuitivas, acessíveis e alinhadas às necessidades do público-alvo, princípios que orientam a proposta desenvolvida neste trabalho.

3. SmartAgro-RAF GUI

Esta seção apresenta o SmartAgro-RAF GUI, destacando a análise do problema e a arquitetura da solução. O foco está na transição da Web 2.0 para a Web 3.0, com contratos inteligentes que reforçam a rastreabilidade e a transparência na agricultura familiar.

3.1. Análise

O PRORAF foi concebido para atender a INC 02/2018 provendo rastreabilidade para a cadeia produtiva de vegetais frescos. Produtores, distribuidores e comercializadores inserem informações por meio do Aplicativo do Produtor, registrando dados de produtos e lotes de forma estruturada. Do outro lado, consumidores, como escolas, restaurantes e órgãos fiscalizadores, acessam o Aplicativo do Consumidor, no qual podem consultar a origem, a qualidade e o percurso de cada item adquirido. O PRORAF foi originalmente desenvolvido sob a concepção da Web 2.0, caracterizando-se por uma estrutura centralizada em torno da própria plataforma.

Para a transição à Web 3.0, propomos o Smart AGRO RAF, um novo modelo fundamentado em entidades descentralizadas e auto-soberanas, que conferem maior autonomia e distribuição inteligente de funcionalidades. Na prática, Smart AGRO RAF propõe o uso de contratos inteligentes armazenados em blockchain para a persistência dos dados. A blockchain atua como livro-razão do sistema, assegurando a integridade dos registros e possibilitando a tokenização dos ativos, de modo a reforçar a segurança e a confiabilidade das informações. Essa estrutura evidencia como a Web 3.0 pode contribuir para o setor agroalimentar, ao promover descentralização, transparência e confiança nas relações entre produtores e consumidores.

Nesse ecossistema, as carteiras digitais (*crypto-wallets*) permitem que produtores e consumidores interajam diretamente com a blockchain. Cada operação, como registrar um lote ou verificar um produto, é autenticada e assinada digitalmente, mesmo sem uso direto de criptomoedas [Dixon et al. 2021]. Assim, o produtor terá sua própria carteira digital para inserir produtos e lotes de forma segura, enquanto o consumidor poderá consultar essas informações via página web, acessada pelo QR code presente nas etiquetas. A rastreabilidade é feita por contratos inteligentes baseados em padrões (por exemplo, ERC-721 [Entriken et al. 2025] da rede Ethereum), responsáveis por gerenciar criação, registro e transferência dos ativos digitais que representam os produtos da agricultura familiar.

A Figura 1 apresenta um diagrama de casos de uso do sistema, destacando as interações de produtores e consumidores. Para os produtores, estão mapeadas operações CRUD (*Create, Read, Update e Delete*) relacionadas a produtos, lotes e movimentações. Já o consumidor pode rastrear lotes por meio do QR code, acessando informações de origem e procedência dos produtos.

De acordo com a INC 02/2018, apenas os casos de uso relacionados a movimentações (cadastrar, editar e visualizar) precisam ser incorporados aos contratos inteligentes para registro na blockchain. Já os dados dos demais casos de uso, como o cadastro e a edição de produtos e lotes, podem ser armazenados *off-chain* em

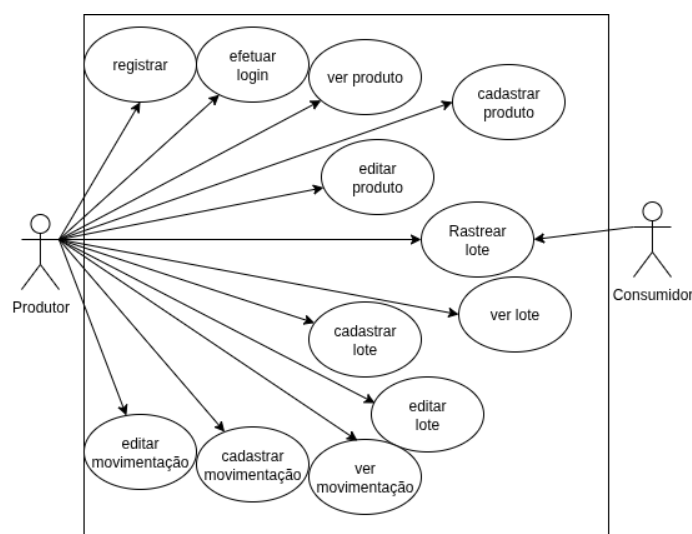


Figura 1. Diagrama de caso de uso do Produtor e Consumidor.

