

**Sistema Distribuído para Armazenamento de
Notas Fiscais em Blockchain**

**Rodrigo Albuquerque da Costa
José Fernando**

Disciplina: Projeto e Implementação de Sistemas Distribuídos
Prof.: Fernando Antonio Aires Lins

Recife, 05/2025

1. Introdução

Com o crescimento da digitalização de processos fiscais, as notas fiscais eletrônicas (NF-e) tornaram-se parte essencial da cadeia econômica brasileira. No entanto, sistemas centralizados tradicionais utilizados para armazenar esses documentos ainda estão sujeitos a riscos como fraudes, perda de integridade dos dados, falhas de segurança e indisponibilidade. Essa realidade evidencia a necessidade de soluções robustas, confiáveis e auditáveis para garantir a veracidade e permanência das informações fiscais [1]. Nesse contexto, a tecnologia blockchain surge como uma proposta inovadora e eficaz para garantir a imutabilidade dos dados [2], descentralização do controle e transparência dos registros. Sistemas distribuídos baseados em blockchain oferecem um ambiente confiável, resistente a fraudes e tolerante a falhas, tornando-se altamente apropriado para o armazenamento e validação de NF-e. Ao associar conceitos de hash criptográfico [4], redes descentralizadas e smart contracts [2], o projeto visa não apenas preservar os dados fiscais, mas também facilitar sua verificação pública com segurança e confiança [1][2].

2. Problema a ser tratado

O problema central abordado neste projeto é a vulnerabilidade no armazenamento e validação de notas fiscais eletrônicas em sistemas centralizados. Tais sistemas estão sujeitos a falhas, ataques, alterações indevidas e indisponibilidade, o que compromete a confiabilidade dos documentos fiscais [1]. Busca-se, portanto, desenvolver uma solução que registre as NF-e de forma segura, descentralizada e auditável.

3. Justificativa

Diversos projetos e iniciativas globais têm proposto o uso da tecnologia blockchain como meio de assegurar a integridade e autenticidade de documentos digitais. No cenário internacional, existem desde aplicações

conceituais até implementações governamentais em larga escala. A China, por exemplo, implementou em parceria com a Tencent um sistema de faturas eletrônicas em blockchain na cidade de Shenzhen, processando milhões de documentos para combater fraudes fiscais e aumentar a eficiência. Em outro espectro, o projeto DocuSign com Ethereum aplica blockchain pública para registrar e autenticar contratos digitais, garantindo a imutabilidade das assinaturas, embora seu foco seja o ambiente corporativo e jurídico, não o setor fiscal. O IBM Food Trust, por sua vez, demonstra como a blockchain pode garantir transparência e rastreabilidade em cadeias complexas, conceitos análogos aos desafios fiscais, mas sem lidar diretamente com a validação de notas. No Brasil, o cenário segue uma tendência similar, com explorações tanto no setor público quanto no privado. A Receita Federal tem conduzido estudos e projetos-piloto voltados à aplicação de blockchain para auditoria e compliance tributário. Tais iniciativas, contudo, são limitadas a ambientes institucionais e não atendem diretamente à necessidade do pequeno empreendedor ou usuário comum. No setor privado, plataformas como a OriginalMy oferecem uma plataforma de certificação digital descentralizada que permite o registro de provas de existência e autoria de documentos utilizando blockchain pública. Apesar de sua proposta ampla, a solução requer conhecimentos técnicos mais avançados e não oferece ferramentas otimizadas para o registro e validação de notas fiscais especificamente.

É neste cenário que a proposta deste trabalho se diferencia de forma contundente. A principal inovação reside na integração de uma interface acessível via chatbot (Telegram), permitindo que qualquer usuário, mesmo sem conhecimento técnico, consulte a autenticidade de uma nota fiscal diretamente por meio de comandos simples. Essa abordagem foca em acessibilidade, descentralização da verificação e experiência do usuário, algo pouco explorado nas soluções mencionadas. O projeto também se destaca pelo uso combinado de blockchain pública, armazenamento descentralizado com IPFS (embora não implementado neste MVP inicial para fins de simplificação) e validação off-chain,

arquitetura que visa reduzir custos operacionais e melhorar a escalabilidade. Ao fornecer um MVP funcional com essas características, o projeto demonstra aplicabilidade real para micro e pequenos empreendedores que buscam transparência e segurança, sem depender de soluções comerciais complexas e caras.

