



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS FLORIANO
CURSO TECNÓLOGO EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE
SISTEMAS

KAIO MENDES DE SOUSA CARVALHO

APLICAÇÕES DESCENTRALIZADAS (dApps) EM BLOCKCHAIN: ESTUDO DE
CASO E COMPARAÇÃO DE PLATAFORMAS

FLORIANO
2025

KAIO MENDES DE SOUSA CARVALHO

APLICAÇÕES DESCENTRALIZADAS (dApps) EM BLOCKCHAIN: ESTUDO DE
CASO E COMPARAÇÃO DE PLATAFORMAS

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Floriano.

Orientador(a): Prof^a. Me. Renne Stephany Ferreira dos Santos.

FLORIANO

2025

APLICAÇÕES DESCENTRALIZADAS (dApps) EM BLOCKCHAIN: ESTUDO DE CASO E COMPARAÇÃO DE PLATAFORMAS

Kaio Mendes de Sousa Carvalho¹

Renne Stephany Ferreira dos Santos²

RESUMO

A tecnologia blockchain impulsionou o desenvolvimento de Aplicações Descentralizadas (dApps), que operam sem uma autoridade central, prometendo maior transparência e segurança. No entanto, a diversidade de plataformas disponíveis, com características tecnológicas distintas, representa um desafio para desenvolvedores. Este trabalho teve como objetivo analisar e comparar as principais diferenças tecnológicas entre as plataformas de dApps em blockchain. Para isso, foi realizada uma pesquisa qualitativa, de caráter exploratório-descritivo, focando em quatro plataformas populares no mercado: Ethereum, Solana, Polkadot e Binance Smart Chain. A análise foi estruturada a partir de critérios como escalabilidade, custo de transação, facilidade de desenvolvimento, interoperabilidade e eficácia energética. Os resultados demonstram que não há uma plataforma universalmente superior, mas sim um balanço entre segurança, desempenho e descentralização. A Ethereum destaca-se pela segurança e ecossistema maduro, sendo ideal para aplicações de alto valor. A Solana oferece desempenho superior para aplicações de alto volume, como jogos. A Polkadot se sobressai pela interoperabilidade nativa e a Binance Smart Chain pela acessibilidade e baixo custo. Conclui-se que a escolha da plataforma ideal depende intrinsecamente das necessidades específicas de cada projeto.

Palavras-chave: blockchain; plataformas descentralizadas; aplicação descentralizada.

ABSTRACT

Blockchain technology has spurred the development of Decentralized Applications (dApps), which operate without a central authority, promising enhanced transparency and security. However, the diversity of available platforms, each with distinct technological characteristics, presents a significant challenge for developers. This work aimed to analyze and compare the key technological differences among the leading blockchain dApp platforms. A qualitative, exploratory-descriptive study was conducted, focusing on four popular market platforms: Ethereum, Solana, Polkadot, and Binance Smart Chain. The analysis was structured based on criteria such as scalability, transaction cost, ease of development, interoperability, and energy

¹ Graduando do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. IFPI Campus Floriano. mkaio344@gmail.com

² Mestre em Ciência da Computação e Especialista em Redes e Segurança de Sistemas. Desenvolve pesquisas na área de Tecnologias Web. Atuou como Coordenador de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação. renne@ifpi.edu.br

efficiency. The results demonstrate that there is no universally superior platform, but rather a trade-off between security, performance, and decentralization. Ethereum stands out for its security and mature ecosystem, making it ideal for high-value applications. Solana offers superior performance for high-volume applications, such as gaming. Polkadot excels in native interoperability, and Binance Smart Chain is notable for its accessibility and low costs. It is concluded that the choice of the ideal platform is intrinsically dependent on the specific needs of each project.

Keywords: Blockchain; decentralized platforms; decentralized application.

Data de aprovação: 15/07/2025

1 INTRODUÇÃO

Blockchain é uma tecnologia criptografada dividida em blocos onde os dados são armazenados e gerenciados em uma rede descentralizada, são sincronizados e imutáveis. Dentro da *blockchain* os dados podem ser alterados e registrados de forma independente sem a necessidade de uma autoridade central, ou seja, uma aplicação descentralizada (Oliveira e Freitas, 2020).

A estrutura criptográfica que conecta os blocos protege os dados contra alterações indevidas, uma vez que qualquer modificação exigiria a reescrita de toda a cadeia subsequente, assegurando alta segurança e confiabilidade (Sousa *et al.*, 2024). Surgindo como uma grande revolução tecnológica, atuando em vários setores da sociedade como em criptomoedas, carteiras digitais (*wallets*) e NFTs (token não fungível), dando origem também a um conceito chamado aplicações descentralizadas (dApps).

As dApps são programas que atuam em uma rede *blockchain* e se caracterizam por operarem em um tipo de rede *peer-to-peer* que é um tipo de arquitetura de rede onde não há uma autoridade central para controlar o sistema, todos os participantes envolvidos na rede podem ter participação direta de forma equivalente no funcionamento do sistema seja no compartilhamento ou no recebimento de recursos, assim atuando de forma autônoma (Rocha *et al.*, 2004). Além disso, as dApps funcionam por meio de um contrato inteligente onde as regras do sistema são definidas das partes envolvidas, e quando atendidas todos os nós no sistema executam as tarefas propostas no contrato. A forma como funciona o contrato inteligente o torna um sistema transparente e imutável, consequentemente um sistema seguro.

O desenvolvimento de dApps gera grandes oportunidades, entretanto, ainda apresenta um desafio significativo acerca das plataformas descentralizadas, pois existe uma diversidade delas e muitas são desconhecidas. Cada uma dessas plataformas possui características tecnológicas únicas que afetam diretamente a escalabilidade, o custo das operações e a experiência do usuário. Essas diferenças tornam a escolha da plataforma um fator chave para o sucesso de um dApps.

Estudos anteriores já abordaram sobre plataformas descentralizadas baseadas em redes blockchain. Como no estudo realizado por Alencar (2024) que focou em criar um framework para criação de aplicações descentralizadas, além de analisar algumas plataformas descentralizadas apresentando suas características. (Bovério, 2018 e Silva, 2024) buscaram descrever detalhadamente sobre *blockchain* explicando sua relevância, características e onde são aplicadas. (Arriel, 2022) apresenta o relato da criação de aplicação descentralizada baseada em uma rede *blockchain*, no qual ele explica detalhadamente sobre aplicações descentralizadas mostrando suas características e todo seu funcionamento. Embora esses estudos tenham fornecido contribuições significativas, ainda existe a necessidade de estudos que retratam sobre as principais diferenças entre as dApps fazendo uma comparação de plataformas.

Diante desse cenário, este presente trabalho tem o objetivo de analisar as diferenças tecnológicas entre plataformas de dApps em *blockchain*. Assim, a questão de pesquisa que conduz esse estudo é: *Quais são as principais diferenças tecnológicas entre as plataformas baseadas em dApps em uma rede blockchain?*

Este estudo pode contribuir para o meio acadêmico e tecnológico, ao apresentar de forma sucinta um estudo de caso com os principais diferenciais entre as plataformas de dApps e *blockchain*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são abordados oito subtópicos: *Blockchain* no tópico 2.1, na qual é tratado de forma geral sobre os conceitos de *blockchain*. Logo após, no tópico 2.2 é falado sobre *blockchain* e segurança, em seguida no tópico 2.3 é falado sobre dApps, explicando mais detalhadamente sobre dApps. No tópico 2.4 é abordado sobre os smart contracts. No tópico 2.5 é abordado sobre *blockchain* e segurança. No tópico 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 são os tópicos que abordam sobre as plataformas *blockchain*.

