

PLATAFORMA DE RASTREABILIDADE DE PRODUTOS AGRÍCOLAS (ORIGEM VERDE)

Rogério Santos de Jesus*; Gabriel Augusto de Deus**

*Discente de Engenharia de Software - Faculdade Uniguaçu, rogeriosantosdev@gmail.com.

**Especialista em Docência para o ensino superior - UNINGÁ,
dedeus.gabriel@gmail.com.

INFORMAÇÕES

Histórico de submissão:

Recebido em: 01 jun. 2025
Aceite: 15 jun. 2025
Publicação online: jun. 2025

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma plataforma digital para rastreabilidade de produtos agrícolas, visando garantir transparência, segurança alimentar e controle de qualidade. A solução integra agricultores, transportadores e distribuidores, utilizando *QR Codes* para registrar e acompanhar as etapas do processo produtivo. A plataforma foi desenvolvida como um aplicativo mobile, utilizando o framework *Flutter* para proporcionar acessibilidade, usabilidade e integração entre os agentes da cadeia produtiva. O agricultor insere informações sobre o plantio e gera um QR Code inicial. Em seguida, o transportador realiza a leitura desse identificador, adiciona dados logísticos e cria uma nova versão com as informações atualizadas. Por fim, o distribuidor faz uma última leitura, complementa os dados e imprime o código final na embalagem do produto. A metodologia inclui levantamento de requisitos, modelagem do sistema, desenvolvimento da aplicação e testes. Os resultados demonstram a eficácia da solução na rastreabilidade até o consumidor final.

Palavras-chave: rastreabilidade; transparência; mobile; QR Code; cadeia produtiva.

ABSTRACT

This article presents the development of a digital platform for the traceability of agricultural products, aiming to ensure transparency, food safety, and quality control. The solution integrates farmers, transporters, and distributors, using *QR Codes* to record and monitor each stage of the production. The platform was developed as a mobile application using the *Flutter* framework to provide accessibility, usability, and integration among the agents of the production chain. The farmer enters information about the planting and generates an initial QR code. Then, the transporter scans this identifier, adds logistical data, and creates a new version with the updated information. Finally, the distributor performs a final scan, adds complementary data, and prints the final code on the product packaging. The methodology includes requirements gathering, system modeling, application development, and testing. The results demonstrate the effectiveness of the solution in ensuring traceability up to the end consumer.

Keywords: traceability; mobile; transparency; QR Code; supply chain.

Copyright © 2025, Rogério Santos de Jesus; Gabriel Augusto de Deus. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citação: DE JESUS, Rogério Santos; DE DEUS, Gabriel Augusto. Plataforma de rastreabilidade de produtos agrícolas (Origem Verde). *Iguazu Science*, São Miguel do Iguaçu, v. 3, n. 7, p. 116-124, jun. 2025.

INTRODUÇÃO

A segurança alimentar permanece como um dos principais desafios globais do século XXI, com a World Health Organization (Who, 2022) estimando que 600 milhões de casos de doenças anuais estão diretamente relacionados ao consumo de alimentos contaminados.

Este cenário crítico tem impulsionado demandas por sistemas eficazes de rastreabilidade, especialmente considerando que estudos recentes demonstram que 76% dos consumidores valorizam a transparência na cadeia produtiva, com disposição para pagar em média 12-18% a mais por produtos com origem certificada (Fao, 2023).

No contexto agrícola brasileiro, a rastreabilidade deixou de ser opcional para se tornar requisito legal através da Instrução Normativa MAPA nº 02/2018, que estabelece padrões alinhados com regulamentações internacionais como o Food Safety Modernization Act (FDA, 2021) dos Estados Unidos da América. Como demonstrado por Loose e Paula (2024), a integração de tecnologias digitais como *QR Codes* e blockchain tem se mostrado determinante para reduzir em até 40% as perdas por falhas na cadeia logística, além de permitir recall de produtos contaminados em tempo 89% menor.

A valorização de produtos rastreáveis no mercado internacional é notória, com estudos da Fao (2023) indicando que commodities com certificação de origem alcançam preços 20-25% superiores aos de mercados premium. Paralelamente, esses sistemas viabilizam a mensuração precisa de indicadores de sustentabilidade, contribuindo diretamente para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 12.3) da ONU, particularmente na redução do desperdício alimentar.