4. Objetivos

Objetivo Geral:

Desenvolver um sistema distribuído para registrar, armazenar e verificar a autenticidade de notas fiscais eletrônicas utilizando blockchain.

Objetivos Específicos:

- 1. Criar uma aplicação web com interface amigável para a entrada dos dados de notas fiscais.
- 2. Implementar um backend robusto com Django REST Framework para recepção e processamento das notas fiscais.
- 3. Calcular o hash criptográfico das NF-e e registrar esses hashes em contratos inteligentes.
- 4. Desenvolver um contrato inteligente em Solidity para armazenar os hashes das notas na blockchain pública (ex: Goerli ou Mumbai).
- 5. Criar um chatbot funcional (via Telegram) que consulte a autenticidade da nota com base em seu número, interagindo com o backend e a blockchain.
- 6. Garantir a validação pública das notas por meio da integração entre a aplicação web e o chatbot.

5. Implementação

A implementação do sistema foi organizada em três componentes principais: aplicação web (frontend), backend com API REST e integração com a blockchain, além de um chatbot para consultas. Foi desenvolvida uma interface web com html, css e javascript para inserção dos dados das Notas Fiscais

Eletrônicas (NF-e). Essa interface realiza validações básicas e envia as informações para o backend por meio de requisições HTTP. O backend foi construído utilizando Django REST Framework, sendo responsável por receber as informações da NF-e, gerar o hash criptográfico (SHA-256) e interagir com a blockchain. A integração com a rede blockchain foi implementada com a biblioteca Web3.py, possibilitando registrar transações no contrato inteligente implantado em uma rede de testes. O contrato inteligente foi desenvolvido em Solidity e implantado na rede local Ganache. Ele disponibiliza funções para armazenamento e verificação de hashes das NF-e, garantindo imutabilidade e transparência dos registros. Foi implementado um bot no Telegram para permitir consultas rápidas sobre a autenticidade das notas. O bot se comunica com o backend, que por sua vez interage com a blockchain, retornando ao usuário se a NF-e informada foi registrada.

6. Avaliação

Para validar o sistema, foram realizados testes funcionais abrangendo registro, consulta e integração entre os componentes. O processo de registro de NF-e pela interface web resultou no armazenamento correto dos hashes na blockchain. As consultas via chatbot retornaram respostas coerentes e rápidas. Como resultado, a solução mostrou-se eficaz na garantia de integridade e verificação pública das NF-e. No entanto, foram observadas limitações, como a ausência de armazenamento completo do documento em IPFS e a dependência da infraestrutura da testnet, características aceitáveis para um MVP.

7. Conclusão

O projeto comprovou a viabilidade do uso da tecnologia blockchain para registro e verificação de notas fiscais eletrônicas, oferecendo uma alternativa descentralizada, auditável e segura. A integração com o chatbot no Telegram tornou a solução mais acessível e prática para usuários com pouco conhecimento técnico. Apesar de atingir o objetivo proposto, há oportunidades de aprimoramento, como a integração com IPFS para armazenar as NF-e completas, a implementação de autenticação de usuários e o uso de soluções para escalabilidade e redução de custos. Com essas evoluções, a proposta poderá se tornar uma ferramenta robusta e aplicável em larga escala, atendendo tanto pequenas empresas quanto instituições que buscam transparência e segurança fiscal.

8. Referências Bibliográficas

- [1] Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.
- [2] Buterin, V. (2013). Ethereum White Paper: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform.
- [3] Wightman, J. (2022). Web3.py: Ethereum for Python Developers.
- [4] OpenAI. (2023). Implementing Blockchain Use Cases with Python.
- [5] Telegram Bot API. <https://core.telegram.org/bots/api>
- [6] IPFS Documentation. <https://docs.ipfs.io/>
- [7] DocuSign and Ethereum Integration. <https://www.docusign.com/>
- [8] IBM Food Trust. <https://www.ibm.com/blockchain/solutions/food-trust>
- [9] OriginalMy. <https://originalmy.com/>
- [9] Ganache. <https://archive.trufflesuite.com/docs/ganache/>