



**ATEC - ÁREA DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO  
(BACHARELADO)**

**PROTÓTIPO DE SISTEMA DE RASTREABILIDADE DE DINHEIRO PÚBLICO  
BASEADO EM BLOCKCHAIN**

**WILLIAN BINDA**

**CHAPECÓ, JULHO DE 2025**

**UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA DA REGIÃO DE CHAPECÓ**  
**ATEC - ÁREA DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS**  
**CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**  
**(BACHARELADO)**

**PROTÓTIPO DE SISTEMA DE RASTREABILIDADE DE DINHEIRO PÚBLICO**  
**BASEADO EM BLOCKCHAIN**

**Relatório Parcial do Trabalho de Conclusão  
de Curso submetido à Universidade Comuni-  
tária da Região de Chapecó para a disciplina  
de Ciência da Computação.**

**WILLIAN BINDA**

Orientador: Prof. Radamés Pereira, M.Sc.

**CHAPECÓ, JULHO DE 2025**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Funcionamento da Blockchain . . . . .	5
Figura 2 – Funcionamento inicial da Blockchain . . . . .	6

**LISTA DE QUADROS**

<b>QUADRO 1 – Cronograma de 02/2025 a 07/2025 . . . . .</b>	<b>16</b>
---	-----------

## **LISTA DE SIGLAS**

LAI Lei de Acesso à Informação.

LGPD Lei de Geral de Proteção de Dados.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES . . . . .</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE QUADROS . . . . .</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE SIGLAS . . . . .</b>	<b>v</b>
<b>1 INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1 Delimitação do problema . . . . .	1
1.2 Objetivos . . . . .	2
1.2.1 Objetivo geral . . . . .	2
1.2.2 Objetivos específicos . . . . .	2
1.3 Justificativa . . . . .	2
1.4 Delimitação do Escopo . . . . .	3
<b>2 BLOCKCHAIN E CONTRATOS INTELIGENTES: CONCEITOS, FUN- CIONAMENTO E SEGURANÇA DOS DADOS . . . . .</b>	<b>4</b>
2.1 Histórico do Blockchain . . . . .	4
2.2 Carteiras Digitais . . . . .	6
2.3 Ethereum e Contratos Inteligentes: A Revolução da Web 3.0 . . . . .	7
2.4 Considerações Finais . . . . .	8
<b>3 UTILIZAÇÃO DA BLOCKCHAIN PARA GOVERNOS . . . . .</b>	<b>9</b>
3.1 Áreas de Aplicação . . . . .	9
3.2 Problemas na Distribuição de Dinheiro Durante a Pandemia da COVID-19 .	10
3.3 Blockchain como Alternativa Tecnológica . . . . .	10
3.4 Blockchain no Rastreamento de Vacinas e na Saúde Pública . . . . .	11
3.5 Considerações Finais . . . . .	11
<b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS . . . . .</b>	<b>13</b>
4.1 Tipo de Pesquisa . . . . .	13
4.2 Técnicas e Ferramentas Utilizadas . . . . .	13
4.3 Etapas de Desenvolvimento do Protótipo . . . . .	14
4.4 Regras do Contrato Inteligente . . . . .	14
4.5 Funcionalidades da Interface . . . . .	14
4.6 Considerações Éticas . . . . .	15
<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>17</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A implementação de um protótipo de sistema baseado em blockchain para registrar e disponibilizar, de forma transparente e imutável, todas as transações financeiras no setor público se apresenta como uma solução inovadora e urgente diante dos recorrentes casos de corrupção e desvio de verbas no Brasil. Apesar dos elevados valores arrecadados através de impostos, a destinação desses recursos ainda é de difícil acesso para a população, dificultando o acompanhamento e a fiscalização de sua utilização. O uso da blockchain, com sua característica de transparência e imutabilidade, fortalece significativamente os mecanismos de controle, garantindo que todas as transações sejam verificáveis e acessíveis publicamente.

Além disso, para que a aplicação dessa tecnologia seja eficaz e não entre em conflito com as legislações vigentes, como a a Lei de Acesso à Informação (LAI) e a Lei de Geral de Proteção de Dados (LGPD), é essencial que o protótipo seja projetado de modo a garantir a transparência sem comprometer a privacidade e a segurança dos dados dos cidadãos. O alinhamento com essas normativas será crucial para o sucesso do projeto, garantindo que o sistema respeite os direitos dos indivíduos ao mesmo tempo em que assegura o controle social sobre a alocação dos recursos públicos.

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo de sistema baseado em blockchain, com foco na rastreabilidade do dinheiro público, permitindo o monitoramento preciso dos fundos públicos desde sua arrecadação até a sua aplicação final. A imutabilidade e a transparência proporcionadas por essa tecnologia garantem que todas as transações sejam registradas de forma pública e verificável, reduzindo significativamente as possibilidades de ocultação de irregularidades e aumentando a confiança da população na administração dos recursos públicos.

Nos capítulos seguintes, será apresentada uma revisão bibliográfica sobre o uso da blockchain e contratos inteligentes no setor público, detalhando as soluções existentes e os desafios enfrentados por sistemas semelhantes.