um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) convencional. Essa abordagem híbrida combina o melhor dos dois modelos: a transparência e a soberania garantidas pelo registro distribuído para informações críticas, aliadas ao desempenho e ao menor custo proporcionados pelo armazenamento centralizado dos demais dados.

3.2. Projeto

Na Figura 2 é apresentada a arquitetura do sistema no qual a *Smart Agro RAF GUI* se encaixa. Observe-se que frontend possui duas aplicações: a do produtor, responsável pelo cadastro de produtos e lotes mediante integração com a carteira digital MetaMask para autenticação e assinatura de transações; e a do consumidor, que ao escanear o QR code de um produto é direcionado a uma página com informações de origem e rastreabilidade. No backend, uma API Gateway integra banco de dados *off-chain*, API de negócios, API blockchain e módulos de tokenização e rastreamento, garantindo segurança e transparência em toda a cadeia produtiva.

A Figura 3 apresenta o fluxo de cadastramento de informações no Smart Agro RAF. Nesse processo, o usuário conecta sua carteira digital MetaMask, que garante a autenticação e a autorização das transações. As requisições realizadas no frontend são encaminhadas ao backend, que integra os contratos inteligentes e registra os dados na blockchain. Essa abordagem assegura integridade, autenticidade e imutabilidade das informações, permitindo auditoria em toda a cadeia produtiva por consumidores, órgãos fiscalizadores e parceiros comerciais, fortalecendo a transparência e a confiança no produto final.

4. Prova de Conceito

Esta seção descreve uma implementação da *Smart Agro RAF GUI* como prova de conceito da solução proposta integrada ao sistema PRORAF.

4.1. Tecnologias

A escolha das tecnologias considerou a implementação prévia do PRORAF em Web 2.0, desenvolvido em PHP/Laravel com um SGBD MySQL. Nesse cenário, a *Smart Agro*

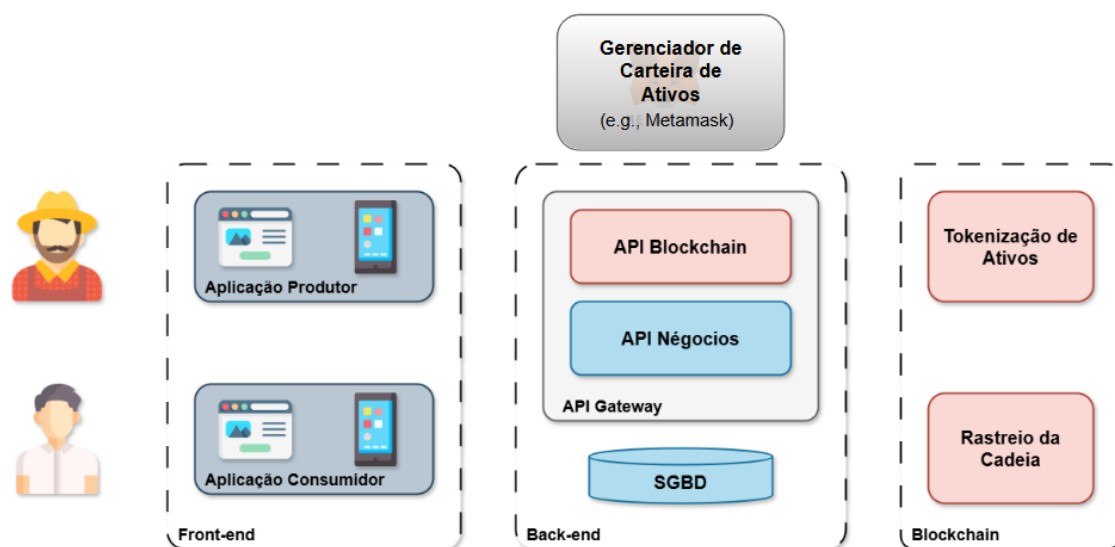


Figura 2. Arquitetura do Sistema.

