

PLATAFORMA PARA TROCA DE DIREITOS DE POSSE SOBRE TEXTOS UTILIZANDO BLOCKCHAIN

Arthur de Bona Porton Fernandes¹, Prof. Esp. Sérgio Coral²

RESUMO: Esta pesquisa apresenta uma prova de conceito em forma de plataforma para validação de textos utilizando *blockchain* e um de seus principais recursos, *tokens* não fungíveis, cujo objetivo é garantir a autenticidade e integridade de documentos e seus metadados de forma segura e confiável. Além disso, a pesquisa apresenta trabalhos correlatos e discorre a respeito dos resultados obtidos com o desenvolvimento da aplicação, pontuando as principais vantagens da escolha do *blockchain* para um software deste tipo. O resultado do estudo foi o desenvolvimento de uma aplicação que permite transacionar os direitos de posse sobre textos, possuindo sistemas de venda e ofertas.

Palavras-chave: *blockchain*, *ethereum*, *tokens* não fungíveis, validação de textos, autenticidade, integridade, tecnologia.

ABSTRACT: This research presents a proof of concept in the form of a platform for text validation using blockchain and one of its key features, non-fungible tokens, aiming to ensure the authenticity and integrity of documents and their metadata in a secure and reliable manner. Additionally, the research discusses related work and highlights the results obtained from the application's development, emphasizing the main advantages of choosing blockchain for such software. The outcome of the study was the development of an application that enables the transaction of ownership rights over texts, incorporating sales and bidding systems.

Keywords: blockchain, ethereum, non-fungible tokens, text validation, authenticity, integrity, technology.

1 INTRODUÇÃO

Desde a criação dos computadores na década de 1930, até os dias atuais, mais e mais aspectos da vida humana tem dependido da correta operação dos computadores ([COMPUTER HISTORY MUSEUM, 2022](#)).

¹ arthurbpfernandes@gmail.com

² sergiocoral@unescc.net

Uma das recentes inovações mais significativas, surgida na década passada, criada pela pessoa, ou grupo de pessoas, autodenominado como Satoshi Nakamoto, foi o *blockchain* conceito descrito no artigo *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Blochckains consistem em livros-razão criptográficos, que não podem ter seus registros alterados posteriormente, pois cada registro serve como prova criptográfica de seu antecessor (DI PIERRO, 2017).

O *blockchain* tem o potencial de agregar tecnologia a ainda mais aspectos do cotidiano, fornecendo uma estrutura de confiança baseada em criptografia, onde antes era necessária a interação humana.

O problema resolvido pelo *blockchain* é o de estabelecer confiança em um sistema distribuído, criando um armazenamento de documentos distribuído no qual uma possível alteração indevida não passaria despercebida (DI PIERRO, 2017).

Assim, este trabalho tem como finalidade o desenvolvimento de uma plataforma que utilize os recursos do *blockchain* para realizar a validação de posse de materiais em texto, servindo como prova de conceito para uma aplicação baseada na tecnologia, demonstrando seu potencial.

2 TRABALHOS CORRELATOS

O artigo "Uso Não Financeiro de *Blockchain*: Um Estudo de Caso Sobre o Registro, Autenticação e Preservação de Documentos Digitais Acadêmicos", escrito por Costa *et al.* (2018), investiga o uso de tecnologias *blockchain* para criar uma plataforma que autentique e preserve documentos acadêmicos digitais. Os autores construíram um protótipo como prova de conceito, que permite o registro de documentos como diplomas e certificados.

O problema abordado neste trabalho é o grande volume de documentos acadêmicos emitidos, dificultando a manutenção dos repositórios e a identificação de diplomas falsos, sendo um mercado explorado por quadrilhas especializadas. Como solução, foi apresentada a ideia de uma plataforma que se integre facilmente aos fluxos de trabalho existentes nas universidades, oferecendo também integração com ferramentas já utilizadas, aumentando o potencial de adoção devido à baixa fricção com os processos existentes.