### 1.1 Delimitação do problema

O presente trabalho desenvolverá um protótipo de sistema baseado em blockchain, com foco na rastreabilidade do dinheiro público. O sistema será limitado ao acompanhamento das transações financeiras desde o momento em que forem processadas por contratos inteligentes, registradas na blockchain e movimentadas entre carteiras digitais. Não serão abordados processos completos de arrecadação tributária nem mecanismos internos de auditoria governamental, restringindo-se à criação de um modelo de rastreio transparente e acessível à sociedade.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Desenvolver um protótipo de sistema baseado em blockchain que permita a qualquer cidadão ou órgão de controle acompanhar o fluxo do dinheiro público a partir do momento em que as transações são registradas na blockchain por meio de contratos inteligentes, garantindo maior transparência e fiscalização sobre a movimentação e a aplicação dos recursos.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Conceituar e fundamentar a tecnologia blockchain, destacando suas principais características e aplicações relacionadas à transparência de informações;
- Analisar soluções existentes que utilizam blockchain para rastreabilidade de recursos públicos, incluindo dinheiro público, documentos e registros oficiais;
- Desenvolver uma interface web intuitiva para visualização e acompanhamento das transações financeiras registradas na blockchain, visando facilitar o entendimento para cidadãos e órgãos de controle;
- Proporcionar meios para mitigar a falta de transparência no setor público, permitindo o acesso a informações detalhadas sobre a movimentação do dinheiro público;

## **1.3 Justificativa**

A transparência na gestão do dinheiro público é um dos pilares fundamentais da democracia, permitindo que cidadãos e órgãos de controle acompanhem como os recursos arrecadados estão sendo aplicados. No entanto, muitos países ainda enfrentam dificuldades na rastreabilidade e fiscalização dos gastos governamentais.

Casos de corrupção envolvendo dinheiro público são recorrentes, afetando áreas cruciais como saúde, educação e infraestrutura. Em dezembro de 2024, uma operação revelou o desvio de 1,4 bilhão no Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs), onde uma organização criminosa utilizava empresas de fachada para fraudar contratos e lavar dinheiro (ELIJONAS, 2024). Este é apenas um exemplo de como a falta de rastreabilidade e de controle pode abrir espaço para esquemas fraudulentos.

A tecnologia blockchain surge como uma solução inovadora para esse problema, permitindo o registro descentralizado, transparente e imutável de todas as transações financeiras. Ao eliminar a necessidade de intermediários e possibilitar a auditoria pública de todas as transações, a blockchain contribui significativamente para reduzir os riscos de fraudes e corrupção, pois seus dados são inalteráveis e acessíveis de forma pública e segura.



Através de contratos inteligentes, o sistema automatiza a gestão e a distribuição dos fundos, garantindo que as regras estabelecidas para a utilização do dinheiro público sejam cumpridas sem interferências externas. Dessa forma, qualquer cidadão poderá acompanhar, em tempo real, a arrecadação e o destino dos recursos.

#### **1.4 Delimitação do Escopo**

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de sistema baseado em blockchain, focado na rastreabilidade do dinheiro público. O protótipo permitirá a visualização transparente da arrecadação e aplicação desses recursos nas áreas de saúde, educação e infraestrutura. A principal função do protótipo será garantir que cidadãos e órgãos de controle possam acompanhar, em tempo real, como o dinheiro público está sendo movimentado e alocado.

O protótipo será baseado em uma blockchain pública existente e não envolverá a criação de uma blockchain própria. Ele será voltado especificamente para a transparência financeira e monitoramento da alocação de recursos dentro de uma área restrita, sem incluir outras possíveis utilizações de blockchain no setor público, como a rastreabilidade de documentos ou autenticação de identidade.

## **2 BLOCKCHAIN E CONTRATOS INTELIGENTES: CONCEITOS, FUNCIONAMENTO E SEGURANÇA DOS DADOS**

Neste capítulo, será explorado o conceito da tecnologia blockchain, desmistificando seu funcionamento e abordando suas principais características, como a descentralização, a segurança e a transparência. Serão também analisados os contratos inteligentes (smart contracts), destacando seu papel na automatização de processos, no aumento da confiabilidade e na redução da necessidade de intermediários. Além disso, discutir-se-á por que a blockchain é menos suscetível a vazamentos de dados e ataques cibernéticos, evidenciando os mecanismos de segurança que a tornam resistente a fraudes. Por fim, serão apresentadas as principais aplicações e limitações dessa tecnologia, bem como sua relação com a Web 3.0, apontando o potencial impacto de sua adoção em diferentes setores, incluindo o governo e a administração pública.