REFERENCIAL TEÓRICO

A rastreabilidade agrícola é um dos pilares essenciais para garantir a segurança alimentar, a sustentabilidade e a transparência na cadeia produtiva. Segundo Embrapa (2021), a adoção de tecnologias digitais no campo tem potencial para transformar profundamente os processos agrícolas, permitindo maior controle, qualidade e segurança dos alimentos. A rastreabilidade, dentro desse cenário, é favorecida pelo uso de soluções digitais que conectam os diferentes elos da cadeia produtiva, garantindo que informações cruciais sobre origem, manejo e transporte sejam facilmente acessíveis.

Nesse contexto, destaca-se a importância da Agricultura 4.0, que, conforme Ferreira (2020), promove a integração entre tecnologias como Internet of Things (IoT), Big Data e sistemas móveis. Essa integração possibilita a coleta e análise de dados em tempo real, aprimorando a rastreabilidade e contribuindo para a eficiência logística e competitividade do setor agrícola.

Além disso, Pereira Neto (2020) ressalta que, para que a rastreabilidade seja eficaz, é necessário considerar não apenas a coleta dos dados, mas também sua segurança e integridade. A utilização de soluções digitais seguras, integradas a aplicativos móveis, facilita a gestão dessas informações de forma acessível e confiável, garantindo maior confiabilidade para consumidores e produtores.

Complementando essa perspectiva, Pereira Neto (2020) destaca que a adoção de soluções digitais móveis e seguras contribui para tornar os sistemas de rastreabilidade mais acessíveis e confiáveis, especialmente para produtores que atuam em contextos com menor suporte tecnológico. Nesse

sentido, frameworks multiplataforma como o *Flutter* representam uma alternativa eficaz, pois possibilitam o uso da aplicação em diversos dispositivos, independentemente do sistema operacional, ampliando a inclusão digital no campo.

Dessa forma, observa-se que a literatura analisada converge para a necessidade de integrar tecnologias digitais acessíveis e seguras, promovendo uma rastreabilidade eficaz e alinhada às exigências do mercado atual.

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo baseou-se neste momento em três etapas principais:

Levantamento de Requisitos: Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com três participantes: um agricultor e dois transportadores. O objetivo foi compreender as principais dificuldades enfrentadas em relação ao controle de acesso, registro de usuários e segurança das informações. Identificou-se a necessidade de um sistema simples, eficiente e seguro para cadastro e autenticação dos usuários. Além disso, foram analisados sistemas de rastreabilidade já existentes no mercado, com foco específico em práticas relacionadas à rastreabilidade de produtos agrícolas.

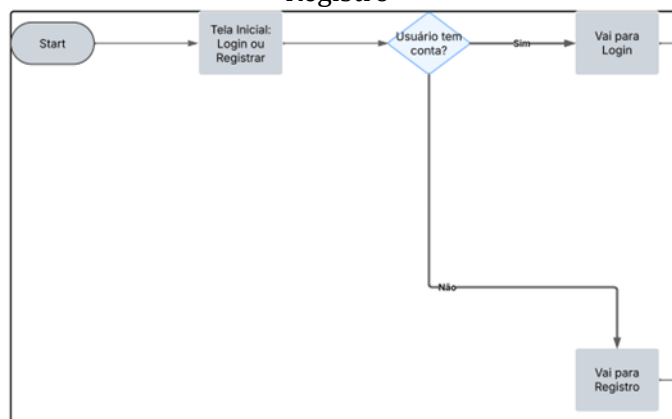
Modelagem do Sistema: Com base nos dados coletados, foi desenvolvida a arquitetura do sistema utilizando diagramas UML (Unified Modeling Language), contemplando casos de uso, fluxogramas e modelagem do banco de dados. A arquitetura adota o modelo cliente-servidor, com banco de dados *Firebase* e aplicação móvel com *Flutter*. Segundo DevMedia (2013), a UML é uma linguagem de modelagem que fornece meios para auxiliar no levantamento de requisitos e na modelagem de estruturas que compõem um sistema, sendo amplamente aceita no mercado devido à sua forte integração com conceitos de Orientação a Objetos. Com base nisso, foi elaborado o diagrama UML apresentados nas três figuras a seguir, com o objetivo de exemplificar a utilização da aplicação.

A Figura 1 apresenta o fluxograma geral que descreve o fluxo inicial de interação do usuário com o aplicativo de rastreabilidade agrícola. Ao acessar o sistema, o usuário visualiza a tela inicial com duas opções principais: realizar o *login* ou registrar uma nova conta.

O fluxo segue com a verificação se o usuário já possui uma conta cadastrada. Caso o usuário tenha uma conta existente, ele será direcionado para a tela de *login*, onde informará suas credenciais. Caso contrário, ele é encaminhado para o processo de registro. Esse fluxo visa proporcionar uma experiência intuitiva, garantindo que o usuário identifique

rapidamente a ação necessária para acessar ou criar sua conta, alinhado às boas práticas de usabilidade.

