

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL – IPPUR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA PARA O DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO E SOCIAL

STELLA MARYANE DE OLIVEIRA COSTA

**OS PRINCIPAIS IMPACTOS DA TECNOLOGIA DE
BLOCKCHAIN COMO FERRAMENTA PARA MELHORAR A
GOVERNANÇA DE DADOS E A INTEGRIDADE DAS
INFORMAÇÕES NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA**

Rio de Janeiro
2023

STELLA MARYANE DE OLIVEIRA COSTA

**OS PRINCIPAIS IMPACTOS DA TECNOLOGIA DE
BLOCKCHAIN COMO FERRAMENTA PARA MELHORAR A
GOVERNANÇA DE DADOS E A INTEGRIDADE DAS
INFORMAÇÕES NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Gestão Pública para o Desenvolvimento Econômico e Social do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Gestão Pública.

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria Walkiria de Faro C. G. Cabral

Rio de Janeiro
2023

CIP - Catalogação na Publicação

C837p Costa, Stella
Os principais impactos da tecnologia de Blockchain como ferramenta para melhorar a governança de dados e a integridade das informações na administração pública / Stella Costa. -- Rio de Janeiro, 2023.
49 f.

Orientador: Maria Walkiria Cabral.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Bacharel em Gestão Pública para o Desenvolvimento Econômico e Social, 2023.

1. blockchain. 2. governança de dados. 3. administração pública. 4. integridade da informação.
I. Cabral, Maria Walkiria, orient. II. Título.

STELLA MARYANE DE OLIVEIRA COSTA

**OS PRINCIPAIS IMPACTOS DA TECNOLOGIA DE
BLOCKCHAIN COMO FERRAMENTA PARA MELHORAR A
GOVERNANÇA DE DADOS E A INTEGRIDADE DAS
INFORMAÇÕES NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Gestão Pública para o Desenvolvimento Econômico e Social do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Gestão Pública.

Aprovado em: 28/11/2023

BANCA EXAMINADORA

Maria Walkíria de Faro C. G. Cabral, D.Sc. (Orientadora)
Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional – UFRJ

Raquel Isidoro Gonçalves, M.Sc.
Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional – UFRJ

Dedico este trabalho àquela que sempre esteve ao meu lado, acreditando em cada etapa da minha jornada. O sucesso desta graduação e a transformação em minha vida são reflexos do seu apoio, amor e amizade. Josi, este marco em minha vida é para você e para o amor e confiança que você sempre me deu.

AGRADECIMENTOS

Mo júbá, Olódùmarè!

Laroyê, Èşú!

Aho bo boy, Òşùmàrè!

Ore Yêyê ô, Oşun!

Agradeço primeiramente aos Òrìşà, que sempre estiveram ao meu lado e foram a fortaleza que sustentou minha jornada, presenteando-me com a inteligência, a criatividade e a direção para trilhar os melhores caminhos.

Sou eternamente grata aos meus pais, que não só me deram a vida, mas também a inspiração e a força para buscar sempre o melhor, sonhando com horizontes mais amplos para mim.

Minhas irmãs e Taina merecem um agradecimento especial. Em meio aos desafios do desenvolvimento deste trabalho, foram os momentos de descontração, risos e carinho compartilhados com vocês que renovaram minhas energias.

À universidade, sou grata por encontrar amigos que transcenderam os limites da academia. Junior, Juliana e Luana, que nossa amizade continue sendo uma fonte inesgotável de apoio, crescimento e celebração.

Não posso deixar de expressar minha profunda gratidão à minha orientadora, Maria Walkiria, e a todo o corpo docente do curso de Gestão Pública para o Desenvolvimento Econômico e Social. A sabedoria, paciência e dedicação de vocês foram alicerces sólidos em minha formação acadêmica.

Agradeço ainda a todos os colegas e profissionais que compartilharam comigo seus conhecimentos e experiências, enriquecendo ainda mais esta caminhada.