### **2.1 Histórico do Blockchain**

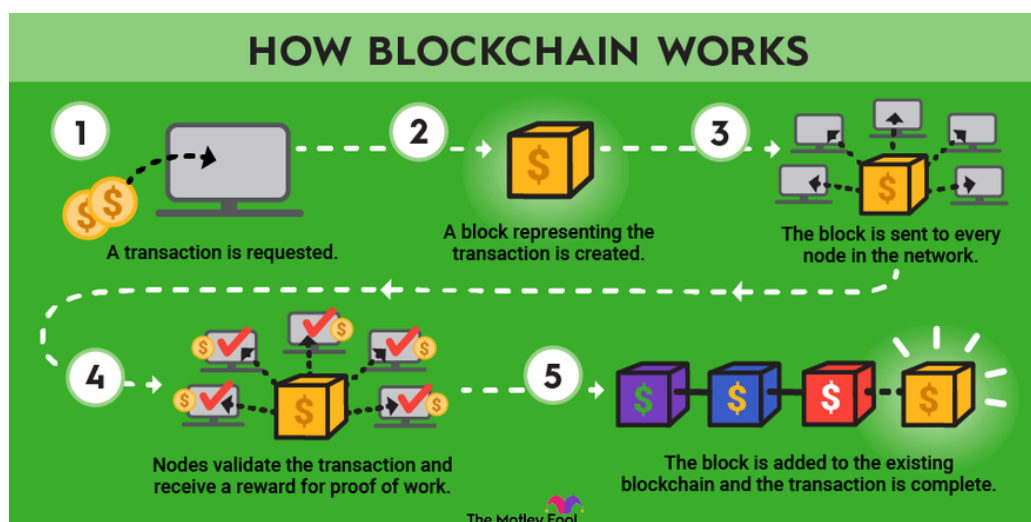
A ideia de blockchain começou a ser desenvolvida entre as décadas de 1980 e 1990, sendo oficialmente apresentada em 1991 por Stuart Haber e W. Scott Stornetta no artigo "How to Time-Stamp a Digital Document" ("Como marcar a data e hora em um documento digital"). O objetivo inicial era criar um método para armazenar documentos digitais de forma que garantisse sua integridade, impedindo alterações e prevenindo fraudes. Para isso, os autores propuseram o uso de técnicas como o hashing (uma espécie de "impressão digital" dos dados) e o conceito de Árvore de Merkle, que possibilita o armazenamento eficiente de grandes volumes de dados dentro de um único bloco.

Com o passar do tempo, o conceito de blockchain evoluiu para o que conhecemos atualmente como uma rede distribuída ponto a ponto (peer-to-peer), na qual múltiplos computadores (nós) se conectam e interagem diretamente, sem a necessidade de uma autoridade central. Essa característica fortalece a segurança e a descentralização da tecnologia. Em essência, a blockchain funciona como um livro contábil digital público e imutável, onde todas as transações são registradas de forma permanente, encadeadas em blocos e disponibilizadas de maneira transparente para consulta.

A blockchain é formada por uma sequência de blocos encadeados que armazenam registros de transações, como ilustrado na Figura 1. Cada computador conectado à rede recebe uma cópia completa da blockchain, contendo todos os blocos criados desde o início da rede. Cada bloco armazena informações sobre as transações realizadas até o momento da criação do próximo bloco, além de conter o hash do bloco anterior e o hash do bloco atual, garantindo a integridade dos dados.

Esse formato de encadeamento torna a alteração de qualquer informação extremamente difícil, pois seria necessário modificar todos os blocos subsequentes em todas as cópias da rede simultaneamente. Para validar e adicionar novos blocos, é preciso resolver um problema

**Figura 1 – Funcionamento da Blockchain**



Fonte: (Fool, 2025).

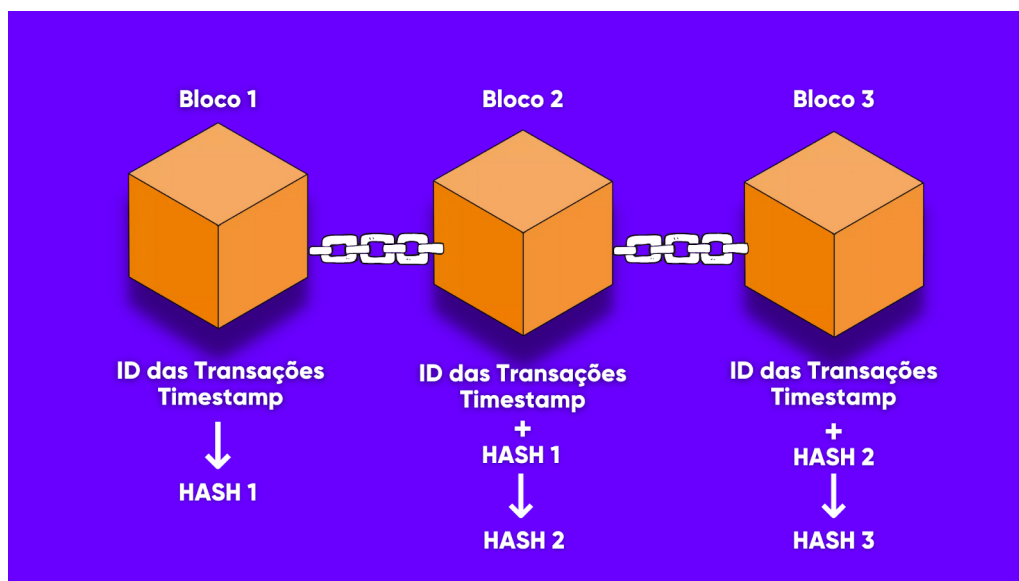
matemático complexo, conhecido como prova de trabalho (proof-of-work), um processo que requer grande capacidade computacional, chamado de mineração.