2.1 BLOCKCHAIN

Blockchain teve seu primeiro registro em meados de 1991 quando Stuart Haber e W. Scott Stornetta realizaram experimentos e pesquisas sobre o assunto em questão. Naquele período, o sistema era concebido apenas como uma cadeia de blocos criptografados, projetada para possibilitar uma transmissão de informações mais segura dentro do ambiente digital, então emergente. Após profundas pesquisas ao decorrer dos anos foi em 2008 que a ideia de *blockchain* foi realmente implementada por Satoshi Nakamoto, criador do bitcoin, e é utilizada até os dias de hoje.

De acordo com Barbosa (2022) a tecnologia *blockchain* é basicamente um conjunto de registros contábeis públicos distribuídos, transparentes, imutáveis e sincronizados. Alencar (2024) e (Oliveira; Freitas, 2020) explicam que uma blockchain pode ser descrito como um sistema de registro de informações em um livro-razão digital (*ledger*), estruturado por meio de uma rede descentralizada de *peer-to-peer*, onde todos os participantes compartilham e recebem dados podendo desempenhar ambas as funções.

Nesse sistema, qualquer nova informação inserida é propagada de forma criptografada entre todos os nós (ou computadores) da rede. As informações são organizadas em blocos, que se conectam em uma sequência, formando a "cadeia de blocos" (*Blockchain*). Cada alteração ou dado adicionado gera um novo bloco, que é registrado no *ledger*. Esses blocos são interligados por *hashs* que são códigos criptografados que validam e autenticam as transações, criando uma relação de dependência entre eles. Os *hashs* têm a capacidade de tornar todo sistema imutável e seguro, pois cada bloco com registros de dados adicionados em uma rede *blockchain* vão possuir *hashs* que contém todas as informações dos *hashs* anteriores. Qualquer tipo de alteração feita também irá alterar os *hashs* invalidando a rede de informação. Todos os nós possuem uma cópia da base de dados, sendo assim nenhuma alteração não deixa de ser notada (Barbosa, 2022). Dessa forma, a utilização de *hashs* garante a integridade e segurança das informações armazenadas, pois qualquer tentativa de alteração em um bloco comprometeria toda a cadeia.

Sabe-se que *blockchain* pode se diferenciar em mais de um tipo, na qual a sua funcionalidade pode variar do tipo de acesso público para o privado.

A *blockchain* tem duas formas de apresentação, sendo a pública e a privada:

A pública se caracteriza por ser uma rede aberta e acessível a qualquer pessoa. Nessa rede, todos os participantes podem escolher validar transações. As validações acontecem por meio de chaves criptográficas públicas e dependem de computadores conectados à Internet, sendo essas chaves o principal recurso para identificar e acessar dados na rede pública de *blockchain*.

Já a do tipo privada se caracteriza por exigir informações específicas para conseguir acessar a rede. Na *blockchain* privada apenas membros selecionados podem ter acesso às informações e utilizam de credenciais especiais para ter acesso a isso.

2.2 BLOCKCHAIN E SEGURANÇA

A estrutura *blockchain* segue um padrão muito diferente e seguro que pode garantir toda autonomia, acessibilidade e privacidade para o usuário. Segundo uma detalhada pesquisa de revisão sistemática acerca de *blockchain* no meio administrativo público, de acordo com os pesquisadores Moura; Brauner; Janissek-Muniz (2020) *blockchain* tem como um dos seus principais pontos fortes a segurança e sua robustez, sendo utilizada em sistemas de votação e processamento de dados de forma eficiente, garantindo autenticidade, confiabilidade e transparência das informações.

Além disso, os pesquisadores seguindo esse estudo puderam concluir também que *blockchain* poderia ser uma tecnologia benéfica para a sociedade, devido sua alta capacidade de trazer segurança aos dados e informações. A tecnologia *blockchain* garante a segurança e a integridade das transações, uma vez que cada bloco é criptograficamente ligado ao anterior, formando uma cadeia inquebrável de informações, assim, sempre que uma transação financeira é realizada na *blockchain*, uma chave criptografada é criada para garantir a segurança do processo.

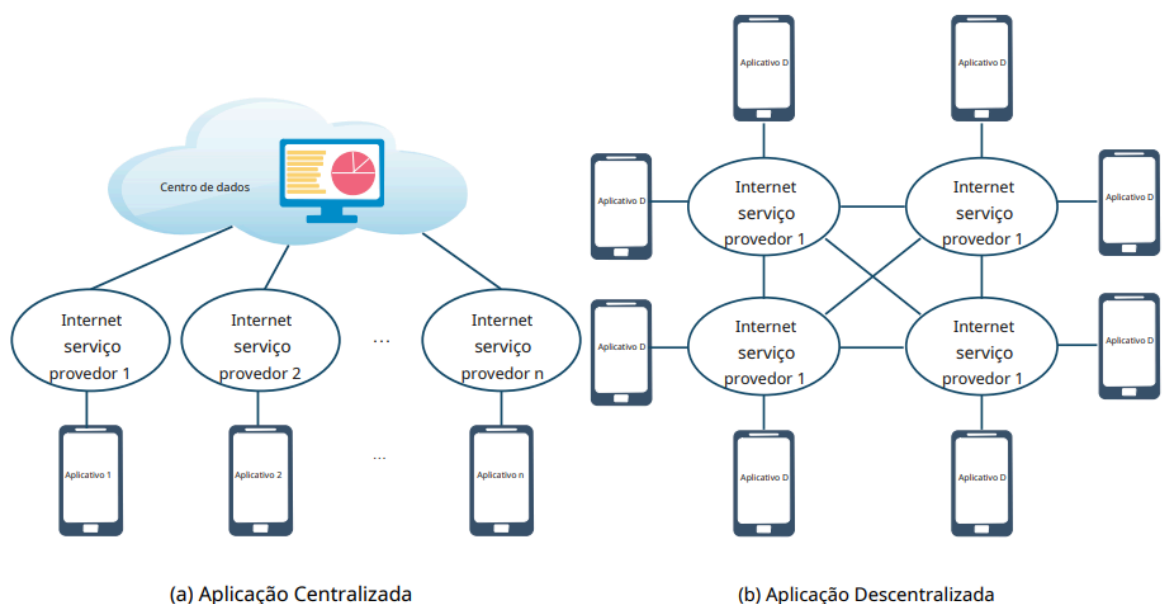
A validação dessa transação ocorre através de um processo chamado mineração, onde vários servidores verificam a autenticidade da transação ao

resolver um algoritmo complexo (Oberhaus, 2017). Esse procedimento gera um código exclusivo e inalterável, que assegura a segurança e a integridade dos dados. Com isso, as transações podem ser realizadas de forma eficiente e direta, sem a necessidade de intermediários (Zachariadis; Hileman; Scott 2019).