A cada pessoa que cruzou minha trajetória durante esta etapa, seja oferecendo palavras de incentivo, *insights* valiosos ou simplesmente estando ao meu lado nos momentos mais desafiadores, minha mais profunda gratidão.

Por último, mas não menos importante, agradeço a todos os que viram em mim um potencial, mesmo quando a dúvida se instalava em meu coração. Que este trabalho seja um reflexo do amor, empenho e fé que depositaram em mim. Obrigada!

RESUMO

A presente pesquisa analisa o impacto da tecnologia *blockchain* na governança de dados e na integridade das informações no âmbito da Administração Pública. Em um mundo cada vez mais digital, o *blockchain* apresenta-se como uma solução promissora para desafios relacionados à transparência, segurança e eficiência no setor público. Este trabalho investiga a fundação e características essenciais da *blockchain*, explorando seu potencial transformador na gestão pública, em particular, seu papel em garantir a integridade das informações e otimizar a governança de dados. Mediante uma abordagem qualitativa e revisão bibliográfica, são discutidos benefícios, desafios e casos práticos de aplicação do *blockchain* em diferentes esferas da administração pública. Os resultados evidenciam o potencial disruptivo da *blockchain*, propondo uma reflexão sobre sua implementação para uma gestão pública mais transparente, segura e alinhada às demandas contemporâneas.

Palavras-chave: *blockchain*; governança de dados; administração pública; integridade da informação.

ABSTRACT

This research examines the impact of blockchain technology on data governance and information integrity within the public administration domain. In an increasingly digital world, blockchain emerges as a promising solution to challenges related to transparency, security, and efficiency in the public sector. This study delves into the foundational and essential attributes of blockchain, exploring its transformative potential in public management, particularly its role in ensuring information integrity and optimizing data governance. Through a qualitative approach and literature review, the benefits, challenges, and practical application cases of blockchain across various realms of public administration are discussed. The findings underscore the disruptive potential of blockchain, proposing a reflection on its effective implementation for a more transparent, secure, and contemporary-aligned public management.

Keywords: blockchain; data governance; public administration; information integrity.

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 | <i>Blockchain</i>, governança e integridade | 12 |
| 2.1 | Criptografia: história e conceito | 12 |
| 2.2 | Protocolo bitcoin: entendendo a tecnologia blockchain | 13 |
| 2.3 | Governança de dados e integridade das informações | 18 |
| 3 | IMPACTOS DO USO DE BLOCKCHAIN NA GOVERNANÇA DE DADOS..... | 22 |
| 3.1 | Transparência e rastreabilidade | 22 |
| 3.2 | Descentralização e controle de acesso..... | 22 |
| 3.3 | Segurança e confidencialidade dos dados e informações..... | 23 |
| 3.4 | Eficiência na gestão de dados | 25 |
| 4 | IMPACTOS DO USO DE <i>BLOCKCHAIN</i> NA INTEGRIDADE DAS INFORMAÇÕES | 27 |
| 4.1 | Imutabilidade e inviolabilidade | 27 |
| 4.2 | Redução de fraudes e manipulação de dados..... | 28 |
| 4.3 | Autenticação e validação de documentos | 28 |
| 4.4 | Melhoria na tomada de decisões baseadas em dados | 30 |
| 5 | APLICAÇÕES DE <i>BLOCKCHAIN</i> NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA | 32 |
| 5.1 | Gerenciamento de dados no âmbito da saúde pública..... | 32 |
| 5.2 | Gestão de contratos e licitações | 34 |
| 5.3 | Arrecadação de tributos | 36 |
| 5.4 | Outros casos de sucesso | 37 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 39 |
| | REFERÊNCIAS..... | 41 |