O trabalho intitulado "Use of *blockchain* timestamping and digital certificates based on ICP-BRASIL standards to provide authenticity of documents" escrito por Sasaki (2020), visa implementar a integração entre carimbos de tempo de uma *blockchain* e assinaturas digitais baseadas em certificados

ICP-Brasil, com o intuito de fornecer um serviço para autenticação digital de documentos. Neste trabalho são destacados o crescente interesse em aplicações *blockchain* e a demanda por soluções de autenticação digital mais eficientes.

Além disso, o trabalho apresenta os detalhes de implementação do protótipo, incluindo diagramas de fluxo e as especificações do código, e pondera os benefícios trazidos pela utilização do *blockchain* neste contexto.

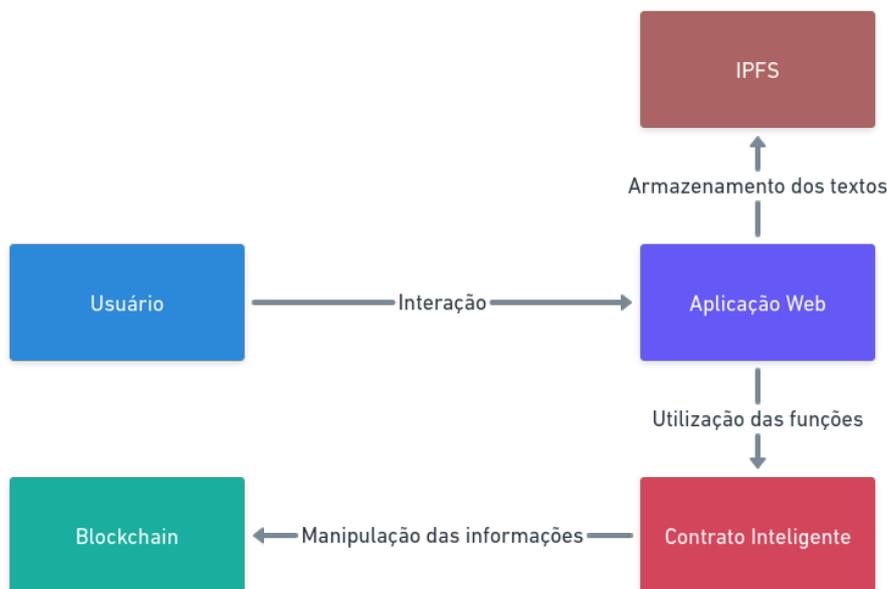
Por fim, o trabalho "*NFTs in Practice – Non-Fungible Tokens as Core Component of a Blockchain-based Event Ticketing Application*" escrito por [Regner, Schweizer e Urbach \(2019\)](#), propõe uma aplicação baseada em NFTs (*tokens* não fungíveis) para emissão de ingressos de eventos. Os problemas listados incluem a falta de confiança em agentes centralizados, a ausência de controle sobre mercados paralelos, a dependência de intermediários e a falta de transparência no processo de emissão de ingressos.

O projeto oferece uma solução que traz digitalização, independência, segurança e automação ao processo de emissão de ingressos. Concluindo que, com a chegada dos NFTs, surgem várias possibilidades para aplicações baseadas na tokenização de bens, como ingressos para eventos. No entanto, são apresentados alguns desafios, como escalabilidade limitada, dificuldade de acesso para o usuário final e limitações legais. Conforme [Regner, Schweizer e Urbach \(2019\)](#), apesar das limitações, essa pesquisa é uma das primeiras a avaliar a viabilidade e aplicabilidade dos NFTs em problemas reais, detalhando as dificuldades encontradas e destacando as melhorias em relação aos processos atuais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa caracteriza-se por ser aplicada e de base tecnológica. Desenvolveu-se um protótipo de plataforma que permite a inclusão de textos e seus metadados em uma rede *blockchain*. O projeto foi desenvolvido em duas partes separadas, o contrato inteligente, que realiza a manipulação dos dados no *blockchain*, e a aplicação frontend, que constitui a interface entre o usuário e o contrato inteligente, realizando a chamada das funções conforme as ações do usuário.