2.3 DAPPS (APLICAÇÃO DESCENTRALIZADA)

De acordo com Sales (2022) os aplicativos descentralizados (dApps) são softwares que operam em redes *blockchain*, caracterizando-se pela ausência de uma autoridade central. Baseiam-se em contratos inteligentes para executar transações e interações de forma transparente e autônoma. Sua arquitetura permite maior segurança, imutabilidade dos dados e resistência à censura, sendo amplamente aplicados em áreas como *DeFi*, redes sociais, jogos e marketplaces digitais. Os dApps representam uma evolução na forma como as aplicações digitais funcionam, ao eliminar intermediários e promover maior transparência e segurança. Na figura 1 é exibido a diferença entre uma aplicação centralizada e uma dApp.

Figura 1: Comparação entre uma aplicação centralizada e uma dApp (Yang *et al.*, 2019)



Fonte: Uma arquitetura de serviço de Internet baseada em *blockchain* para neuroinformática (Yang *et al.*, 2019)

A figura 1(a) apresenta um modelo comum de uma rede com arquitetura centralizada onde há uma autoridade central que irá prover acesso, dados e funcionalidades para aqueles que queiram utilizar a aplicação. A figura 1(b) mostra uma dApp com estrutura de *rede peer-to-peer* que funciona com um modelo de distribuição cliente e servidor, onde cada computador pode atuar em ambas as funções simultaneamente (Alencar, 2024).

Contratos inteligentes podem ser vistos como versões digitais de contratos tradicionais, funcionando como contêineres de código que replicam, no ambiente digital, os termos e acordos estabelecidos no mundo físico. Essencialmente, eles são utilizados para formalizar compromissos entre as partes envolvidas em uma transação, funcionando como um mecanismo autônomo que executa e assegura o cumprimento das condições acordadas. Embora o contrato inteligente seja digital e automatizado, ele mantém a característica fundamental de um contrato convencional, ou seja, a obrigação legal das partes em cumprir com os termos acordados.

Já para Alencar (2024) um dApp funciona de forma autônoma em várias máquinas, sendo estruturada de maneira similar a uma aplicação web tradicional, com separação entre back-end e front-end. A principal diferença, no entanto, está na utilização de contratos inteligentes, que atuam como intermediários entre a aplicação e a rede, executando transações entre comprador e vendedor sempre que as condições acordadas no contrato são atendidas. Assim, os contratos inteligentes garantem a segurança e a execução automática das transações, sem a necessidade de intermediários tradicionais.

2.4 SMART CONTRACTS

O conceito de Contratos Inteligentes ou Smart Contracts foi inaugurado por Nick Szabo, criptógrafo e advogado, em 1994. Nick Szabo propôs evitar que as partes de um contrato entrassem em disputas sobre questões objetivas ou interpretações que pudessem gerar ambiguidades.

Os *smart contracts*, ou contratos inteligentes, são programas de computador que executam automaticamente ações específicas quando condições pré-estabelecidas são atendidas. Desenvolvidos com base na tecnologia *blockchain*, eles têm sido aplicados em diversas áreas, como finanças e setor imobiliário,

oferecendo vantagens significativas, incluindo transparência, segurança, redução de custos e agilidade nas operações. Contratos inteligentes são contratos digitais armazenados em uma rede *blockchain* que são executados automaticamente quando termos e condições predeterminados são atendidos, assim executando todas as tarefas designadas. Além da automatização de tarefas, um *smart contract* oferece atualizações em tempo real (Kassuya, 2023).

A criação de um *smart contract* necessita de uma linguagem de programação de alto nível orientada a contratos, além de uma plataforma capaz de compilar e implementá-lo (Barbosa, 2022). A linguagem de programação de alto nível utilizada para a criação de *smart contract* é o *solidity*, uma linguagem de programação inspirada no *C++*, *Python* e *JavaScript*, é fundamentada em orientação a objeto e utiliza chaveamento para definir os limites dos escopos do código. A linguagem *solidity* tem uma tipagem estática, ou seja, é preciso declarar o tipo de variável antes de executar o programa, suporta herança, bibliotecas e tipos complexos definidos pelo usuário (Ariji e Bonifácio, 2024).

2.5 BLOCKCHAIN E WEB3

O conceito de Web3 está intrinsecamente ligado à evolução da internet e ao uso de tecnologias descentralizadas como a blockchain. Enquanto a Web1 representava a internet estática e a Web2 introduziu a interação dinâmica e plataformas centralizadas, a Web3 surge como a terceira geração da internet, baseada na descentralização, transparência e controle do usuário sobre seus próprios dados. Essa nova fase é impulsionada principalmente pela integração da *blockchain* com *dApps* e contratos inteligentes, criando um ecossistema no qual indivíduos podem transacionar, interagir e colaborar sem depender de intermediários tradicionais (Branco, 2023).

Além disso, a Web3 incorpora mecanismos de incentivo e participação baseados em tokens digitais, que podem representar moedas, direitos de governança ou acesso a serviços. Essa “economia dos tokens” possibilita que comunidades participem ativamente do desenvolvimento, manutenção e evolução das plataformas, fortalecendo o engajamento e a sustentabilidade dos projetos. Iniciativas como a Web3EduBrasil demonstram que a Web3 vai além da camada tecnológica, alcançando também a educação e a capacitação profissional. Ao criar redes colaborativas de ensino, conectando novatos e especialistas, esse tipo de

projeto amplia o acesso ao conhecimento e incentiva a construção de soluções aplicáveis a diferentes áreas, como negócios, arte, sustentabilidade e inclusão digital. Dessa forma, a Web3 não se limita a uma evolução técnica, mas se consolida como um movimento social e econômico que redefine a forma como indivíduos e organizações interagem no ambiente digital (Chagas; Teixeira, 2024).

2.6 ETHEREUM

O Ethereum é uma plataforma *blockchain* de código aberto, lançada em 2015 por Vitalik Buterin, com o objetivo de expandir as funcionalidades das redes *blockchain* para além das transações financeiras. Diferente do Bitcoin, que foi criado exclusivamente como uma moeda digital, o Ethereum foi projetado como uma *blockchain* programável, permitindo o desenvolvimento e a execução de *smart contracts* e dApps. Sua estrutura possibilita que desenvolvedores criem soluções autônomas, seguras e transparentes, em setores como as *DeFi*, jogos, *NFTs* e gerenciamento de identidade digital. O Ethereum é amplamente reconhecido como a plataforma pioneira e mais consolidada no ecossistema de dApps, sendo frequentemente utilizado como base de comparação para outras *blockchains* programáveis (Ethereum, 2025).

Uma característica chave da Ethereum é sua Máquina Virtual Ethereum (EVM) *Ethereum Virtual Machine*, que funciona como uma *blockchain* programável. Isso significa que a EVM é fundamental para executar contratos inteligentes, dando aos desenvolvedores a flexibilidade de rodar programas de computador específicos para suas necessidades (Holbl *et al.*, 2018). A Ethereum estabeleceu-se como plataforma *blockchain* pioneira ao popularizar os contratos inteligentes, que automatizam transações complexas. Sua arquitetura descentralizada, aliada à EVM Turing completa, assegura elevada segurança, resistência à censura e avançada flexibilidade computacional. Tais características impulsionam vantagens cruciais, como ampla adoção por sua vasta comunidade de desenvolvedores, significativa interoperabilidade entre dApps e contratos, e uma segurança robusta, fundamentada em sua descentralização e em seus protocolos criptográficos (Silva, 2024).