A segurança da blockchain aumenta à medida que mais nós (computadores) ingressam na rede, pois os dados ficam distribuídos de forma descentralizada, eliminando a existência de um ponto único de falha. Alterar qualquer informação em um bloco exigiria alterar todos os blocos subsequentes em todos os nós participantes, o que, na prática, torna a fraude praticamente inviável.

Nos primeiros dias da blockchain, os dados registrados nos blocos eram simples, contendo informações como a data e hora de geração do bloco, além das chaves públicas e privadas, como ilustrado na Figura 1.1. Com o tempo, a tecnologia se sofisticou e passou a ser utilizada para diversas aplicações, além das transações de criptomoedas, como o Bitcoin. Em uma blockchain típica, o cabeçalho de cada bloco é composto por uma string de 80 bytes, sendo 4 bytes destinados à sua identificação, 32 bytes para armazenar o hash do bloco anterior, 32 bytes para o hash do bloco atual, 4 bytes que registram a data e hora de sua criação, e 8 bytes usados no processo de mineração. Desses 8 bytes, 4 são dedicados à dificuldade da mineração, enquanto os outros 4 guardam o valor denominado Nonce, que representa o resultado do trabalho realizado pelo minerador (KUNTZ, 2022, p. 25).

Uma das principais características da blockchain é sua imutabilidade. Uma vez que uma transação é registrada em um bloco e esse bloco é adicionado à cadeia, ela não pode ser alterada. Essa característica torna a blockchain uma tecnologia extremamente confiável para o armazenamento de dados importantes e críticos, uma vez que qualquer tentativa de modificação seria facilmente detectada.

A tecnologia blockchain está sendo progressivamente aplicada em diversos setores, com um exemplo notável sendo a indústria da saúde. Com o uso da blockchain, os prontuários

**Figura 2 – Funcionamento inicial da Blockchain**

Fonte: (AreaBitcoin, 2025).

médicos podem ser armazenados de forma segura, permitindo que os dados dos pacientes sejam acessados de qualquer ponto da rede, mas sempre com a garantia de privacidade. Essa abordagem resolve um problema crítico, pois assegura que apenas indivíduos autorizados possam acessar ou modificar essas informações sensíveis.

Além disso, a blockchain também se mostra útil na gestão de medicamentos controlados. Por exemplo, na dispensação de medicamentos, o uso de blockchain garante que esses produtos sejam entregues exclusivamente ao titular da transação, evitando fraudes e assegurando a rastreabilidade e segurança de todo o processo.

O funcionamento da blockchain pode ser comparado ao BitTorrent, um protocolo amplamente utilizado para compartilhamento de arquivos. Ambos operam em redes distribuídas ponto a ponto (peer-to-peer), em que os dados não são centralizados em um único servidor, mas sim distribuídos entre os computadores da rede. No BitTorrent, os arquivos são compartilhados diretamente entre os usuários, enquanto na blockchain, os blocos de transações são compartilhados entre os nós da rede. A principal diferença reside na imutabilidade dos dados na blockchain, o que garante a segurança das transações registradas. Já o BitTorrent é projetado principalmente para a troca de arquivos, sem a preocupação com a integridade ou imutabilidade dos dados.

## 2.2 Carteiras Digitais

As contas na blockchain são associadas a uma chave pública e uma chave privada. A chave pública, muitas vezes chamada de "endereço", é compartilhada com outros usuários e funciona como um identificador para a realização de transações. Já a chave privada, que deve ser mantida em segredo, funciona como uma senha que garante a segurança da conta, de maneira

similar a uma senha bancária. Essas contas podem ou não conter criptomoedas, mas funcionam de forma análoga a uma conta bancária tradicional. A chave pública é essencial para realizar transações ponto a ponto (P2P) ou para interagir com contratos inteligentes (KUNTZ, 2022).

### **2.3 Ethereum e Contratos Inteligentes: A Revolução da Web 3.0**

O surgimento da rede Ethereum e dos contratos inteligentes trouxe uma inovação significativa ao mundo da blockchain, permitindo a implementação das regras de negócios diretamente na blockchain, ao invés de serem centralizadas nos servidores da Web 2.0. Esse novo modelo descentralizado, característico da Web 3.0, faz com que as regras de negócios sejam programadas nos contratos inteligentes, que, além de salvar dados na blockchain, permitem consultas e a emissão de eventos de forma automatizada e sem a necessidade de intermediários.

Criada por Vitalik Buterin no início da década de 2010 e lançada em 2015, a Ethereum revolucionou o conceito de blockchain, introduzindo aspectos diferenciados no processo de geração de blocos. A blockchain da Ethereum pode ser vista como uma "máquina de estados baseada em transações" (KUNTZ, 2022), onde os blocos armazenam informações detalhadas, como: número do bloco, timestamp (marcação de tempo), lista de transações, minerador do bloco, recompensas, dificuldade de mineração, limites de gás e mais. Essas informações são fundamentais para garantir a integridade e a segurança da rede.