RAF GUI adotou o framework `React` aliado ao `Tailwind CSS`, possibilitando interfaces responsivas e intuitivas, adequadas ao perfil dos usuários do sistema. A integração com a *MetaMask* garante a interação direta com contratos inteligentes na blockchain, permitindo autenticação e assinatura de transações de forma simples e segura no paradigma da Web 3.0. Além disso, o uso do *Inertia* facilita a comunicação entre frontend e backend *off-chain*, conciliando a arquitetura tradicional 2.0 com a experiência fluida de aplicações modernas baseadas em Web 3.0.

4.2. Implementação

Ao realizar o login, o usuário produtor é direcionado ao *dashboard*, que concentra as principais ações da plataforma, como visualizar e cadastrar produtos, lotes e movimentações. A interface, ilustrada na Figura 4, organiza-se em três elementos centrais: um menu lateral que fornece acesso às diferentes seções do sistema, uma barra superior que indica dinamicamente a localização atual do usuário e uma área central composta por *cards* coloridos que destacam as informações de produtos, lotes e movimentações. Essa estrutura segue o princípio de clareza informacional e de navegação lógica discutido por [Lamberz et al. 2017], reforçando a usabilidade da aplicação.

Para utilizar a aplicação, o produtor deve conectar-se à *MetaMask*, carteira digital essencial em ambientes Web3, que permite interagir diretamente com contratos inteligentes sem a necessidade de intermediários centralizados. Alinhado aos princípios de usabilidade destacados por [Manko 2021], que enfatizam a importância de tornar ações críticas mais visíveis e acessíveis, foi incorporado um botão de destaque na tela inicial. Esse botão utiliza gradiente em tonalidade clara e possui dimensões ampliadas em relação às demais opções do menu, com o objetivo de captar a atenção do usuário e reforçar a prioridade da ação de conexão. Assim, garante-se maior clareza e intuitividade na navegação, reduzindo o tempo de decisão e aumentando a eficiência no uso do sistema.

Ao clicar no botão de conexão, o sistema exibe uma janela da própria extensão *MetaMask*, solicitando ao usuário autorização para vincular sua carteira digital à aplicação *Proraf*. Esse fluxo segue o princípio de resposta rápida e direta apontado por