2.7 SOLANA

A Solana é uma plataforma *blockchain* de alto desempenho projetada para oferecer escalabilidade, velocidade e baixo custo na execução de dApps. Lançada em 2020 por Anatoly Yakovenko, sua arquitetura combina os mecanismos de consenso *Proof of History (PoH)* e *Proof of Stake (PoS)*, permitindo à rede processar milhares de transações por segundo com taxas extremamente baixas. O *PoH* é um método que registra o tempo de ocorrência de cada transação em uma sequência cronológica criptograficamente verificável, funcionando como um “relógio descentralizado” que organiza os eventos sem necessidade de validação simultânea por todos os nós, o que agiliza o processamento (Yakovenko, 2020). Já o (*PoS*) é um mecanismo de consenso que seleciona os validadores da rede com base na quantidade de tokens em *stake* (bloqueio), promovendo segurança e economia de energia ao evitar o uso intensivo de recursos computacionais (Yakovenko, 2024). Essa eficiência operacional torna a Solana uma das *blockchains* mais rápidas da atualidade, sendo amplamente utilizada em projetos que exigem alta performance, como jogos, *NFTs* e plataformas *DeFi* (Yakovenko, 2024).

Um dos componentes mais inovadores da Solana é o Sealevel, que funciona como um sistema de execução paralela para contratos inteligentes. De forma simples, enquanto a maioria das *blockchains* executa uma tarefa por vez (como se fosse uma fila), o Sealevel permite que a rede processe várias tarefas ao mesmo tempo, desde que não mexam nas mesmas informações. Isso é como ter várias pessoas trabalhando juntas em diferentes arquivos de um computador sem atrapalhar umas às outras. Graças a isso, a Solana consegue lidar com milhares de contratos e transações ao mesmo tempo, o que contribui diretamente para sua velocidade e eficiência.

Além da sua velocidade, a Solana apresenta um ambiente de desenvolvimento acessível, com suporte a linguagens como *Rust* e *C*, além de manter baixa latência e alta eficiência energética. A combinação dessas características permite a criação de aplicações seguras, escaláveis e com excelente experiência para o usuário. Por isso, a Solana tem se consolidado como uma das principais alternativas à Ethereum no ecossistema de dApps (Yakovenko, 2024).

2.8 POLKADOT

A Polkadot é uma plataforma *blockchain* de terceira geração projetada para resolver uma das principais limitações das redes descentralizadas atuais: a interoperabilidade. Criada por Gavin Wood, um dos cofundadores da Ethereum, e lançada oficialmente em 2020, a Polkadot tem como objetivo permitir que diferentes *blockchains* possam se comunicar entre si de forma segura e eficiente. Sua arquitetura é baseada em uma estrutura central chamada *Relay Chain*, responsável por coordenar o sistema, garantir a segurança da rede e facilitar a comunicação entre as chamadas *parachains*, que são *blockchains* independentes e personalizáveis conectadas à rede principal (Wood, 2020).

A *Relay Chain* funciona como o coração da Polkadot, encarregada de validar blocos, manter o consenso e permitir a transferência segura de mensagens entre as *parachains*. Já as *parachains* são *blockchains* paralelas que podem ter suas próprias regras, tokens e modelos de governança, mas compartilham a segurança da *Relay Chain*. Essa estrutura modular permite a criação de dApps escaláveis, cada uma com autonomia operacional, mas ainda integradas a um ecossistema unificado (Web3 Foundation, 2023). O modelo de governança da rede é descentralizado e dinâmico, permitindo atualizações sem a necessidade de *hard forks*, o que torna a Polkadot altamente adaptável a mudanças e inovações.

Outro elemento fundamental da Polkadot é o mecanismo de consenso chamado *Nominated Proof of Stake (NPoS)*. Diferentemente do *PoS*, que exige grande consumo de energia, o *NPoS* é mais sustentável e eficiente. Nele, os validadores responsáveis por adicionar blocos à *Relay Chain* são escolhidos por meio da nomeação feita por outros usuários, chamados de "nominadores", que depositam seus tokens DOT para apoiar validadores confiáveis. Isso garante um sistema seguro, democrático e energeticamente viável (Polkadot Foundation, 2023). Para desenvolvedores, a Polkadot oferece o *framework Substrate*, que permite criar *blockchains* próprias e customizadas, prontas para integração com a rede, facilitando o desenvolvimento de dApps complexos, com governança específica e alta performance (Substrate Developers Hub, 2024).

2.9 BINANCE SMART CHAIN

A *Binance Smart Chain (BSC)*, atualmente chamada de *BNB Smart Chain*, é uma plataforma *blockchain* desenvolvida pela Binance e lançada em setembro de

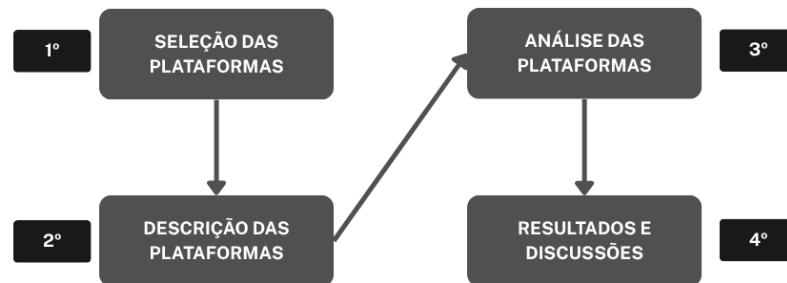
2020. Seu objetivo principal é fornecer uma infraestrutura rápida, de baixo custo e compatível com contratos inteligentes, para impulsionar a criação de dApps. Uma das características mais marcantes da BSC é sua compatibilidade total com a Ethereum Virtual Machine (EVM), o que permite aos desenvolvedores migrar facilmente seus dApps baseados em Ethereum para a rede da Binance (Binance, 2025).

O modelo de consenso utilizado pela BSC é o *Proof of Staked Authority* (PoSA), que combina elementos do *Delegated Proof of Stake* (DPoS) e do *Proof of Authority* (PoA). O DPoS é um sistema em que os detentores de tokens votam em um número limitado de validadores que irão processar e validar os blocos da rede, promovendo descentralização e desempenho. Já o PoA baseia-se na reputação dos validadores, em que poucos nós confiáveis são autorizados a validar transações, garantindo alta velocidade e baixo consumo energético. Nesse modelo híbrido, os validadores da BSC são escolhidos com base na quantidade de BNB colocada em *stake* e em sua confiabilidade na rede, o que reduz significativamente o uso de energia e aumenta a eficiência das transações. A Binance *Smart Chain* tornou-se rapidamente uma das *blockchains* mais populares no ecossistema de dApps, principalmente por seu custo extremamente baixo e alta taxa de transações por segundo (TPS) (Binance, 2025).