Cada bloco na Ethereum também contém três árvores de Merkle chamadas Merkle Patricia Trees: stateRoot, transactionRoot e receiptsRoot. Essas estruturas são responsáveis por armazenar o estado atual da blockchain, as transações realizadas e os recibos das transações, garantindo tanto a eficiência quanto a integridade na verificação das transações.

A Ethereum utiliza uma unidade chamada Gas para medir o esforço computacional necessário para realizar operações na rede. Cada transação ou execução de contrato inteligente exige uma quantidade específica de Gas, e os usuários pagam uma taxa para que suas operações sejam processadas. Quando dois blocos são gerados simultaneamente, o bloco com maior dificuldade acumulada é preferido pela cadeia, enquanto o bloco de menor número, chamado de "órfão", pode ser adicionado à cadeia com uma recompensa menor.

Além disso, a Ethereum deu origem a redes de segunda camada, como o Lightning Network, que oferecem transações mais rápidas e de baixo custo, solucionando algumas das limitações de escalabilidade da blockchain original.

Para criar contratos inteligentes, utiliza-se a Ethereum Virtual Machine (EVM), uma máquina virtual que permite a execução de contratos inteligentes. A EVM garante a Turing Completeness (completude de Turing), ou seja, sua capacidade de executar qualquer função computacional programável. Os contratos inteligentes são geralmente escritos em Solidity, uma linguagem específica para contratos inteligentes, que é compilada para bytecode e executada pela EVM, disponível em todos os nós da rede Ethereum.

## 2.4 Considerações Finais

Neste capítulo, foi possível compreender de forma aprofundada os fundamentos da tecnologia blockchain e dos contratos inteligentes, destacando sua evolução, funcionamento técnico e relevância no contexto atual da transformação digital. A blockchain mostrou-se uma solução inovadora para o armazenamento seguro e descentralizado de informações, com forte resistência a fraudes e ataques cibernéticos, graças à sua estrutura de dados imutável e distribuída.

Além disso, a introdução dos contratos inteligentes pela plataforma Ethereum representou um marco importante, permitindo a execução automatizada e confiável de regras de negócio sem a necessidade de intermediários. Essa inovação impulsionou a chamada Web 3.0, abrindo caminhos para aplicações mais transparentes, auditáveis e seguras em diferentes setores, como saúde, finanças e administração pública.

Por fim, foram abordadas não apenas as potencialidades dessa tecnologia, mas também suas limitações e desafios, como a escalabilidade e o custo computacional das operações. Ainda assim, a blockchain e os contratos inteligentes consolidam-se como elementos centrais no desenvolvimento de sistemas mais confiáveis e descentralizados, contribuindo para a construção de um novo paradigma digital baseado em confiança algorítmica e autonomia dos usuários.

### 3 UTILIZAÇÃO DA BLOCKCHAIN PARA GOVERNOS

A aplicação da tecnologia blockchain vai muito além do universo das criptomoedas, alcançando setores como saúde, logística, meio ambiente e, em especial, a administração pública. Sua estrutura descentralizada e imutável oferece uma base robusta para promover maior transparência, rastreabilidade e segurança nos dados governamentais. Essa capacidade permite, por exemplo, implementar sistemas que acompanham em tempo real o fluxo de recursos públicos — desde a arrecadação até a aplicação final — reduzindo riscos de corrupção, desvios e má gestão.

Embora ainda seja desconhecida por grande parte da população brasileira e internacional, a blockchain já possui aplicações concretas no setor público nacional. Um exemplo notável é a nova Carteira de Identidade Nacional (CIN), cuja emissão utiliza blockchain para garantir maior rastreabilidade, segurança e consistência. Segundo o Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos, o sistema permite, inclusive, a inscrição do CPF diretamente no balcão do órgão de identificação, trazendo benefícios diretos à cidadania (GOVBR, 2023).

Internacionalmente, a Estônia é referência na adoção da tecnologia, com o sistema e-Residency, um registro digital descentralizado que armazena informações como identidade, escolaridade e histórico de trabalho desde o nascimento do cidadão (SAVIO, 2020). No Brasil, outro avanço importante é o DREX — a moeda digital do Banco Central — que utiliza blockchain para garantir transações mais seguras e transparentes. Além disso, bancos como o Itaú e o Banco do Brasil já exploram essa tecnologia para reforçar a segurança e rastreabilidade de suas operações financeiras.

Diante desse cenário, torna-se evidente o potencial transformador da blockchain na gestão pública. Este capítulo explora aplicações já adotadas por governos ao redor do mundo, analisa benefícios e desafios envolvidos e propõe uma abordagem de rastreabilidade do dinheiro público baseada em contratos inteligentes e registros descentralizados, com o objetivo de promover maior transparência, controle social e confiança nas instituições.