Figura 1 – Representação da arquitetura da aplicação.



Fonte: Autor

3.1 APLICAÇÃO

3.1.1 Contrato inteligente

Para implementar os recursos de inclusão, leitura e manipulação de informações no *blockchain*, fez-se necessária a construção de um contrato inteligente. Para isso, foi utilizada a linguagem de programação Solidity, que roda sobre a máquina virtual da rede Ethereum, sendo desenvolvida especificamente para a construção desse tipo de aplicação (SOLIDITY..., 2022).

Para auxiliar no processo de desenvolvimento, foi utilizado o ambiente Hardhat, que possui ferramentas que auxiliam na edição, testes, compilação e deploy do contrato (HARDHAT..., 2023).

No contrato inteligente estão contidas as funções principais da aplicação, sendo este o responsável pelo armazenamento das informações na rede, além de possibilitar a transação entre os usuários da plataforma.

Essas funções estão dispostas em duas categorias de acesso, funções públicas, que podem ser executadas pelo usuário, e funções privadas, de caráter interno do contrato inteligente, sendo possível executá-las apenas internamente.

Dentre as funções públicas, pode-se destacar a função de criação do *token*, utilizada para registrar um texto no *blockchain*, essa função recebe dois argumentos principais, uma URL que aponta para o texto a ser representado e

um endereço, representando quem possui os direitos de uso ao texto.

Além da criação de *tokens*, vale destacar as funções que permitem negociar estes mesmos *tokens* por meio da plataforma, criando ou deletando pedidos de compra, ou ofertas de venda.

3.1.2 Armazenamento

Para armazenar os textos fora do *blockchain*, mas mantendo a aplicação coerente aos princípios de descentralização, foi escolhido o sistema IPFS (InterPlanetary File System). Este protocolo permite o armazenamento distribuído de dados por meio de uma rede de nós que se comunicam, possibilitando que informações sejam armazenadas seguramente, sem um ponto central de falha (DOAN *et al.*, 2022).

Para interagir com a rede IPFS, foi utilizado o serviço Pinata, que facilita a utilização por meio de seu SDK, no projeto desenvolvido, o envio dos arquivos para a rede IPFS é realizado por meio deste serviço.

3.1.3 Aplicação web

Para o desenvolvimento da aplicação web, foi utilizado o framework Next.js, baseado na biblioteca React, utilizando de sua flexibilidade na construção de interfaces para desenvolver os componentes que compõem o projeto.

Quanto aos componentes básicos como botões, notificações toast e componentes de tipografia, foram utilizados os componentes da coleção shadcn/ui, baseada nas bibliotecas Radix e Tailwind CSS, oferece componentes prontos, facilmente customizáveis, que atendem as diretrizes padrão para navegação com acessibilidade na Web (RADIX..., 2023; SHADCN/UI..., 2023; TAILWIND..., 2020).

3.1.4 Carteira de criptomoedas

Navegadores não são capazes de se comunicar diretamente com o *blockchain*, para isso é necessário a utilização de uma extensão, que atua como intermediário entre as aplicações e o *blockchain* de fato. No caso do presente projeto foi utilizada a Metamask, carteira capaz de se conectar a rede Ethereum e suas variantes utilizadas para testes (METAMASK..., 2023).

Para interagir com a carteira por meio da aplicação, foi utilizada a biblioteca Ethers, que se propõe a ser uma biblioteca compacta e completa,

geralmente utilizada para criar aplicações descentralizadas que necessitem interagir com o *blockchain* (ETHERS..., 2023).