3 METODOLOGIA

Este trabalho segue com uma abordagem qualitativa com foco exploratório-descritivo. A pesquisa qualitativa se concentra nas características e nos processos das entidades, priorizando a compreensão dos significados em vez da mensuração de aspectos quantitativos, como volume, intensidade ou frequência (Roman; Marchi; Erdmann, 2013). Dessa forma, a abordagem qualitativa adotada neste trabalho, visou explorar e descrever as características das plataformas descentralizadas em *blockchain*. Exploratória, pois buscou-se compreender as diferentes tecnologias envolvidas, os aspectos inovadores e as tendências emergentes no uso de *blockchain*. Já o caráter descritivo permitiu detalhar as especificidades e particularidades de cada plataforma, oferecendo uma visão profunda dos elementos que as diferenciam. A seguir, a figura 2 representa o percurso metodológico de todo esse trabalho.

Figura 2: Percurso metodológico



Fonte: Autoria própria (2025)

3.1 SELEÇÃO DAS PLATAFORMAS

Foram selecionadas as 4 principais plataformas *dApps* de acordo com sua popularidade e impacto no mercado. Foram escolhidas as plataformas mais conhecidas e utilizadas, aquelas que possuem os maiores números de usuários e que são constantemente mencionadas. As plataformas selecionadas foram avaliadas e comparadas de acordo com critérios padronizados estabelecidos para mensurar de forma equivalente cada aspecto decisivo na escolha de uma *dApp*, a fim de gerar uma sucinta análise para subjugar as plataformas *dApps* e atingir o objetivo final desse estudo.

3.2 DESCRIÇÃO DAS PLATAFORMAS

As plataformas selecionadas para a análise foram a Ethereum, Solana, Polkadot e Binance Smart Chain, que são as principais aplicações baseadas em rede *blockchain* atualmente. Uma explanação detalhada sobre a arquitetura, o histórico e os componentes fundamentais de cada uma destas tecnologias já foi abordada no Referencial Teórico deste trabalho a partir do tópico 2.6 ao 2.9, servindo como base para a análise comparativa que se segue.

3.3 ANÁLISE DAS PLATAFORMAS

A abordagem de analisar e comparar plataformas com base em critérios como popularidade, características técnicas e impacto é uma prática encontrada em outros

estudos acadêmicos sobre a temática em questão. Estudos como o de Alencar (2024) focam na análise de características de plataformas para o desenvolvimento de aplicações, e como o de Silva (2024) que descreve algumas dApps e apresenta vantagens e desvantagens com base em critérios específicos a fim de desenvolvimento de aplicações.

Nesse sentido, Para uma análise bem estruturada e padronizada, foram definidos os seguintes critérios:

Escalabilidade: A capacidade da rede de processar um grande volume de transações. Medida principalmente em Transações por Segundo (TPS) e tempo de finalização, ou seja, basicamente é a quantidade de transações por segundo que uma aplicação consegue fazer.

Custo de transação: O custo médio, geralmente pago em tokens nativos da rede, para executar uma transação ou um contrato inteligente.

Facilidade de desenvolvimento: Avalia a curva de aprendizado para novos desenvolvedores, incluindo as linguagens de programação suportadas, a maturidade das ferramentas de desenvolvimento (SDKs, *frameworks*) e a qualidade da documentação.

Interoperabilidade: A capacidade da *blockchain* de se comunicar e interagir com outras redes de forma nativa ou por meio de pontes (*bridges*) que são mecanismos que permitem a transferência de dados, tokens e ativos digitais entre as diferentes *blockchains*.

Eficiência Energética: O impacto ambiental da rede, diretamente relacionado ao seu mecanismo de consenso.

Diversidade de aplicações: Indica em quais setores do mercado são mais compatíveis e utilizados.

Comunidade e documentação: A maturidade e o tamanho da comunidade de desenvolvedores e usuários, bem como a diversidade e o volume de dApps ativas na plataforma.

Com base nos critérios estabelecidos, a tabela a seguir na figura 3 representa o esquema necessário para comparação e análise das plataformas. Os dados utilizados para preencher a tabela de acordo com as informações requeridas foram coletados a partir das documentações das próprias dApps e de alguns trabalhos que abordam e descrevem tais tecnologias.

Figura 3: Tabela comparativa entre as dApps

Plataformas dApps				
CRITÉRIO	ETHEREUM	SOLANA	POLKADOT	BINACE SMART CHAIN
ESCALABILIDADE	~30 TPS	~2.000 - 4.000 TPS	~1.000 TPS/PARACHAIN	55 - 160 TPS
CUSTO DE TRANSAÇÃO	~US\$0,5 - US\$20	~US\$0,01	~US\$0,1 - US\$0,3	~US\$0,10
FACILIDADE DE DESENVOLVIMENTO	Alta, suporte ao Solidity, ampla documentação	Média, ferramentas em crescimento, menos recursos que Ethereum	Média, exige familiaridade com Substrate, curva de aprendizado mais elevada	Alta, compatível com Ethereum (EVM), fácil migração
INTEROPERABILIDADE	Utiliza várias de bridges	Utiliza uma bridge específica	Interoperabilidade nativa e segura	Utiliza de bridges específicas
EFICÁCIA ENERGÉTICA	Alta (com Ethereum 2.0 - PoS)	Muito alta (PoH + PoS)	Muito alta (NPoS)	Alta (PoSA)
DIVERSIDADE DE APLICAÇÕES	Muito ampla, líder em DeFi, NFTs e inovação geral	Forte em DeFi, Jogos e NFTs de alto volume	Foco em infraestrutura e interoperabilidade	Forte em DeFi e Jogos, com grande volume de usuários
COMUNIDADE/DOCUMENTAÇÃO	Muito ampla e madura com bom suporte	Em rápido crescimento, boa documentação	Especializada e técnica, boa documentação, sólida, foco em desenvolvedores	Muito ampla, documentação acessível, compatível com desenvolvedores Ethereum (forte suporte da Binance)

Fonte: Autoria própria (2025)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE ETHEREUM

A partir dos dados coletados e os critérios estabelecidos para fim de análise das plataformas descentralizadas Ethereum, Solana, Polkadot e Binance Smart Chain, obteve-se os seguintes resultados, uma análise detalhada para cada plataforma dApp.

A Ethereum é, sem dúvida, o ponto de partida da revolução dos contratos inteligentes. Lançada em 2015, ela foi a primeira *blockchain* a permitir que desenvolvedores criassem aplicativos descentralizados que fossem mais do que simples transações. Seu diferencial está em oferecer uma máquina virtual programável a EVM capaz de executar contratos automatizados e complexos com lógica personalizada, diretamente na *blockchain*. Isso transformou a Ethereum numa plataforma onde é possível construir desde sistemas financeiros até jogos, redes sociais e governanças digitais autônomas.

Um dos principais fatores que consolidaram a Ethereum como referência foi seu compromisso com a segurança e com a estabilidade da rede. Cada transação é validada e registrada por milhares de nós espalhados pelo mundo, que mantêm cópias completas da *blockchain*. Esse modelo garante um alto grau de resistência à censura e a ataques, mas, como consequência natural, a rede se torna mais lenta com cerca de 30 TPS e cara com taxas de custo que variam de US\$0,5 a US\$20, especialmente em momentos de alto uso. Os tempos de confirmação podem ser mais longos, e as taxas de transação (conhecidas como “gás”) podem subir bastante, o que afasta certos tipos de aplicações que precisam de respostas rápidas ou custo muito baixo como alguns tipos de jogos ou redes sociais de alto volume (Ethereum, 2025).