#### 3.1 Áreas de Aplicação

Um dos usos mais promissores da blockchain no setor público é na gestão de registros de propriedade de terras. Em muitos países em desenvolvimento, os sistemas existentes são frágeis, incompletos ou mesmo inexistentes, o que impede a comprovação legal da posse e prejudica o acesso a crédito e à proteção patrimonial (Kshetri; Rogers, 2018).

No Haiti, por exemplo, o terremoto de 2010 destruiu todos os registros físicos municipais, deixando milhares de agricultores sem documentação que comprovasse a posse das terras. Esse tipo de vulnerabilidade se repete em diversos contextos e compromete a segurança jurídica de milhões de famílias.

Estima-se que ativos sem documentação formal causem perdas econômicas globais da ordem de US\$ 20 trilhões (Kshetri; Rogers, 2018). Diante disso, a blockchain surge como

alternativa segura e transparente para registros de propriedade, já testada em países como Bermudas, Brasil, Geórgia, Gana, Honduras, Índia, Rússia e Ruanda.

Sistemas baseados em blockchain permitem a criação de registros imutáveis com histórico completo de transações, identificando autor, data e propósito de cada modificação. Isso reduz a possibilidade de fraudes e disputas judiciais. No Brasil, municípios como Pelotas (RS) e Morro Redondo vêm adotando a tecnologia para registrar dados como endereço, zoneamento, identidade do proprietário e coordenadas geográficas.

Além da segurança, a economia de custos também é significativa. Na Geórgia, a migração do registro fundiário para a blockchain reduziu taxas de até US\$ 200 para valores tão baixos quanto US\$ 0,10 (Kshetri; Rogers, 2018).

No entanto, a tecnologia não resolve, sozinha, todos os desafios. É necessário garantir a qualidade e legitimidade dos dados inseridos, além de enfrentar resistências políticas por parte de agentes que veem a transparência como uma ameaça (Kshetri; Rogers, 2018).

Quando implementada com critérios de justiça e imparcialidade, a blockchain pode representar o primeiro acesso real e legal à propriedade para populações marginalizadas, rompendo ciclos históricos de exclusão e vulnerabilidade.

Conforme destacam Zia et al. (2022), sistemas públicos de registro baseados em blockchain geram um log de auditoria imutável, com assinaturas criptográficas que permitem identificar e responsabilizar funcionários por alterações fraudulentas.

### **3.2 Problemas na Distribuição de Dinheiro Durante a Pandemia da COVID-19**

A pandemia da COVID-19 evidenciou fragilidades nos mecanismos tradicionais de distribuição de recursos públicos. Governos em todo o mundo tiveram que implementar, com urgência, programas de transferência de renda para mitigar os impactos sociais e econômicos da crise sanitária.

No Brasil, o Auxílio Emergencial contemplou cerca de 66 milhões de pessoas, com um total de R\$ 280 bilhões pagos até o final de 2020 — equivalente a aproximadamente 4% do PIB (Zia et al., 2022). Apesar da magnitude da operação, o programa enfrentou entraves operacionais devido à burocracia e à ausência de cadastros atualizados, o que resultou na exclusão de beneficiários legítimos e em atrasos nos repasses.

Além disso, recursos destinados a regiões vulneráveis muitas vezes foram gastos em municípios mais ricos ou em grandes redes varejistas, o que reduziu o impacto positivo nas economias locais.

### **3.3 Blockchain como Alternativa Tecnológica**

Frente a esses desafios, a blockchain desponta como solução para sistemas de benefícios mais eficientes, auditáveis e transparentes. Por meio de registros públicos imutáveis, os governos podem rastrear em tempo real como, onde e por quem os recursos estão sendo utilizados.



Uma aplicação prática no Brasil é a moeda social Mumbuca, do município de Maricá (RJ). Por meio de uma criptomoeda local, os repasses são controlados para incentivar o consumo regional e garantir que o benefício chegue ao seu destino previsto (Zia et al., 2022).

Tais sistemas podem ser otimizados com contratos inteligentes (smart contracts), que automatizam regras de uso. Por exemplo, uma moeda digital pode ser programada para ser utilizada apenas em estabelecimentos locais ou para recompensar práticas sustentáveis, integrando políticas públicas de maneira eficaz.

Exemplos internacionais reforçam esse movimento: a FairCoin (Espanha), a Moneda PAR (Argentina) e a Sarafu (Quênia) demonstram como moedas digitais locais promovem inclusão econômica, resiliência e desenvolvimento sustentável, sobretudo em cenários de crise.

### **3.4 Blockchain no Rastreamento de Vacinas e na Saúde Pública**

A COVID-19 também evidenciou limitações dos sistemas públicos de saúde, especialmente no gerenciamento de vacinas. Um caso emblemático é o sistema VAMS, dos EUA, que mesmo com investimento de US\$ 44 milhões, apresentou falhas como previsão incorreta de estoques, vulnerabilidades de segurança e ineficiência nos agendamentos (Zia et al., 2022).

Em geral, os dados de saúde pública são fragmentados entre diversas instituições e expostos a riscos de manipulação, dificultando a rastreabilidade e a resposta eficiente a crises sanitárias.