É por meio da carteira de criptomoedas que o usuário consegue operar as ações disponíveis. Em uma aplicação desse tipo, os custos de cada ação que altera informações no *blockchain*, são pagos pelo próprio usuário, também por meio da carteira de criptomoedas. Os custos de operação são chamados de *gas*, sendo estimados antes de o usuário completar a ação.

3.2 EXPERIMENTOS

Para testar as funcionalidades desenvolvidas, foi realizada a implantação do contrato inteligente na rede de testes Sepolia. Esta rede simula a rede Ethereum principal, sendo que os ativos ali presentes não são reais, sendo obtidos por meio de *faucets*, aplicações que injetam uma determinada quantia de recursos em determinada carteira. As taxas nessa rede de testes também não são reais, sendo apenas valores que imitam as taxas de transação da rede principal.

A aplicação foi testada nos navegadores Google Chrome e Mozilla Firefox, de modo a garantir o correto funcionamento da mesma em dois tipos de navegadores diferentes, baseados em Blink e baseados em Gecko, dois dos motores de navegador mais utilizados, com o intuito de assegurar o funcionamento da aplicação independentemente da tecnologia utilizada pelo navegador de escolha do usuário.

Os testes foram realizados seguindo o roteiro a seguir dividido em duas etapas. Primeiro, sem possuir a carteira de criptomoedas Metamask instalada, foi realizada a tentativa de conexão na plataforma, esperando a impossibilidade de concluir essa ação. Já na área de criação dos *tokens* na plataforma, foi realizada a tentativa de criação de um *token*, novamente esperando a impossibilidade da ação. Por fim, na área de listagem dos *tokens* criados, foi verificado que, mesmo existindo *tokens* já criados anteriormente, eles não são listados para o usuário que não possui a extensão Metamask instalada. Isso ocorre pelo fato de as informações estarem presentes no *blockchain*, e o navegador por si só não possui a capacidade de interagir com a mesma.

Foi então realizada a segunda etapa de testes, agora com a extensão da carteira de criptomoedas Metamask instalada. Conectando-se com a aplicação, a extensão pede por confirmação, e caso aceita, as informações da carteira logada são apresentadas no canto superior direito, e o botão de conexão é substituído por um botão que convida o usuário a criar seus *tokens* na plataforma. Na área

de criação dos *tokens*, ao realizar a tentativa de executar a ação. A carteira Metamask estima os custos de operação para a criação do *token*, e disponibiliza para o usuário realizar ou não o aceite. Caso não haja confirmação do usuário, uma mensagem no estilo *toast* é exibida na tela, informando que não foi possível realizar a criação do *token*. Caso o usuário confirme a ação, é exibida uma mensagem solicitando que o mesmo aguarde a confirmação da própria carteira Metamask, que pode variar em relação ao tempo dependendo da carga de trabalho da rede no momento da ação, mas costuma aparecer dentro de poucos segundos após a confirmação do usuário. Após a confirmação da transação, o *token* passa a ser listado na página do usuário e também na página de *tokens*.

Figura 2 – Captura de tela da página destinada à criação dos *tokens*.

Home Mint Tokens 

Deseja enviar o token para uma outra conta?

Título Descrição

Digite o texto aqui

Mint 

Fonte: Autor

Com a presença da extensão no navegador, uma nova área é liberada na aplicação, fornecendo uma listagem dos *tokens* e páginas dedicadas para cada *token* individualmente. Assim, uma terceira etapa de testes nas áreas correspondentes fez-se necessária. Quando um dos *tokens* da listagem é selecionado, o usuário é encaminhado para a página dedicada ao *token* em

específico, que apresenta os detalhes do *token*, juntamente com alguns botões de ação que variam conforme a relação do usuário com o texto.