Com a migração para o modelo *Proof of Stake*, a Ethereum reduziu drasticamente o consumo de energia e utiliza de uma gama de ferramentas de desenvolvimento que tornam a plataforma bem acessível para programadores. Ferramentas como *Hardhat*, *Truffle*, *Remix* e *Infura*, junto com linguagens como *Solidity* e *Vyper*, permitem que desenvolvedores de diversos níveis criem, testem e implantem contratos com relativa facilidade. A ethereum possui uma interoperabilidade que a torna muito dependente das *bridges* e isso traz um certo risco a segurança, mas ainda sim não deixa de ser uma das mais seguras do mercado.

O grande trunfo da Ethereum está em seu ecossistema. Ela concentra os principais projetos de *DeFi*, como Uniswap, Aave e MakerDAO, e foi pioneira nos *NFTs* com marketplaces como OpenSea. É também o ambiente mais confiável para aplicações empresariais e de alto valor agregado, especialmente em áreas que envolvem ativos do mundo real e sistemas de governança automatizada. Toda essa atividade atraiu e mantém uma das maiores comunidades de desenvolvedores do mundo *blockchain*, com fóruns ativos, eventos globais como ETHDenver e Devcon, e um volume de documentação técnica difícil de encontrar em outras plataformas.

Por outro lado, o tamanho e a diversidade da Ethereum também geram complexidade. O excesso de aplicações competindo por espaço pode tornar a experiência do usuário confusa, e problemas como congestionamento, taxas altas e baixa interoperabilidade com outras *blockchains* ainda são obstáculos. De forma geral, a Ethereum funciona quase como o "sistema operacional" da Web3. Ela pode não ser a mais veloz ou a mais barata, mas é, com certeza, a mais confiável, flexível

e bem equipada para sustentar projetos de longo prazo que dependam de segurança robusta, confiança do mercado e um bom ecossistema.

4.2 ANÁLISE SOLANA

Solana surgiu com uma proposta clara: ser uma *blockchain* de altíssimo desempenho, capaz de suportar milhares de transações por segundo com tempos de resposta quase instantâneos. Seu foco não está tanto na flexibilidade como na Ethereum, mas sim em oferecer um ambiente único, onde a execução de contratos, a validação e a comunicação entre os participantes ocorrem de forma coordenada, rápida e eficiente, tudo dentro de uma única estrutura tecnológica. O coração da Solana é o *PoH*, um mecanismo que organiza as transações com base em um "relógio criptográfico". Em vez de os validadores discutirem qual transação veio primeiro (o que causa atrasos em outras *blockchains*), o *PoH* já entrega as transações em ordem cronológica para o consenso. Isso permite que a rede funcione quase como um processador moderno, lidando com múltiplas instruções ao mesmo tempo. Isso resulta em tempos de bloco inferiores a 1 segundo e taxas praticamente simbólicas, muitas vezes abaixo de \$0.02. Com rendimentos reais acima de 1.000 TPS ela lidera em desempenho bruto. Essa velocidade é viabilizada graças ao seu sistema de consenso *PoH* (Yakovenko, 2024).

Em termos de desenvolvimento, a Solana exige mais conhecimento técnico. A linguagem *Rust*, embora poderosa, tem uma curva de aprendizado acentuada. Frameworks como Anchor ajudam a simplificar esse processo. A interoperabilidade depende de pontes como Wormhole, que já teve históricos de risco e também de instabilidades devido ao alto volume de processamento. A comunidade de desenvolvedores cresce rapidamente, embora os altos requisitos de hardware limitem a descentralização entre validadores mesmo assim é uma das maiores atualmente com uma boa documentação.

Na prática, a Solana é a melhor escolha para projetos que dependem de latência baixa e volume alto de transações, como jogos interativos, plataformas de pagamento, redes sociais descentralizadas e qualquer sistema que precise funcionar com fluidez, como se fosse um aplicativo convencional. Por outro lado, talvez não seja a mais adequada para projetos que exigem altíssima confiabilidade,

transparência operacional e auditorias regulares especialmente onde interrupções podem causar grandes prejuízos.

4.3 ANÁLISE POLKADOT

A Polkadot se apresenta como uma base para criar múltiplas blockchains especializadas, chamadas de *parachains*. Cada *parachain* funciona como uma blockchain independente, mas que se conecta à *Relay Chain* da Polkadot, compartilhando segurança e podendo se comunicar com outras *parachains* através de um protocolo próprio chamado *XCM* (*Cross-Consensus Messaging*). Essa abordagem permite uma flexibilidade que nenhuma outra plataforma oferece. Em vez de criar um contrato dentro de uma blockchain genérica, os desenvolvedores podem literalmente criar sua própria blockchain com lógica específica para o que desejam construir. Sua escalabilidade é alcançada através da execução paralela dessas *parachains*, o que, teoricamente, permite à rede processar até 100.000 TPS. As taxas de transação são baixas e definidas por cada *parachain*, geralmente entre US\$ 0,10 e US\$ 1,00, e os usuários nem sempre precisam usar o token DOT (Polkadot Foundation, 2023).

A interoperabilidade é um dos principais diferenciais da Polkadot. Por meio do protocolo *XCM*, as *parachains* trocam mensagens diretamente sem depender de pontes terceirizadas, o que aumenta a segurança das interações. No quesito energético, a rede utiliza o mecanismo de consenso *NPoS*, altamente eficiente, com um consumo consideravelmente bem baixo. O desenvolvimento é feito com o *framework Substrate*, que oferece grande flexibilidade e permite criar blockchains sob medida, mas exige conhecimento técnico avançado em *Rust*, o que torna a curva de aprendizado mais difícil que em outras plataformas (Web3 Foundation, 2023).

A comunidade da Polkadot é técnica e bem estruturada e possui uma documentação extensa. Em termos práticos, a Polkadot é indicada para projetos que exigem blockchains personalizadas, interoperabilidade avançada e segurança compartilhada. a Polkadot é indicada para projetos que exigem *blockchains* personalizadas, interoperabilidade avançada e segurança compartilhada, como soluções de identidade digital, plataformas *DeFi*, *multichain* e infraestruturas Web3 casos bem representados por *parachains* como *Moonbeam*, *Acala* e *Phala Network*.

É especialmente útil para empresas ou iniciativas que precisam de uma *blockchain* dedicada, mas com acesso a uma rede maior e segura, sem ter que construir uma infraestrutura do zero.

4.4 ANÁLISE BINANCE SMART CHAIN

A BNB Smart Chain (BSC) foi lançada com uma proposta pragmática: oferecer uma plataforma rápida, barata e fácil de usar, especialmente para quem já estava acostumado com a Ethereum. A BSC é compatível com a EVM, o que significa que os mesmos contratos inteligentes desenvolvidos em Solidity podem ser usados nela praticamente sem alterações. Isso gerou uma verdadeira explosão de dApps replicados, especialmente no setor de finanças descentralizadas e em projetos voltados ao público varejista (Binance, 2025).