A blockchain oferece uma alternativa segura e descentralizada, com registros imutáveis e auditáveis, que podem ser acessados apenas por profissionais autorizados. Isso facilita a rastreabilidade da cadeia de suprimentos — da produção à aplicação da vacina — garantindo maior segurança e eficiência.

Exemplos de iniciativas bem-sucedidas incluem:

- Estônia: desde 2008 utiliza a infraestrutura KSI Blockchain, com validações criptográficas para proteger dados públicos;
- Reino Unido: utilizou sensores conectados à blockchain para monitorar, em tempo real, a temperatura de armazenamento das vacinas;
- Coreia do Sul (Ilha de Jeju): adotou um sistema baseado em blockchain para rastrear contatos de turistas, com foco na privacidade e no controle epidemiológico;

### **3.5 Considerações Finais**

A aplicação da tecnologia blockchain no setor público representa um avanço significativo na busca por maior transparência, eficiência e justiça na administração dos recursos públicos. Ao longo deste capítulo, foram explorados diversos contextos em que essa tecnologia já vem

sendo utilizada, tanto no Brasil quanto internacionalmente — desde o registro de propriedades e a distribuição de benefícios sociais até o rastreamento de vacinas em sistemas de saúde.

Esses exemplos demonstram que a blockchain tem o potencial de corrigir falhas estruturais históricas, oferecendo registros imutáveis, auditáveis e acessíveis que fortalecem a confiança entre governo e sociedade. Em cenários de crise, como a pandemia da COVID-19, fica evidente a urgência de ferramentas capazes de garantir rastreabilidade, segurança e agilidade na execução de políticas públicas.

Apesar dos desafios — como a resistência institucional, a qualidade dos dados e a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada — a adoção da blockchain como ferramenta de governança já deixou de ser uma promessa distante. Combinada a instrumentos como contratos inteligentes e moedas digitais locais, ela permite não apenas monitorar o uso do dinheiro público, mas também orientar seu impacto de forma mais eficaz e inclusiva.

Assim, ao se considerar o futuro da gestão pública, torna-se imprescindível explorar soluções que conciliem inovação tecnológica com participação social. A blockchain, quando bem implementada, pode ser a base de uma nova arquitetura institucional mais aberta, confiável e orientada ao bem comum.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 4.1 Tipo de Pesquisa

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa e natureza tecnológica. Seu objetivo principal é desenvolver um protótipo funcional de um sistema que auxilia e permita a rastreabilidade de dinheiro público utilizando tecnologia blockchain. A pesquisa é também descritiva, pois busca detalhar as funcionalidades, as tecnologias empregadas e os processos envolvidos no desenvolvimento da solução proposta.

### 4.2 Técnicas e Ferramentas Utilizadas

- Interface de programação: Será utilizada a IDE online Remix, que oferece ambiente completo para desenvolvimento, teste e implantação inicial de contratos inteligentes. A plataforma fornece recursos para simulação de blockchain, testes de transações e acesso facilitado a bibliotecas.
- Versionamento de código: O controle de versão do código-fonte será feito por meio da plataforma GitHub, possibilitando rastreamento de alterações e colaboração no desenvolvimento.
- Linguagem de programação para contratos inteligentes: Os contratos inteligentes serão desenvolvidos em linguagem Solidity, com apoio das bibliotecas da OpenZeppelin, que oferecem padrões de segurança e funcionalidades reutilizáveis.
- Blockchain local: Durante a fase inicial de desenvolvimento, será utilizada a blockchain simulada no Remix IDE. Para fins de integração com a interface web e testes de interação com o front-end, será empregada uma blockchain local executada na máquina do desenvolvedor, utilizando a ferramenta Ganache, que simula uma rede Ethereum completa para desenvolvimento e testes.
- Contratos inteligentes: Os contratos serão responsáveis por definir a lógica de negócio e as regras de movimentação dos recursos públicos, garantindo integridade, transparência e rastreabilidade das ações.
- Interface web: Será desenvolvida uma aplicação web com foco em acessibilidade e visualização intuitiva dos dados. Serão utilizadas as tecnologias HTML, CSS e JavaScript, com o framework React.
- Visualização de dados: Para a exibição gráfica das informações, serão empregadas bibliotecas como o ECharts, permitindo gerar gráficos em tempo real sobre o fluxo de recursos, distribuição setorial e comparações.

- Ambiente de testes: Os testes e validações dos contratos inteligentes serão realizados por meio do próprio Remix IDE, que fornece ferramentas nativas para simulação de transações.