No caso de um usuário cuja carteira é proprietária do texto, é apresentado um botão que permite realizar um anúncio, disponibilizando o texto para venda com um preço pré-determinado. Caso essa ação já tenha sido realizada anteriormente, um botão permitirá o cancelamento do anúncio de venda. Ao lado do botão de anúncio, outro botão lista as ofertas feitas por usuários interessados em comprar esse *token*. Por meio dessa listagem, o usuário proprietário do *token* poderá aceitar uma das propostas de compra, resultando na transferência da quantia oferecida para sua carteira e na transferência da propriedade do *token* para o usuário que efetuou a oferta.

Caso o usuário não seja o proprietário do *token*, são apresentadas diferentes opções, sendo possível registrar uma oferta de compra para o texto em questão, listar as ofertas realizadas por outros usuários, além de realizar a compra imediata, caso o proprietário tenha feito um anúncio de venda.

Figura 3 – Captura de tela da área destinada à listagem de ofertas.



Além destes testes de usabilidade, foram realizados testes com a ferramenta Lighthouse, do navegador Google Chrome, de modo a mensurar de forma mais objetiva os atributos de acessibilidade e desempenho da aplicação. Cada categoria tem uma pontuação máxima de 100 pontos. Foram observadas boas pontuações, porém há espaço para melhorias na categoria performance.

Tabela 1 – Desempenho da aplicação aferido pela ferramenta Lighthouse.

Página	Performance	Acessibilidade	Melhores práticas	SEO
Página inicial	80	100	100	90
Criação de <i>tokens</i>	84	90	100	80
Listagem de <i>tokens</i>	82	95	100	80
Página do <i>token</i>	79	96	100	80

Fonte: Produzido pelos autores

Nota: Pontuação média aferida após 10 execuções da ferramenta Lighthouse, na faixa de 0 a 100 pontos, sendo 100 a melhor pontuação possível.

Todos os testes foram realizados utilizando um computador desktop com as seguintes especificações: processador AMD Ryzen 7 1700, placa de vídeo NVIDIA GeForce GTX 1070, 16 GB de memória RAM DDR4 e sistema operacional Arch Linux, rodando sobre o kernel Linux versão 6.3.5. Foram utilizados os navegadores, Mozilla Firefox versão 113.0.2 e Chromium 113.0.5672.126, ambas as versões sendo as mais recentes no momento dos testes para o sistema operacional utilizado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os testes realizados pelo autor, a plataforma desenvolvida atendeu as propostas do trabalho, realizando o intermédio da troca dos direitos de posse dos materiais de texto ali cadastrados, de maneira confiável e segura e sem a necessidade de intermédio de um órgão centralizado confiável, dependendo apenas do blockchain Ethereum. Isso foi possível dado o uso dos recursos de *tokens* não fungíveis e contratos inteligentes.

A utilização destes recursos, garante segurança, confiabilidade e previsibilidade a aplicação, o que é positivo para os usuários, já que a utilização da plataforma independe de organizações centralizadas externas atuando como validadores ou moderadores.