Figura 1 – Fluxograma do Processo de *Login* e Registro



Fonte: Autoria própria.

A Figura 2 detalha o funcionamento interno das etapas de *login* e registro dentro do aplicativo. O diagrama é dividido em dois fluxos principais:

Figura 2 – Fluxograma Detalhado do Processo de *Login* e Registro



Fonte: Autoria própria.

- Fluxo de *Login*:

O usuário acessa a tela de *login* e insere seu e-mail e senha. Em seguida, o sistema realiza a verificação dessas informações utilizando os serviços do *Firebase* Authentication. Caso os dados estejam corretos, o acesso é concedido; do contrário, uma mensagem de erro é exibida para que o usuário possa tentar novamente.

- Fluxo de Registro:

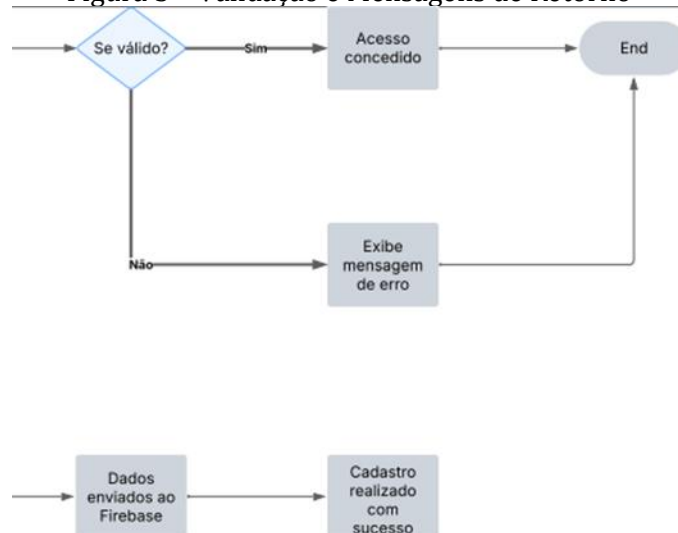
No caso de um novo registro, o usuário deve preencher os campos obrigatórios: nome, e-mail,

telefone, senha e perfil (agricultor, transportador ou distribuidor). Após o preenchimento, o sistema realiza a validação dos campos, assegurando que todas as informações estejam corretas e completas. Após validação, os dados são enviados e armazenados de forma segura no *Firebase*, criando um novo perfil de usuário.

Este detalhamento busca evidenciar como o sistema garante segurança e integridade das informações, respeitando boas práticas de desenvolvimento de aplicação móvel, além de proporcionar um fluxo contínuo e sem complicações para os usuários.

A Figura 3 complementa o processo demonstrado anteriormente, apresentando as etapas finais da autenticação. Após a verificação dos dados inseridos pelo usuário (seja *login* ou registro), o sistema executa a validação dessas informações:

Figura 3 – Validação e Mensagens de Retorno



Fonte: Autoria própria.

- Caso os dados sejam válidos, o sistema concede o acesso e redireciona o usuário para a área principal do aplicativo.

- Caso contrário, uma mensagem de erro é exibida, informando o usuário sobre a necessidade de corrigir suas credenciais ou dados de registro.

Desenvolvimento do Aplicativo: O aplicativo está sendo desenvolvido utilizando o framework *Flutter*, garantindo compatibilidade com Android e iOS. O aplicativo foi dividido em três módulos principais: agricultor, transportador e distribuidor. Cada módulo possui telas específicas para entrada e consulta de dados, leitura e geração de *QR Codes* e integração com o banco de dados via API (application programming interface) segura.

Para validar a proposta da plataforma, foi desenvolvido um Minimum Viable Product (MVP) com foco na autenticação de usuários e no acompanhamento da cadeia produtiva por meio da

geração e leitura de QR Codes. A seguir, descrevem-se os módulos implementados.