### **4.3 Etapas de Desenvolvimento do Protótipo**

1. Levantamento de requisitos funcionais e não funcionais;
2. Definição da arquitetura do protótipo;
3. Modelagem e implementação do contrato inteligente;
4. Desenvolvimento da interface web para visualização das informações;
5. Integração entre front-end e blockchain;

### **4.4 Regras do Contrato Inteligente**

- Gestão de fundos: Funções para depósito e retirada de valores do contrato, controlando o armazenamento e a movimentação dos fundos.
- Distribuição de recursos: Implementação de uma função que permite distribuir os fundos automaticamente entre os setores definidos (educação, saúde, infraestrutura), com base nas porcentagens previamente configuradas.
- Configuração de percentuais: Possibilidade de definir as porcentagens de alocação dos recursos públicos para cada setor, com alterações registradas on-chain.
- Administrador: Responsável por configurar os parâmetros do contrato, ajustar as porcentagens de distribuição e cadastrar os endereços autorizados a movimentar os fundos.
- Gestores de fundos: Usuários com permissão para executar a função de distribuição dos recursos e realizar transações, respeitando os limites definidos para cada setor.
- Cadastro de permissões: Apenas o administrador poderá autorizar ou revogar permissões de endereços para atuarem como gestores.
- Execução da distribuição: A distribuição dos fundos é feita de forma automática no momento do recebimento dos valores, com base nos percentuais definidos.

### **4.5 Funcionalidades da Interface**

- Visualização de arrecadação: Exibição do total de recursos arrecadados no contrato inteligente, em tempo real ou com filtros por data (dia, mês e ano).
- Histórico de transações: Consulta detalhada de todas as transações realizadas no contrato, incluindo data, valor, endereço de origem e destino.

- Consulta por endereço: Visualização do histórico de transações associadas a um endereço específico, permitindo o rastreamento individualizado.
- Gráficos dinâmicos: Utilização de gráficos do tipo pizza, barras e linha para representar a distribuição dos recursos entre setores, comparativos entre órgãos e evolução dos valores ao longo do tempo.
- Gerenciamento de permissões: Página dedicada para listar os endereços autorizados e os setores que cada um pode acessar ou movimentar, conforme definido no contrato inteligente.
- Configuração de distribuição: Interface restrita a gestores para definir e atualizar as porcentagens de distribuição dos fundos entre os setores.

#### **4.6 Considerações Éticas**

O desenvolvimento do protótipo considera os princípios da ética em pesquisa tecnológica. Não serão utilizados dados reais, e todas as informações geradas são simuladas com o propósito de teste e validação do protótipo. O projeto visa promover a transparência e o acesso público à informação, contribuindo com iniciativas de controle social e participação cidadã.

## CRONOGRAMA

**QUADRO 1** – Cronograma de 02/2025 a 07/2025

<b>Atividades</b>	<b>Fev/2025</b>	<b>Mar/2025</b>	<b>Abr/2025</b>	<b>Mai/2025</b>	<b>Jun/2025</b>	<b>Jul/2025</b>
Escolha do Tema e Orientador	X					
Elaboração do Pré-projeto	X					
Elaboração do Primeiro Capítulo		X	X			
Elaboração do Segundo Capítulo			X	X		
Elaboração do Terceiro Capítulo				X		
Modelagem do Protótipo de Pesquisa					X	
Entrega do Projeto de Pesquisa						X
Apresentação do Projeto de Pesquisa 1						X

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

## REFERÊNCIAS

AREABITCOIN. **Blockchain: entenda de forma fácil o que é e como funciona.** 2025. Acesso em: 30 mar. 2025. Disponível em: <<https://blog.areabitcoin.com.br/o-que-e-blockchain-e-como-funciona/>>.

ELIJONAS, M. **Operação investiga desvio de 1,4 bilhão no Dnocs da Bahia.** 2024. Acesso em: 30 mar. 2025. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/operacao-investiga-desvio-de-r-14-bilhao-no-dnocs-da-bahia/>>.

FOOL, T. M. **What Is Blockchain?** 2025. Acesso em: 30 mar. 2025. Disponível em: <<https://www.fool.com/terms/b/blockchain/>>.

GOVBR. **Governo começa a utilizar o blockchain na emissão da Carteira de Identidade Nacional.** 2023. Acesso em: 30 mar. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/governodigital/pt-br/noticias/governo-comeca-a-utilizar-o-blockchain-na-emissao-da-carteira-de-identidade-nacional>>.

KSHETRI, N.; ROGERS, R. **Registros de propriedade baseados em blockchain podem ajudar a tirar pessoas pobres da pobreza.** 2018. Disponível em: <<https://theconversation.com/blockchain-based-property-registries-may-help-lift-poor-people-out-of-poverty-98796>>.

KUNTZ, J. **Blockchain Ethereum Fundamentos de arquitetura, desenvolvimento de contratos e aplicações.** Casa do Código, 2022. Disponível em: <<https://www.casadocodigo.com.br/products/livro-blockchain-ethereum>>.

SAVIO, V. **Blockchain e Governos? Descubra como essa relação funciona!** 2020. Acesso em: 30 mar. 2025. Disponível em: <<https://voitto.com.br/blog/artigo/aplicacao-blockchain-em-governos>>.

ZIA, M.; WINTHER-TAMAKI, M.; KOVACS-GOODMAN, J.; SANCHES, B. H.; HARMALKAR, K. **Introdução à Blockchain para Governos Municipais.** itsrio, 2022. Disponível em: <<https://itsrio.org/wp-content/uploads/2022/08/Introdu%C3%A7%C3%A3o-%C3%A0-Blockchain-para-Governos-Municipais.pdf>>.