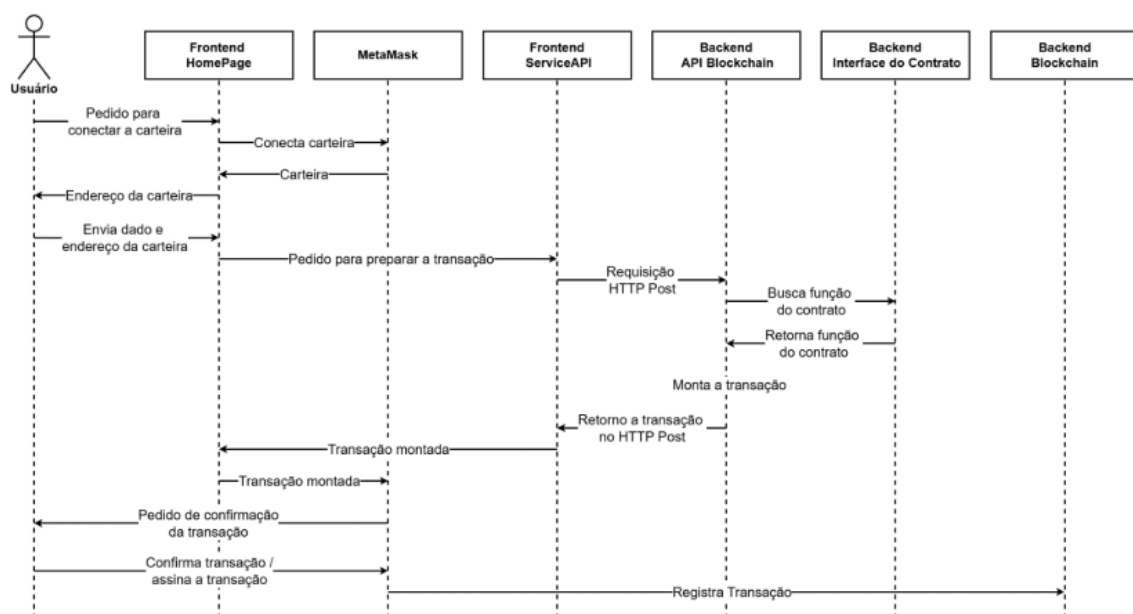


Figura 3. Diagrama de Sequência para Cadastro de Informação no Smart Agro RAF.



Figura 4. Dashboard do produtor.

[Manko 2021], reforçando a transparência e a segurança na interação entre o sistema e a carteira do usuário, como ilustrado na Figura 5.

Para iniciar o cadastro de um lote, é necessário que o usuário previamente registre um produto. Esse registro é armazenado em banco de dados tradicional, simplificando o fluxo de uso do sistema e permitindo que as informações de um produto sejam cadastradas uma única vez e reutilizadas em múltiplos lotes. Enquanto os produtos permanecem em ambiente *off-chain*, os lotes são gerenciados por contratos inteligentes e registrados *on-chain* na blockchain. Essa divisão estratégica combina a eficiência do armazenamento convencional com a transparência e a imutabilidade da tecnologia blockchain.

Ao acessar a página de registro de lote, o usuário encontra o formulário correspondente, exemplificado na Figura 6.

Para simplificar o processo, foram incorporados recursos como instruções contextuais, preenchimento automático, sugestões de produtos e seletor de datas intuitivo, con-

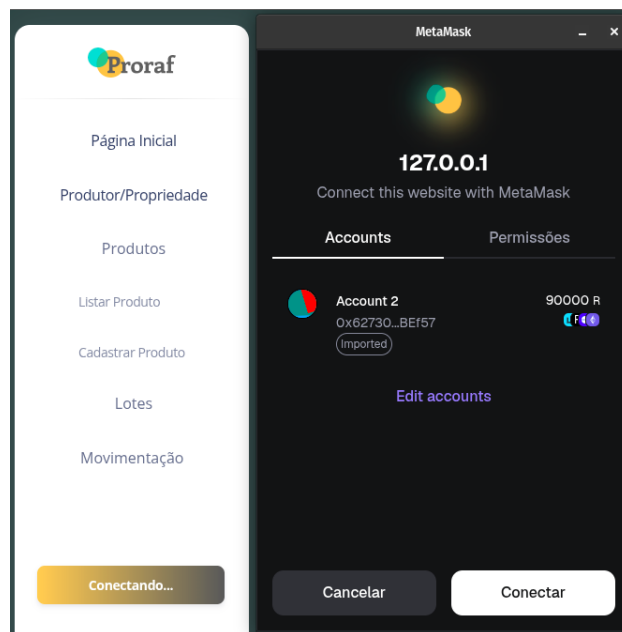


Figura 5. Conexão da carteira MetaMask ao sistema Proraf.

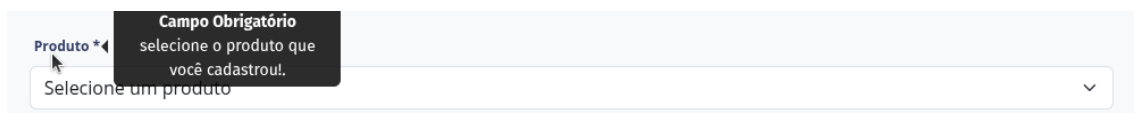


Figura 6. Exemplo de campo do formulário de cadastro de lote.

forme ilustrado na Figura 7. Esses elementos seguem as diretrizes de usabilidade descritas por [Lamberz et al. 2017], promovendo clareza e orientação durante o preenchimento.