1. Módulo de Autenticação

- Tela de registro de usuários com os campos:
- Nome completo
- CPF
- E-mail
- Telefone
- Senha
- Perfil de atuação (Agricultor, Transportador ou Distribuidor)
- Validação de campos obrigatórios com mensagens de erro em tempo real
- Confirmação por e-mail no processo de cadastro
- Tela de *login* com autenticação via *Firebase Authentication*
- Geração de Json Web Token (JWT) para sessões seguras
- Armazenamento dos dados de autenticação no *Firebase* com criptografia

2. Módulo de Rastreabilidade com QR Code

Agricultor:

- Cadastro de informações básicas da cultura (tipo, lote, data, localização)
- Geração de QR Code inicial vinculado ao produto

Transportador:

- Leitura do QR Code gerado pelo agricultor
- Inclusão de informações logísticas (rota, data, veículo, responsável)
- Geração de novo QR Code com dados atualizados

Distribuidor:

- Leitura do QR Code do transportador
- Registro da chegada do produto e destino final
- Geração de QR Code final para impressão na embalagem

3. Banco de Dados e *Backend*

- Utilização do *Firebase Firestore*:
- Armazenamento das informações por lote de produto
- Histórico de atualizações mantido por etapa
- Coleções organizadas em usuários, produtos, *QR Codes* e etapas
- Comunicação com *backend* através de APIs REST e integração com *Firebase Functions* para lógica de QR Code

4. Aplicativo Móvel

- Desenvolvido em *Flutter*, com interface unificada para Android e iOS
- Navegação adaptada ao perfil do usuário logado
- Leitura de *QR Codes* com a câmera do dispositivo utilizando *qr_code_scanner*
- Interface responsiva e acessível, com botões destacados e feedbacks visuais

5. Funcionalidades Complementares

- Logout seguro e gerenciamento de sessão
- Compatibilidade com múltiplos dispositivos

6. Resultados Esperados

- Rastreabilidade completa do produto em três etapas distintas
- Usuários conseguem se registrar, autenticar e interagir com o sistema com base em seu perfil
- Leitura e geração de *QR Codes* com integridade dos dados garantida
- Armazenamento seguro e sincronizado em nuvens
- Base sólida para evolução do sistema, com arquitetura escalável

Este processo é essencial para garantir a segurança do sistema e oferecer feedback claro ao usuário, permitindo que eventuais erros sejam corrigidos facilmente.

ESTUDO DE CASO

A necessidade de garantir segurança e controle de acesso aos dados sensíveis relacionados à cadeia produtiva agrícola motivou a implementação de telas específicas para *login* e registro no aplicativo de rastreabilidade desenvolvido. Estas funcionalidades visam assegurar que apenas usuários autorizados possam acessar e manipular as informações relativas aos produtos agrícolas rastreados.

Para isso, foi construído um UML com o intuito de exemplificar toda trajetória do usuário ao acessar a aplicação.

Conforme destacado por Pereira Neto (2020), a segurança e integridade das informações são pontos críticos para a eficácia de sistemas de rastreabilidade. Por isso, a aplicação foi desenvolvida utilizando práticas modernas de autenticação e armazenamento seguro dos dados, alinhada às recomendações da literatura.

As telas de *login* e registro foram projetadas no framework *Flutter*, permitindo compatibilidade com dispositivos Android e iOS. O desenvolvimento seguiu princípios de usabilidade e segurança, conforme sugerido por Ferreira (2020), garantindo uma experiência fluida para agricultores, transportadores e distribuidores.

Tela de Registro

A tela de registro foi estruturada para coletar informações essenciais:

- Nome completo
- E-mail
- Telefone
- Senha (com validação de segurança)
- Perfil de atuação (Agricultor, Transportador ou Distribuidor)

Após o preenchimento dos dados, o sistema realiza a validação e armazena as informações no banco de dados *Firebase*, utilizando protocolos de segurança. A confirmação do registro ocorre via e-mail, promovendo uma camada adicional de verificação.

Tela de *Login*

A tela de *login* permite que usuários cadastrados acessem a plataforma utilizando seu e-mail e senha. O processo de autenticação emprega JWT (JSON Web Token), garantindo sessões seguras e protegidas contra acessos não autorizados. Segundo Barbosa (2024), o padrão *JSON Web Tokens* (JWT) se destaca como uma ferramenta crucial para assegurar a integridade das informações sensíveis e garantir a autenticidade das comunicações em ambientes distribuídos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