A grande vantagem da BSC é a acessibilidade. As taxas de transação são muito baixas, geralmente entre \$0.01 e \$0.03 e o tempo de confirmação é rápido, graças ao seu modelo de consenso *PoSA*, o que permite transações com média de 55 a 160 TPS. Nesse sistema, apenas 21 validadores ativos são responsáveis por validar os blocos, o que reduz significativamente o tempo de processamento. No entanto, isso também representa sua principal crítica: à centralização. Como os validadores são selecionados com base na quantidade de BNB em *stake* e precisam de aprovação da Binance, o controle da rede é concentrado em poucos participantes conhecidos. Essa centralização pode ser vista como um problema para quem valoriza a resistência à censura, entretanto, também é o motivo pelo qual a rede é tão eficiente e estável para aplicações do dia a dia. A *Binance Smart Chain* possui uma comunidade muito ampla e possui uma boa documentação e de fácil acesso. *Binance Smart Chain* também possui uma interoperabilidade dependente o que deixa a desejar em questões de segurança (Binance, 2025).

Basicamente, a *BNB Smart Chain* é ideal para quem quer lançar rapidamente um dApp voltado ao varejo, testar ideias com baixo custo ou atingir públicos que valorizam usabilidade e simplicidade. Ela também é bastante usada por startups, desenvolvedores solo e comunidades que não têm acesso a capital ou estrutura técnica para criar em plataformas mais exigentes. No entanto, não é a escolha ideal para aplicações críticas que dependem de alta descentralização, confiança institucional ou transparência de governança.

4.5 COMPARAÇÃO DAS PLATAFORMAS

Com base nas análises detalhadas de Ethereum, Solana, Polkadot e BNB Smart Chain, é possível fazer uma comparação clara entre suas características, apontando os pontos fortes e fracos de cada uma, os setores em que cada plataforma é mais indicada e, por fim, definir qual delas se destaca como a mais recomendada e qual é a menos indicada para o desenvolvimento de dApps.

A Ethereum é a plataforma mais consolidada e segura, com uma infraestrutura técnica robusta, grande comunidade de desenvolvedores e ampla variedade de ferramentas de desenvolvimento. Seu ecossistema engloba os principais projetos de *DeFi*, *NFTs* e dApps corporativos. É a melhor escolha para aplicações de alto valor agregado, que exigem confiança do mercado, auditorias e integração com ativos do mundo real. No entanto, seus custos e performance limitam a usabilidade em contextos de alto volume e baixa margem. A Solana destaca-se pela performance: alta taxa de transações por segundo, baixíssima latência e custos simbólicos. Seu modelo de execução paralela e o uso de *PoS* como relógio criptográfico interno permitem eficiência sem precedentes. Polkadot é a ideal para aplicações com foco em experiência fluida do usuário. Apresenta uma arquitetura modular e escalável, baseada em *parachains* interoperáveis. Ideal para projetos que exigem *blockchains* personalizadas, segurança compartilhada e comunicação entre múltiplas redes. É a plataforma tecnicamente mais sofisticada, mas também mais exigente em curva de aprendizado. Binance *Smart Chain* é focada em acessibilidade, baixo custo e compatibilidade com o ecossistema Ethereum. É a rede mais pragmática, adotada em larga escala para aplicações com baixo orçamento ou voltadas ao varejo. Porém, sua arquitetura centralizada compromete aspectos essenciais de segurança e governança.

Ou seja, de modo geral para vários tipos de aplicações a mais recomendada é a Ethereum, para áreas como jogos e social dApps em tempo real é a Solana, sistemas mais personalizados que exigem alta segurança é recomendado a Polkadot e para fim de aprendizagem, projetos fáceis e rápidos é mais recomendado a Binance *Smart Chain*. Por fim, A Binance *Smart Chain* é a menos recomendada quando se avalia o alinhamento com os princípios fundamentais da tecnologia *blockchain*: descentralização e segurança. Sua arquitetura, que depende de um pequeno número de validadores controlados por uma única entidade (Binance), a

torna altamente centralizada. Essa característica, embora permita transações rápidas, baratas e fácil desenvolvimento, compromete a resistência à censura e a torna vulnerável a pontos únicos de falha.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar e comparar as principais plataformas descentralizadas em rede blockchain, a fim de identificar suas diferenças tecnológicas e adequação para distintos casos de uso. A pesquisa, de natureza qualitativa e exploratório-descritiva, permitiu uma análise aprofundada das características que definem a escalabilidade, o custo, a segurança e a usabilidade de cada plataforma. A Ethereum se destaca como a plataforma mais robusta e confiável, com um ecossistema maduro, grande comunidade ativa e uma base sólida para aplicações que exigem alto nível de segurança e estabilidade, mesmo que seus custos e desempenho ainda sejam limitadores em certas situações. Por fim, a *Binance Smart Chain*, apesar de altamente acessível e funcional, revelou-se menos indicada para aplicações críticas devido à sua centralização, embora seja amplamente utilizada por iniciantes, startups e projetos de baixo custo. A escolha da plataforma ideal é uma decisão estratégica que deve alinhar as necessidades do projeto com as vantagens e desvantagens inerentes à arquitetura de cada ecossistema.

Apesar dos grandes resultados desse estudo, é notório reconhecer as limitações que abrem caminho para estudos futuros. Uma limitação reside na coleta de dados de cada plataforma, pois encontrar dados concretos e que sirvam para fim de análise são um tanto quanto trabalhosos. Outra limitação seria a definição de critérios para comparar de forma “igualitária” as plataformas abrangendo todos os aspectos cruciais.

Conclui-se, portanto, que a questão de pesquisa “Quais são as principais diferenças tecnológicas entre as plataformas baseadas em dApps em uma rede blockchain?” Foi respondida ao demonstrar que as distinções residem fundamentalmente no balanço entre escalabilidade, segurança e descentralização.