Durante o registro do lote, uma interface informativa detalha em tempo real as etapas executadas, incluindo a chamada à API, a montagem do contrato ERC-721, a confirmação da transação na carteira digital e o registro simultâneo na blockchain e no banco de dados. Esse processo assegura transparência operacional, reduz inconsistências e fortalece a confiança do usuário, em consonância com os princípios de design centrado no usuário discutidos por [Manko 2021]. Após o cadastro e a ativação do lote, o sistema gera um QR Code associado à etiqueta, que pode ser escaneado ou ter o número de identificação digitado pelo consumidor, permitindo acesso às informações por meio da interface ilustrada na Figura 8.

4.3. Testes e Validação da Interface

Para a realização dos testes, foram desenvolvidos scripts em Python capazes de automatizar a interação com a aplicação, desde o processo de login do usuário e a conexão com a MetaMask, até o registro de um lote no sistema. Para isso, utilizou-se a biblioteca PyAutoGUI, que permite manipular softwares instalados no computador. Essa abordagem possibilitou controlar a carteira digital e percorrer o formulário de registro, preenchendo os campos necessários de forma automatizada.

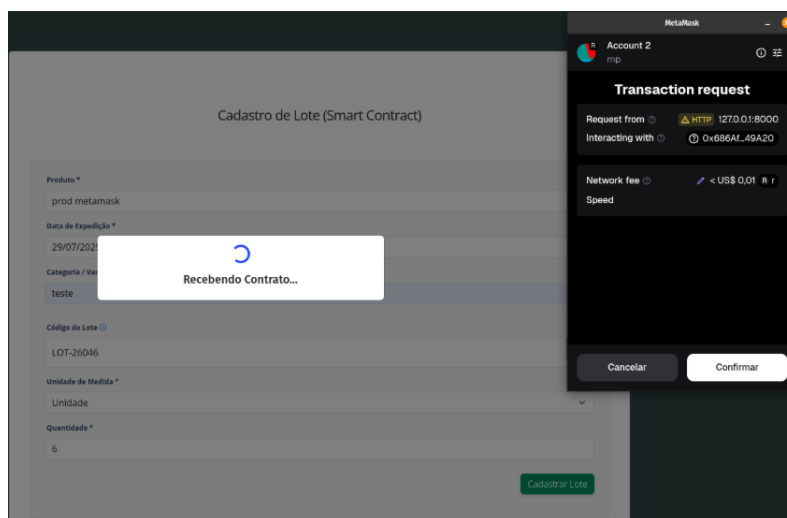


Figura 7. Realizando transação de cadastro de um lote.

Código do Lote

LOT-83631

Rastrear

DADOS LOTE						
PRODUTO - CÓDIGO	CÓDIGO LOTE	Nº TALHAO	TALHAO REGISTRADO			
XLXU - PRD-97863	LOT-83631		Sim			
DADOS PRODUÇÃO						
PRODUÇÃO	DATA PLANTIO	DATA COLHEITA	DATA VALIDADE			
10.50 - un	16/04/2025	13/04/2025	01/01/1970			

DADOS MOVIMENTAÇÃO						
PESSOA RESPONSÁVEL	QUANTIDADE	DOCUMENTO	RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO / TIPO DE ENDEREÇO	TIPO MOVIMENTAÇÃO	DATA MOVIMENTAÇÃO
Rafael Nogueira Rodrigues	1.00	5420193812	Rafael Nogueira Rodrigues	Rua honório lemes / Endereço	Expedição	30/06/2025 21:12

Figura 8. Tela na qual o consumidor é redirecionado ao ler QR-code.