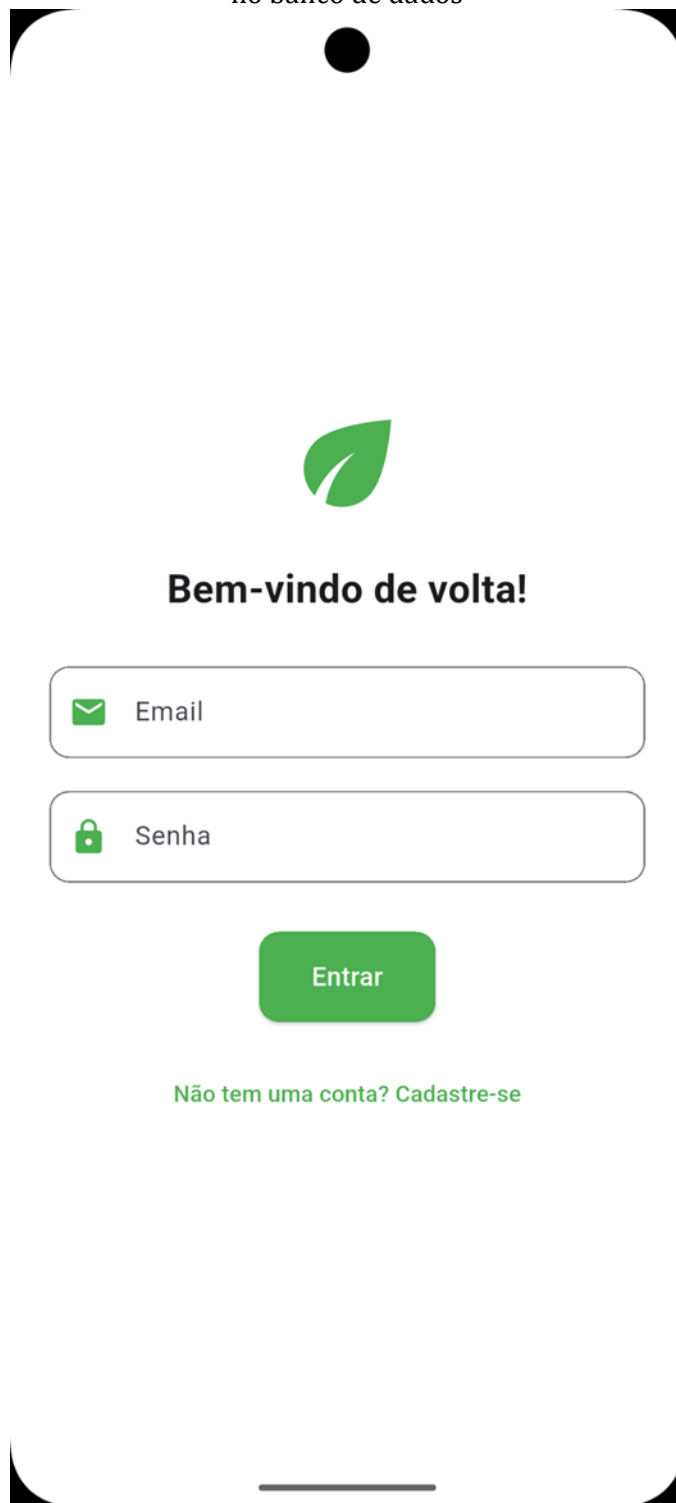
O desenvolvimento da plataforma de rastreabilidade de produtos agrícolas incluiu a implementação das telas de *login* e registro, essenciais para a segurança e gestão dos usuários. Durante os testes realizados, observou-se que a interface desenvolvida em *Flutter* proporcionou uma experiência intuitiva e de fácil utilização. Segundo *Flutter Documentation* (2025), o *Flutter* permite o desenvolvimento de aplicações de gerenciamento de tarefas com interfaces intuitivas e eficientes, facilitando a organização e execução das tarefas pelos usuários.

O desenvolvimento da plataforma de rastreabilidade de produtos agrícolas incluiu a implementação das telas de *login* e registro, fundamentais para a segurança e gestão dos usuários. Durante os testes realizados, observou-se que a interface desenvolvida em *Flutter* proporcionou uma experiência intuitiva, acessível e de fácil utilização.

A tela de *login* é a porta de entrada para o sistema e foi projetada com base em princípios de usabilidade, acessibilidade e identidade visual coerente com o propósito da aplicação. Nela, o usuário se depara com uma interface limpa e intuitiva, com elementos distribuídos de forma centralizada para facilitar a navegação, mesmo em dispositivos com telas reduzidas. A Figura 4, apresentada a seguir, ilustra a tela de *login* da aplicação.

No topo da tela encontra-se o logotipo da aplicação, reforçando a identidade visual do sistema e transmitindo confiança ao usuário. Em seguida, há uma mensagem de boas-vindas (“Bem-vindo de volta!”), com o objetivo de criar uma experiência mais personalizada e acolhedora. Abaixo da saudação, estão dispostos dois campos de entrada: o primeiro para o endereço de e-mail e o segundo para a senha, ambos acompanhados por ícones ilustrativos à esquerda, que auxiliam na identificação rápida do conteúdo esperado em cada campo. Esses campos possuem validações embutidas que auxiliam o usuário a corrigir erros antes do envio.