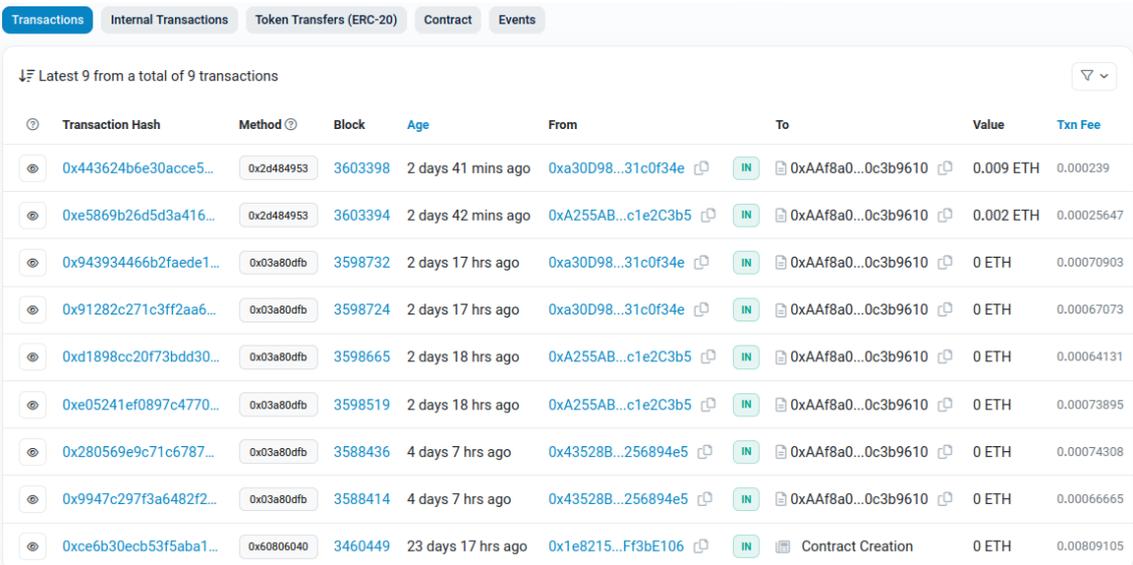
Por meio da página de criação de *tokens*, foi possível realizar a inserção dos textos no *blockchain*, e posteriormente, por meio da página dedicada aos *tokens* em específico, disponibilizá-los para venda. Além disso, os sistemas de

vendas e de ofertas funcionaram corretamente, possibilitando a negociação entre as carteiras usuárias da plataforma. A utilização destes recursos na plataforma se dá de maneira simples e intuitiva, existindo a possibilidade de registrar e cancelar anúncios e ofertas em qualquer momento anterior a transferência dos direitos de posse se efetivar.

Os aspectos de imutabilidade e confiabilidade do *blockchain*, fazem com que a aplicação seja resistente a fraudes e possua dados facilmente verificáveis, conforme descrito por Kumavat (2019), o que é de grande valia para uma aplicação deste tipo, onde a ideia é assegurar os direitos de posse de um ativo.

Todas as operações, sejam elas de criação ou negociação, se deram de maneira transparente, sendo possível analisá-las por meio de ferramentas externas, como o Etherscan, que lista todas as operações do contrato, fazendo com que a auditoria dos dados possa ser realizada de forma independente da plataforma em si.

Figura 4 – Transações do contrato listadas na plataforma Etherscan.



Transaction Hash	Method	Block	Age	From	To	Value	Txn Fee
0x443624b6e30acce5...	0x2d484953	3603398	2 days 41 mins ago	0xa30D98...31c0f34e	0xAAf8a0...0c3b9610	0.009 ETH	0.000239
0xe5869b26d5d3a416...	0x2d484953	3603394	2 days 42 mins ago	0xA255AB...c1e2C3b5	0xAAf8a0...0c3b9610	0.002 ETH	0.00025647
0x943934466b2faede1...	0x03a80dfb	3598732	2 days 17 hrs ago	0xa30D98...31c0f34e	0xAAf8a0...0c3b9610	0 ETH	0.00070903
0x91282c271c3ff2aa6...	0x03a80dfb	3598724	2 days 17 hrs ago	0xa30D98...31c0f34e	0xAAf8a0...0c3b9610	0 ETH	0.00067073
0xd1898cc20f73bdd30...	0x03a80dfb	3598665	2 days 18 hrs ago	0xA255AB...c1e2C3b5	0xAAf8a0...0c3b9610	0 ETH	0.00064131
0xe05241ef0897c4770...	0x03a80dfb	3598519	2 days 18 hrs ago	0xA255AB...c1e2C3b5	0xAAf8a0...0c3b9610	0 ETH	0.00073895
0x280569e9c71c6787...	0x03a80dfb	3588436	4 days 7 hrs ago	0x43528B...256894e5	0xAAf8a0...0c3b9610	0 ETH	0.00074308
0x9947c297f3a6482f2...	0x03a80dfb	3588414	4 days 7 hrs ago	0x43528B...256894e5	0xAAf8a0...0c3b9610	0 ETH	0.00066665
0xce6b30ecb53f5aba1...	0x60806040	3460449	23 days 17 hrs ago	0x1e8215...Ff3bE106	Contract Creation	0 ETH	0.00809105