1 INTRODUÇÃO

A globalização das redes de computadores e das tecnologias da informação se consolidou como uma realidade incontestável (Weiser, 1991). A era digital, um fenômeno sem precedentes que sucedeu à era industrial, provocou uma transformação profunda na forma como as informações são transmitidas e compartilhadas (Rodrigues; Bechara; Grubba, 2020). Devido aos avanços tecnológicos, os fluxos informacionais se aceleraram, tornando a comunicação mais rápida e abundante. As pessoas passaram a se agrupar em torno de temas de interesse de maneira mais organizada e racional, criando um ambiente propício para inovações disruptivas e para a evolução das relações entre sociedade e governo (Christensen *et al.*, 2018)

Nesse contexto, a sociedade, consciente de seus direitos e responsabilidades, moldada pela revolução digital e o fácil acesso à informação, organiza-se para exigir um governo capaz de atender às demandas dos cidadãos de forma ágil e assertiva. A adaptação às inovações tecnológicas torna-se essencial para aprimorar a gestão de recursos públicos, a prestação de serviços e a tomada de decisões baseadas em dados.

Dentro desse cenário, o *blockchain* surge como uma das tecnologias mais promissoras, com potencial para revolucionar a governança de dados e assegurar a integridade das informações na administração pública. Esta inovação revolucionária é caracterizada por suas propriedades fundamentais, como descentralização, imutabilidade e segurança (Bhushan *et al.*, 2020; Thommandru; Chakka, 2023).

Desde seu surgimento, a tecnologia *blockchain*, originalmente desenvolvida para o Bitcoin, agora encontrou aplicações em diversos setores, incluindo o público, demonstrando seu potencial disruptivo e transformador no gerenciamento e compartilhamento de informações.

Com a capacidade de eliminar intermediários e garantir a rastreabilidade das transações, a *blockchain* oferece uma solução robusta para mitigar fraudes, aumentar a responsabilidade e fortalecer a confiança entre os cidadãos e o governo. Além disso, sua aplicação em áreas como gerenciamento de identidade, registro de propriedades, contratos inteligentes e votação eletrônica tem potencial para transformar a maneira como os serviços públicos são prestados e as decisões são tomadas, contribuindo

para uma administração pública mais eficiente e transparente (Bhushan *et al.*, 2020; Thommandru; Chakka, 2023).

Diante do exposto acima, o propósito deste trabalho é examinar os impactos mais significativos do emprego das tecnologias de *blockchain* como meio de aperfeiçoar a governança de dados e a integridade das informações no âmbito público. A importância do tema reside na necessidade de explorar os efeitos do uso da *blockchain* no contexto da administração pública, considerando os desafios e possibilidades que essa inovação oferece ao setor.

A análise dessa questão é essencial devido ao potencial da *blockchain* em otimizar a eficiência na gestão de recursos públicos, ampliar a transparência e permitir maior fiscalização social das atividades governamentais (Moura; Brauner; Janissek-Muniz, 2020). Ao fornecer processos mais seguros e confiáveis, a *blockchain* também tem o potencial de diminuir consideravelmente a ocorrência de fraudes e corrupção, colaborando na criação de um ambiente governamental mais honesto e ético (BNDES, 2019).

Neste contexto, avaliar os impactos e implicações dessa tecnologia emergente é crucial para identificar oportunidades de aplicação e enfrentar desafios, promovendo uma administração pública mais eficaz, transparente e atenta às necessidades da sociedade.

Esse estudo encontra relevância por se propor, entender e avaliar os impactos das tecnologias de *blockchain* na administração pública, considerando a crescente exigência por mais transparência, eficiência e integridade das informações governamentais.

Em uma sociedade que demanda cada vez mais o uso apropriado de recursos públicos e a entrega de serviços de qualidade, é essencial investigar soluções inovadoras capazes de enfrentar os desafios presentes e futuros do setor público. A adoção dessas inovações possui o potencial de promover avanços significativos na eficiência, transparência e segurança dos processos, além de reduzir burocracias e custos (Moura; Brauner; Janissek-Muniz, 2020).