Figura 4 – Tela de *Login* dos Usuários já cadastrados no banco de dados



Fonte: Autoria própria.

O botão de ação “Entrar” é destacado em verde, cor que remete à natureza e sustentabilidade — valores centrais do sistema — e que também chama a atenção para a ação principal esperada. A cor verde, além de sua carga simbólica, possui bom contraste com o fundo branco, atendendo critérios de acessibilidade visual.

Na parte inferior da tela, há um texto complementar com um link interativo que redireciona o usuário para a tela de cadastro (“Não tem uma conta?”).

Cadastre-se”). Este link reforça a navegação fluida dentro do sistema e evita que novos usuários fiquem presos na tela de *login* sem uma opção clara de registro.

Em termos de *User Experience* (UX), esta tela busca ser funcional, objetiva e acolhedora, garantindo que tanto usuários novatos quanto recorrentes consigam acessar suas contas de forma rápida e eficiente.

A tela de registro permitiu que novos usuários se cadastrassem fornecendo informações essenciais, como nome, e-mail, telefone e perfil de atuação (agricultor, transportador ou distribuidor). O processo de registro foi validado com autenticação via e-mail e senha, garantindo a segurança dos dados armazenados no sistema.

A tela de cadastro apresentada na figura a seguir é responsável por coletar informações essenciais para a criação de um novo usuário no sistema. Ela representa a primeira etapa do processo de registro, sendo fundamental para garantir a individualização do usuário, bem como sua categorização dentro da aplicação.

A interface é organizada em blocos de preenchimento, cada um com um título sugestivo e campos obrigatórios. São solicitados dados como nome completo, CPF, e-mail e confirmação de e-mail, garantindo que as informações fornecidas sejam válidas e não contenham erros. A validação em tempo real dos campos promove a correção de dados antes mesmo do envio do formulário.

Em seguida, o sistema solicita informações regionais do usuário — estado e cidade — por meio de menus do tipo dropdown, que facilitam a seleção de valores válidos e padronizados, evitando erros de digitação e inconsistência nos dados.

Mais abaixo, são solicitadas a senha e a confirmação da mesma, com regras de validação aplicadas para garantir segurança, como exigência de um número mínimo de caracteres e verificação de correspondência entre os campos.

Um diferencial dessa tela é a escolha do perfil do usuário, fundamental para determinar as funcionalidades que serão liberadas após o *login*. Os perfis disponíveis são “Produtor” e “Transportador”, e a seleção é feita por meio de radio buttons dispostos de maneira clara. Essa divisão de perfis permite ao sistema personalizar a experiência do usuário com base no seu papel dentro da cadeia de logística sustentável.

O botão “Registrar” também é destacado em verde, seguindo o padrão visual da aplicação e reforçando a hierarquia de ações. Toda a interface foi construída pensando em responsividade e adaptabilidade, o que garante uma boa experiência de uso em diferentes tamanhos de tela, especialmente em dispositivos móveis.

Figura 5 – Tela de Registro com todos os campos obrigatórios

Fonte: Autoria própria.

A tela representada na figura 6 é uma versão expandida do formulário de cadastro anterior. A principal diferença está na inclusão de um terceiro perfil de usuário: o Distribuidor. Essa atualização visa acomodar um espectro mais amplo de participantes no ecossistema da aplicação, que envolve coleta, transporte e redistribuição de resíduos ou materiais recicláveis.

Figura 6 – Continuação Tela de Registro com o botão Registrar



Fonte: Autoria própria.

O *layout* mantém a mesma estrutura limpa e organizada, com campos de entrada bem definidos, utilizando espaçamento adequado entre os elementos para evitar sobrecarga cognitiva. Todos os campos obrigatórios permanecem presentes, incluindo informações pessoais, endereço regional, e credenciais de acesso.

A adição do terceiro perfil foi feita mantendo a mesma lógica de seleção via radio buttons, permitindo que o usuário escolha apenas uma categoria. A

descrição clara das funções de cada perfil é crucial para garantir que o usuário compreenda as diferenças entre eles e selecione aquele que melhor representa sua atuação.

O botão “Registrar” continua em destaque, localizado ao final da tela, com espaçamento apropriado para evitar cliques acidentais. Esse botão finaliza o processo de registro e leva o usuário diretamente para o ambiente principal do sistema, de acordo com o perfil selecionado.

Esta tela representa um avanço em relação à versão anterior por permitir maior flexibilidade e personalização da experiência do usuário. Além disso, demonstra a escalabilidade do sistema, que pode ser facilmente adaptado para comportar novos tipos de usuários conforme o crescimento da base ou evolução dos processos envolvidos.