5. Conclusão

Este trabalho apresentou uma proposta de solução tecnológica voltada à agricultura familiar, com o objetivo de garantir rastreabilidade, transparência e confiança por meio de uma interface web amigável integrada a tecnologias de contratos inteligentes e blockchain. A iniciativa busca reduzir as barreiras de adoção enfrentadas por pequenos produtores, permitindo que registrem e consultem informações de forma simples e segura na Web 3.0, mesmo sem conhecimento técnico avançado. A implementação foi integrada ao projeto Proraf, mas acredita-se que ela possa servir como modelo para outros sistemas de rastreabilidade em contextos similares.

O desenvolvimento concentrou-se no frontend da aplicação, utilizando tecnologias como Laravel, React, Tailwind, Inertia e a carteira digital MetaMask. Como trabalhos futuros, estão previstos a integração completa com carteiras digitais para autenticação e assinatura de transações, além da migração gradual de dados *off-chain* para registros *on-chain*, ampliando a confiabilidade e o nível de descentralização do sistema.

Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), por meio dos editais 02/2022, 08/2023, 09/2023 e dos termos de outorga 22/2551-

0000841-0, 24/2551-0001368-7 e 24/2551-0000726-1, da CAPES (Código de Financiamento 001) e da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa no âmbito do projeto Ilíada. Ainda, Roben recebeu apoio do IFRS e do EDITAL FAPERGS 14/2022.

Referências

- Brasil, A. (2019). Censo agropecuário: Brasil tem 5 milhões de estabelecimentos rurais. Acesso em: 25 jun. 2025.
- Daraghmi, E.-Y., Jayousi, S., Daraghmi, Y.-A., Daraghma, R. S. M., and Fouchal, H. (2024). Blockchain-based traceability systems for small-scale farming: A sustainable approach. *IEEE Access*, 12.
- Dixon, W., Dawson, D., Zergeroglu, E., and Behal, A. (2021). Blockchain technology for agriculture: Applications and solutions. *IEEE Access*. Acesso em: 24 jun. 2025.
- Entriken, W., Shirley, D., Evans, J., and Sachs, N. (2025). Erc-721 non-fungible token standard. <https://ethereum.org/pt-br/developers/docs/standards/tokens/erc-721/>. Acessado em 31 de agosto de 2025.
- Gomes, J. A. (2024). Agricultura 5.0 e a era dos dados no campo.
- Lamberz, J., Litfin, T., Meeh-Bunse, G., and Özlem Teckert (2017). User-friendly website design: A combined eye-tracking study. In *ENTRENOVA - Conference Proceedings*, pages 308–315, Dubrovnik, Croatia. Osnabrück University of Applied Science.
- Manko, B. A. (2021). Teaching user-friendly web design: A case study on zillow.com in the real estate industry. *Journal of Information Technology Teaching Cases*, 12(1):35–42.
- MIZUNO, K. and ROMANI, L. A. S. (2013). Processo de design de interfaces para aplicativos agrícolas em dispositivos móveis. Resumo.
- Santos, N., Goulart, A., Kersten, D., Cornelio, J., Basso, F., and Mansilha, R. (2024a). Evangelização tecnológica da agricultura familiar. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 291–296, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Santos, N., Goulart, A., Kersten, D., Cornelio, J., Basso, F., and Mansilha, R. (2024b). Proraf: Rastreamento da agricultura familiar. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 241–244, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Serasa Experian (2023). Rastreabilidade de produtos na cadeia produtiva do agronegócio. Serasa Experian. Acesso em: 24 jun. 2025.
- Silva, F., Neves, B., Fan, H., Lunardi, R., Kreutz, D., and Mansilha, R. (2025). Smart contracts para rastreamento da agricultura familiar. In *Anais do VIII Workshop em Blockchain: Teoria, Tecnologias e Aplicações*, pages 112–125, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Tejos, R. A. G., de Brito Carvalho, T. C. M., Júnior, M. A. S., Santos, B. J., and Nobre, I. (2022). Blockchain aplicado à rastreabilidade da cadeia produtiva do cacau da amazônia. *Revista de Agricultura Sustentável*. Acesso em: 4 de outubro de 2025.
- Tian, F. (2016). A blockchain-based traceability system for agri-food supply chains. *Journal of Engineering Science*, 16(4):225–234. Acesso em: 4 de outubro de 2025.