Este estudo contribui para a comunidade acadêmica e de desenvolvedores ao sistematizar e comparar essas diferenças, servindo como um guia para a tomada de decisões mais informadas no crescente campo das dApps.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Frank Castilio Pinheiro. **Criação de um Framework para desenvolvimento de aplicações descentralizadas baseadas em redes Blockchain.** 2024. Disponível em: https://repositorio.ufms.br/retrieve/446618f2-896d-4f32-854f-f8b6fe6ac13f/DevDapp_Dissertacao-final.pdf. Acesso em: 18 Nov. 2024.
- ARIJI, Felipe; BONIFÁCIO, Adilson Luiz. **Conversão da linguagem Solidity para redes de Petri visando a verificação de contratos inteligentes.** 2024. Disponível em: https://sites.uel.br/dc/wp-content/uploads/2024/08/PROJETO_TCC_FELIPE_SHINJI_ARIJI.pdf. Acesso em: 02 Jun. 2025.
- ARRIEL, Henrique Castro. **AcademicBlock: aplicação descentralizada de históricos acadêmicos hospedados em uma blockchain.** 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/29257/HENRIQUE+CASTRO+ARRIEL+-+TCC+ARTIGO+CI%C3%80NCIA+DA+COMPUTA%C3%87%C3%83O+CEEI+2022.pdf?sequence=1>. Acesso em: 8 jun. 2025.
- BARBOSA, Ana Rita da Cunha. **Block The Vote-Aplicação descentralizada para a criação de um sistema de votação online.** 2022. Tese de Doutorado. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.22/20882>. Acesso em: 03 Jan 2025.
- BINANCE. **BNB Smart Chain.** 2025. Disponível em: <https://www.bnbchain.org/en/smartChain>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- BOVÉRIO, Maria Aparecida; DA SILVA, Victor Ayres Francisco. **Blockchain: uma tecnologia além da criptomoeda virtual.** Revista Interface Tecnológica, v. 15, n. 1, p. 109-121, 2018. Disponível em: https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=YLfBNmAAAAAJ&citation_for_view=YLfBNmAAAAAJ:kNdYlx-mwKoC. Acesso em: 02 Jun. 2025.
- BRANCO, S. **Da web 1.0 à web 3.0 e além.** Revista Observatório Itaú Cultural, São Paulo, n. 35, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Alessandra-Meleiro-2/publication/373031289_Os_desafios_da_regulacao_do_video_sob_demanda_no_contexto_da_web_30/links/6557a9dab86a1d521bf00ae7/Os-desafios-da-regulacao-do-video-sob-demanda-no-contexto-da-web-30.pdf#page=12. Acesso em: 13 Ago. 2025.
- CHAGAS, Cassio Renan Firmino das; TEIXEIRA, João Marcelo Xavier Natário. **A Iniciativa Web3EduBrasil: Impulsionando a Inovação e a Educação na Era Descentralizada.** In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SOFTWARE LIVRE E TECNOLOGIAS ABERTAS (LATINOWARE), 21. , 2024, Foz do Iguaçu/PR. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024 . p. 18-25. DOI: <https://doi.org/10.5753/latinoware.2024.245470>.
- ETHEREUM. **Ethereum: o que é?** Disponível em: <https://ethereum.org/pt/what-is-ethereum/>. Acesso em: 08 maio 2025.
- HÖLBL, Marko; KOMPARA, Marko; KAMIŠALIĆ, Aida; NEMEC ZLATOLAS, Lili. **A Systematic Review of the Use of Blockchain in Healthcare.** Symmetry, v. 10, n.

10, p. 470, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-8994/10/10/470>. Acesso em: 8 jun. 2025.

KASSUYA, Danilo Yudi Futata. **Transformação entre contratos inteligentes e redes de petri**. Universidade Estadual de Londrina, 2023. Disponível em: https://sites.uel.br/dc/wp-content/uploads/2023/05/TCC_BANCA_DANILO_YUDI_FUTATA_KASSUYA.pdf. Acesso em: 30 dez. 2024.

MOURA, Luzia Menegotto Frick de; BRAUNER, Daniela Francisco; JANISSEK-MUNIZ, Raquel. **Blockchain e a perspectiva tecnológica para a administração pública: uma revisão sistemática**. Revista de Administração Contemporânea, v. 24, p. 259-274, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338295315_Blockchain_and_a_Technological_Perspective_for_Public_Administration_A_Systematic_Review. Acesso em 17 Nov. 2024.

OBERHAUS, D. **Um guia simplificado para montar seu próprio equipamento e 'farmar' Ethereum**, 2017. Disponível em: <https://www.vice.com/pt/article/um-guia-simplificado-para-montar-seu-proprio-equipamento-para-farmar-ethereum/>. Acesso em: 04 de Jun. 2025.

OLIVEIRA, Eduardo; FREITAS, Angilberto. (2020). **Os porquês da tecnologia blockchain ainda não ter sido popularizada: um ensaio teórico**. Revista Gestão & Tecnologia, v. 20, n. 1, p. 332-343, jan. 2020. DOI 10.20397/2177-6652/2020.v20i1.1706. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341416247_Os_porques_da_tecnologia_blockchain_ainda_nao_ter_sido_popularizada_um_ensaio_teorico. Acesso em 05 Jan. 2025.

POLKADOT FOUNDATION. **What is Polkadot?** Polkadot Documentation, 2023. Disponível em: <https://polkadot.network/what-is-polkadot/>. Acesso em: 22 Jun. 2025.

ROCHA, João et al. **Peer-to-peer: Computação colaborativa na internet**. In: **Minicursos do XXII Simposio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC 2004)**. sn, 2004. Disponível em: https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=AN6QFUUAAAAJ&citation_for_view=AN6QFUUAAAAJ:hqOjcs7Dif8C. Acesso em: 05 Jan. 2025.

ROMAN, Darlan José; MARCHI, Jamur Johnas; ERDMANN, Rolf Hermann. **A abordagem qualitativa na pesquisa em Administração da produção no Brasil**. 2013. REGE-Revista de Gestão, v. 20, n. 1, p. 131-144, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1809227616302259>. Acesso em: 06 Jan. 2025.

SALES, Lucas dos Santos. **Uma aplicação descentralizada (dApp / Web3.0) para registros de autorias em blockchain**. 2022. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Instituto de Computação, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/11409/1/Uma%20Aplica%20c3%a7%20Descentralizada%20dApp%20-%20Web3.0%29%20para%20Registros%20de%20Autorias%20em%20Blockchain%20-%20281%29.pdf>. Acesso em: 13 Nov. 2024.

SILVA, Gabriel Rocha Alves da. **Sistema de gerenciamento de credenciais para universitários baseado em blockchain**. 2024. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/78791>. Acesso em: 04 de Jun. 2025.

SOUSA, Jeffson C. *et al.* **Solução descentralizada de compartilhamento de infraestrutura de redes baseada em blockchain**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Telecomunicações 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.14209/sbrt.2024.1571036269>. Acesso em: 01 Jun. 2025.

SUBSTRATE DEVELOPERS HUB. **Substrate: The Blockchain Framework**. 2024. Disponível em: <https://substrate.io/>. Acesso em: 22 Jun. 2025.

WEB3 FOUNDATION. **Polkadot Lightpaper**. 2023. Disponível em: <https://polkadot.network/Polkadot-lightpaper.pdf>. Acesso em: 22 Jun. 2025.

WOOD, Gavin. **Polkadot: Vision for a Heterogeneous Multi-Chain Framework**. Whitepaper, 2020. Disponível em: <https://polkadot.network/Polkadot-whitepaper.pdf>. Acesso em: 22 Jun. 2025.

YANG, Wenli et al. **A Survey on Blockchain-Based Internet Service Architecture: Requirements, Challenges, Trends, and Future**. IEEE Access, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333182684_A_Survey_on_Blockchain-Based_Internet_Service_Architecture_Requirements_Challenges_Trends_and_Future. Acesso em: 23 Jun. 2025.

YAKOVENKO, Anatoly. **Solana: A new architecture for a high performance blockchain**. Whitepaper. Solana Labs, 2020. Disponível em: <https://solana.com/solana-whitepaper.pdf>. Acesso em: 22 Jun. 2025.

YAKOVENKO, Anatoly. Solana **What is Solana?** Solana Foundation, 2024. Disponível em: <https://solana.com/>. Acesso em: 08 Jun. 2025.

ZACHARIADIS, M.; HILEMAN, G.; SCOTT, S. V. **Governance and control in distributed ledgers: understanding the challenges facing blockchain technology in financial services**. Information and Organization, v. 29, n. 2, p. 105-117, jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2019.03.001>. Acesso em: 15 Jun. 2025.