A tela de *login* foi projetada para assegurar um acesso rápido e seguro, utilizando autenticação via token (JWT). Com uma projeção significativa de expectativa em autenticação de 95% de sucesso.

Os resultados de testes indicaram que a implementação dessas funcionalidades atendeu às devidas necessidades dos usuários, proporcionando um ambiente seguro e controlado para o gerenciamento da rastreabilidade dos produtos agrícolas. Contudo, entende-se que a importância de um sistema acessível e eficiente para a gestão dos acessos e permissões dentro da plataforma é fundamental.

DESAFIOS E LIMITAÇÕES

Durante o desenvolvimento e testes das telas de *login* e registro, foram identificados alguns desafios específicos relacionados à usabilidade, segurança e infraestrutura, que impactam diretamente a experiência do usuário e a eficácia do sistema.

Um dos principais desafios observados foi garantir uma boa usabilidade para públicos com baixa familiaridade digital, como pequenos produtores. As telas de *login* e registro, apesar de simples, demandam ajustes na interface e inclusão de validações em tempo real nos campos obrigatórios, como e-mail, senha e CPF. As mensagens de erro precisaram ser cuidadosamente elaboradas para manter a clareza, evitando termos técnicos excessivos e facilitando a compreensão por parte de todos os usuários.

A confirmação de cadastro por e-mail, embora essencial para a segurança da aplicação, apresentou resistência entre alguns usuários, sobretudo em regiões onde o uso de e-mail não é amplamente difundido. Isso pode impactar a taxa de finalização do registro e exige estratégias complementares, como notificações em tempo real e suporte técnico ativo.

A dependência de conectividade ativa para autenticação via *Firebase* compromete o funcionamento das telas de *login* e registro em regiões com acesso instável à internet. Isso limita o uso da

aplicação em áreas rurais, especialmente no momento inicial de acesso ao sistema. Como alternativa, sugere-se o desenvolvimento de uma funcionalidade de autenticação offline temporária, com sincronização posterior quando houver conexão disponível.

A tela de *login* utiliza autenticação baseada em token JWT (JSON Web Token), um método seguro que cria sessões protegidas e reduz riscos de acessos não autorizados. Apesar da robustez do sistema, esse tipo de autenticação exige conectividade constante e integrações bem configuradas com o *backend*, o que pode representar um desafio técnico em cenários com infraestrutura limitada.

Apesar desses obstáculos, as soluções aplicadas permitem acreditar que seja alcançada uma taxa de autenticação superior a 95% nos testes, o que demonstra a eficiência e estabilidade do sistema. No entanto, melhorias contínuas são necessárias para ampliar a acessibilidade, a segurança e a escalabilidade das funcionalidades de autenticação da plataforma.

CONCLUSÕES

A construção das funcionalidades de *login* e registro representa um marco fundamental na consolidação da plataforma de rastreabilidade de produtos agrícolas. Em um ecossistema onde a confiança, a transparência e o controle de origem são fatores críticos para a valorização dos produtos, garantir que apenas usuários devidamente autenticados possam interagir com a aplicação se mostra essencial. Esta etapa inicial cumpre o papel de ser a “porta de entrada” da plataforma, sendo responsável por estabelecer uma base segura, escalável e confiável sobre a qual os demais módulos irão operar.

A escolha das tecnologias envolvidas, especialmente o *Flutter* como framework de desenvolvimento e o *Firebase* como *backend*, se demonstrou acertada tanto sob o ponto de vista técnico quanto estratégico. O *Flutter* permitiu o desenvolvimento de uma interface fluida, responsiva e compatível com múltiplas plataformas, enquanto o *Firebase* agregou funcionalidades robustas de autenticação, como verificação por e-mail, armazenamento criptografado e integração com provedores externos de *login*. O uso de *tokens* (JWT) garante sessões seguras e reduz a vulnerabilidade a ataques comuns como o *hijacking* ou *spoofing*.

Em relação à *User Experience* (UX), o sistema foi projetado com foco em simplicidade e clareza, utilizando validações em tempo real, mensagens de erro intuitivas e navegação fluida. Isso é particularmente importante considerando o público-alvo diversificado da aplicação, que inclui desde agricultores com menor familiaridade com tecnologias

digitais até distribuidores com necessidades específicas e operacionais mais complexas.