Fonte: Autor

A interface apresentada na aplicação é de fácil compreensão, tendo os recursos bem destacados indicando sempre com clareza as ações a serem executadas, além de estarem dispostos de maneira a respeitar as diretrizes de acessibilidade para o desenvolvimento web, conforme aferido por meio da ferramenta Lighthouse, onde a aplicação manteve uma ótima pontuação de acessibilidade em todas as páginas.

No entanto, apesar de a aplicação ser simples, é preciso, pelo menos, ter um básico conhecimento da tecnologia *blockchain* e suas terminologias para que o usuário entenda o significado de algumas ações.

Uma das preocupações em buscar os dados de tecnologias como o *blockchain* e o IPFS, que possuem computação e armazenamento distribuídos, é o impacto negativo nos tempos de carregamento das páginas. No caso da presente aplicação, ao realizar os testes, foi percebido um leve atraso no carregamento das informações provenientes do IPFS na página dedicada aos *tokens*, mas este impacto, embora existente, não foi considerado significativo para a utilização da aplicação. Além disso, este fator não teve grande influência na pontuação da categoria performance medida pela ferramenta Lighthouse, que se manteve bastante próxima das outras páginas, que não fazem o carregamento de informações do IPFS.

5 CONCLUSÃO

Baseando-se nos resultados obtidos com a presente pesquisa, pode-se concluir que a utilização das tecnologias *blockchain* para a construção da plataforma se mostrou positiva e promissora. Tendo em vista que o desenvolvimento resultou em uma aplicação de simples utilização e com bom desempenho, apresentando ainda as vantagens da distribuição das informações, atingido pela utilização do *blockchain* para o processamento e armazenamento dos metadados e do IPFS como forma de armazenamento dos textos.

A literatura existente confirma o que foi encontrado nesta pesquisa, principalmente no que tange a segurança dos dados, a escalabilidade e a distribuição das informações.

Além disso, a plataforma possibilita que os usuários possam transacionar entre si, sem precisar depositar confiança em agentes de pagamento externos ou nos proprietários dos *tokens*, sendo tudo gerenciado pelo código presente no contrato inteligente, de maneira transparente e verificável.

Quanto ao desenvolvimento do contrato inteligente, a experiência foi positiva, linguagem Solidity, por ser idealizada para realizar esse tipo de tarefa em específico, dispõe de todas as ferramentas necessárias para a construção da lógica da aplicação.

O desenvolvimento do frontend da aplicação utilizando o framework Next.js e o conjunto de componentes shadcn/ui resultou em uma interface agradável e de simples utilização, e a biblioteca Ethers facilitou a comunicação

com o *blockchain*, requerendo apenas a instalação de uma extensão no navegador como pré-requisito. A experiência ao desenvolver esta parte da aplicação também foi positiva, sendo todos os recursos utilizados bem documentados.

Vale notar que os recursos trazidos pelo ecossistema Ethereum também adicionam a experiência do usuário, sendo possível realizar a consulta das transações operadas por ele ou por terceiros em plataformas como o Etherscan, garantindo maior confiabilidade a aplicação.

Utilizar *blockchain* para construir sistemas onde a confiança é um ponto principal é interessante, por dispensar a necessidade de um órgão central confiável, que nesse caso, dá espaço para a segurança baseada em criptografia do *blockchain*.

A maior barreira para adoção, contudo, continua sendo o conhecimento da tecnologia por parte dos usuários, pois depositar a confiança de gerir seus bens em uma plataforma descentralizada como o *blockchain*, onde a segurança se dá por meio da criptografia, requer ao menos um entendimento básico de como a tecnologia funciona.