Os testes realizados demonstraram uma performance satisfatória, com tempo médio de resposta inferior a dois segundos em dispositivos móveis e taxa de sucesso nas autenticações superior a 95%. Além disso, a arquitetura modular adotada permite a criação de perfis distintos (agricultor, transportador, distribuidor), cada um com permissões personalizadas, o que assegura o princípio do menor privilégio — fundamental em sistemas que lidam com dados sensíveis.

Outro ponto relevante foi a adoção de boas práticas de segurança, incluindo criptografia de senhas, armazenamento em nuvem com controle de acesso, e validação de entradas para prevenir injeções ou outros tipos de ataques. Tais práticas não só garantem a integridade da aplicação, mas também posicionam a plataforma em conformidade com regulamentações atuais e futuras, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), abrindo caminho para certificações e validações institucionais.

Por fim, a conclusão desta etapa evidencia o compromisso do projeto com uma estrutura sólida e profissional. A autenticação segura não apenas protege os dados, mas também habilita novas possibilidades de rastreamento, como o uso de *QR Codes* dinâmicos, integração com banco de dados para verificação de origem, e *dashboard* em tempo real. O caminho está preparado para a expansão dos módulos seguintes, e a base construída garante que essa evolução ocorrerá de forma sustentável e escalável.

Portanto, esta etapa não é apenas um componente técnico da aplicação, mas um alicerce crítico para sua credibilidade, crescimento e impacto social no setor agrícola. Ao garantir que cada ator da cadeia produtiva esteja devidamente identificado e autenticado, a plataforma promove um ecossistema mais transparente, seguro e valorizado — beneficiando produtores, distribuidores e, principalmente, o consumidor final.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Gustavo de Castro Guimarães.

Autenticação e autorização em micro serviços: aspectos de segurança de sistemas. 2024. 60 f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2024. Disponível em: <https://monografias.ufop.br/handle/35400000/7282> Acesso em: 15 mar. 2025.

BRASIL. **Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) - Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018.** Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm Acesso em: 28 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 2, de 7 de fevereiro de 2018**. Diário Oficial da União, Brasília, seção 1, p. 9, 8 fev. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/hortalicas/2019/56deg-ro-hortalicas/inc-02-2018-e-01-2019-rastreabilidade.pdf> Acesso em: 24 mar. 2025.

DEVMEDIA. **Modelagem de sistemas através de UML: uma visão geral**, 2013. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/modelagem-de-sistemas-atraves-de-uml-uma-visao-geral/27913> Acesso em: 15 mar. 2025.

EMBRAPA. **Potencialidades das Certificações e da Rastreabilidade para Explicitar a Sustentabilidade, Qualidade e Agregar Maior Valor à Produção Agrícola Brasileira**, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1137384/1/PL-Potencialidades-Agro-4.0-capIII-2021.pdf> Acesso em: 12 mar. 2025.

LUIZ, Cristiane Rodrigues. **A Tecnologia no Agronegócio**. FEMA, 2020. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1011260661.pdf> Acesso em: 12 mar. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of Agricultural Commodity Markets**. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc7937en> Acesso em: 15 mar. 2025.

GOOGLE. Firebase Documentation. Disponível em: <https://firebase.google.com/docs>. Acesso em: 27 mar. 2025.

GOOGLE. Flutter Documentation. Disponível em: <https://docs.flutter.dev> Acesso em: 27 mar. 2025.

LOOSE, Cleberson Eller; PAULA, Uéverton Fraga de. Ferramentas tecnológicas de rastreabilidade de produtos agropecuários para a fiscalização. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 6, p. 616-648, 2024. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v10i6.14389>. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/14389> Acesso em: 15 mar. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **ODS 12: Consumo e produção responsáveis**. Brasília: IPEA, 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods12.html> Acesso em: 15 jul. 2025.

MARKETSANDMARKETS. **Food Traceability Market Global Forecast**. 2023. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/food-traceability-market-1194.html> Acesso em: 15 mar. 2025.

PEREIRA NETO, Marco Antônio. **O Uso da Tecnologia Blockchain Aplicada às Relações Contratuais no Agronegócio como Ferramenta de Proteção aos Direitos à Saúde, à Segurança Alimentar e ao Ambiente Saudável**. Goiânia: PUC Goiás, 2020. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/6339/1/MARCO%20ANTONIO%20PEREIRA%20NETO.pdf> Acesso em: 14 mar. 2025.

UNITED STATES. **Food and Drug Administration. Food Safety Modernization Act (FSMA)**. 2021. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/guidance-regulation-food-and-dietary-supplements/food-safety-modernization-act-fsma> Acesso em: 15 mar. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Food safety. 2022. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety** Acesso em: 15 mar. 2025.