Para trabalhos futuros sugere-se: realizar testes de aplicabilidade em situações reais, testando a aplicação com um grande volume de usuários e *tokens*, para validar as funcionalidades implementadas com um público real. Além disso, implementar a funcionalidade de transferir uma porcentagem do valor de transações futuras sobre um *token*, para seu criador original, de forma semelhante a um sistema de royalties.

REFERÊNCIAS

COMPUTER HISTORY MUSEUM. **Timeline of Computer History**. Disponível em: <<https://www.computerhistory.org/timeline/computers/>>. Acesso em: 10 set. 2022.

COSTA, Rostand *et al.* Uso Não Financeiro de Blockchain: Um Estudo de Caso Sobre o Registro, Autenticação e Preservação de Documentos Digitais Acadêmicos. In: WORKSHOP EM BLOCKCHAIN: TEORIA, TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES (WBLOCKCHAIN). **Anais do I Workshop em Blockchain: Teoria, Tecnologias e Aplicações**. Campos do Jordão: SBC, 6 mai. 2018. ISSN: 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wblockchain/article/view/2356>>. Acesso em: 19 set. 2022.

DI PIERRO, Massimo. What Is the Blockchain? **Computing in Science Engineering**, v. 19, n. 5, p. 92–95, 2017. ISSN 1558-366X. DOI: [10.1109/MCSE.2017.3421554](https://doi.org/10.1109/MCSE.2017.3421554).

DOAN, Trinh Viet *et al.* **Towards Decentralised Cloud Storage with IPFS: Opportunities, Challenges, and Future Directions**. [S.l.]: arXiv, 2 abr. 2022. DOI: [10.48550/arXiv.2202.06315](https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.06315). arXiv: [2202.06315\[cs\]](https://arxiv.org/abs/2202.06315). Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2202.06315>>. Acesso em: 23 mai. 2023.

ETHERS Documentation. Disponível em: <https://docs.ethers.org/v6/>>. Acesso em: 24 mai. 2023.

HARDHAT Documentation | Ethereum development environment for professionals by Nomic Foundation. Disponível em: <https://hardhat.org>>. Acesso em: 17 mai. 2023.

KUMAVAT, Nitin. Certificate Verification System using Blockchain. **International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology**, v. 7, n. 4, p. 53–57, 30 abr. 2019. ISSN 23219653. DOI: [10.22214/ijraset.2019.4010](https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.4010). Disponível em: <https://www.ijraset.com/files/serve.php?FID=20914>>. Acesso em: 31 mai. 2023.

METAMASK | The crypto wallet for Defi, Web3 Dapps and NFTs. Disponível em: <https://metamask.io/>>. Acesso em: 24 mai. 2023.

RADIX UI Introduction. Disponível em: [https://radix-ui.com/docs/primitives/overview/\[slug\]](https://radix-ui.com/docs/primitives/overview/[slug])>. Acesso em: 24 mai. 2023.

REGNER, Ferdinand; SCHWEIZER, André; URBACH, Nils. NFTs in Practice – Non-Fungible Tokens as Core Component of a Blockchain-based Event Ticketing Application. In: 40TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS (ICIS 2019).

SASAKI, Elton Eiji. Use of blockchain timestamping and digital certificates based on ICP-BRASIL standards to provide authenticity of documents, 2020. Accepted: 2020-10-21T16:53:03Z. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/68798>>. Acesso em: 19 set. 2022.

SHADCN/UI Introduction. Disponível em: <https://ui.shadcn.com/docs>>. Acesso em: 24 mai. 2023.

SOLIDITY — Solidity 0.8.18 documentation. Disponível em:

<<https://docs.soliditylang.org/en/latest/>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

TAILWIND CSS | Rapidly build modern websites without ever leaving your HTML.

15 nov. 2020. Disponível em: <<https://tailwindcss.com/>>. Acesso em: 24 mai. 2023.