Assim, o estudo do *blockchain* e suas possíveis aplicações no âmbito público torna-se primordial para o progresso da gestão pública e o aperfeiçoamento das relações entre governo e sociedade.

Este trabalho tem como objetivo geral compreender os impactos mais significativos do uso das tecnologias de *blockchain* como instrumento para aprimorar a governança de dados e a integridade das informações no setor público.

Buscou-se relacionar *blockchain*, governança de dados e integridade da informação, examinar os benefícios e desafios mais relevantes na adoção dessas tecnologias para otimizar a governança de dados e a integridade das informações no contexto público e analisar casos de uso existentes em que essas tecnologias foram aplicadas na administração pública.

Para alcançar os objetivos propostos, foi realizada um estudo exploratório, com base em uma revisão bibliográfica sistemática e crítica da literatura científica e acadêmica, bem como de documentos governamentais e relatórios de organizações relevantes.

A metodologia deste trabalho baseou-se em uma abordagem qualitativa, a fim de compreender e analisar os principais impactos do uso de tecnologias de *blockchain* na administração pública. A revisão permitiu a identificação e discussão de conceitos fundamentais, benefícios, desafios e casos de uso do *blockchain* na governança de dados e integridade das informações. Além disso, foi realizada uma análise dos impactos políticos, econômicos e sociais do uso de *blockchain* no setor público, utilizando-se de exemplos e estudos de caso concretos.

Essa abordagem possibilitou uma compreensão aprofundada dos efeitos das tecnologias de *blockchain* na administração pública e contribuiu para o debate sobre sua aplicação efetiva na melhoria da governança e integridade das informações.

Para tanto, no capítulo 1 é feita uma introdução sobre o cenário atual da tecnologia e a revolução digital. No capítulo 2, são explorados os fundamentos do *blockchain*, a história da criptografia e a compreensão do protocolo Bitcoin como precursor dessa tecnologia.

No capítulo 3, os impactos diretos do uso de *blockchain* na governança de dados são discutidos, abordando temas como transparência, rastreabilidade, descentralização e segurança. Aborda-se a importância desses impactos na melhoria da prestação de serviços públicos e como eles podem ser utilizados para otimizar a gestão pública.

O capítulo 4 se dedica a entender os efeitos do uso de *blockchain* na integridade das informações. Conceitos como imutabilidade, redução de fraudes,

autenticação e validação de documentos são aprofundados. Esse capítulo também analisa como o uso de *blockchain* pode influenciar na tomada de decisões mais assertivas na administração pública.

O capítulo 5 traz à discussão aplicações práticas do *blockchain* na administração pública, apresentando aplicações e exemplos em diferentes áreas como saúde, gestão de contratos e arrecadação de tributos. Esse capítulo ilustra o potencial da *blockchain* e mostra como diferentes governos ao redor do mundo estão se beneficiando de suas aplicações.

Finalmente, no capítulo 6, são apresentadas as considerações finais, recapitulando os principais pontos discutidos e refletindo sobre os desafios e oportunidades para a administração pública.

Acredita-se que este trabalho contribuirá significativamente para o campo acadêmico ao fornecer uma visão ampla e detalhada sobre o potencial disruptivo da *blockchain* na administração pública. Espera-se que os *insights* aqui apresentados possam inspirar gestores públicos, pesquisadores e demais interessados a explorar e implementar soluções inovadoras para melhorar a gestão e os serviços prestados à sociedade.

2 BLOCKCHAIN, GOVERNANÇA E INTEGRIDADE

A *blockchain*, como estrutura de dados, é frequentemente elogiada por sua capacidade de revolucionar a governança e assegurar a integridade das transações. Em sua essência, a *blockchain* é uma estrutura de dados que mantém o registro de transações de maneira descentralizada e segura. Uma das pedras angulares dessa segurança e integridade é a criptografia. Dessa forma, a fim de compreender adequadamente a tecnologia de *blockchain* e seus conceitos subjacentes, é essencial abordar, inicialmente, o conceito de criptografia, já que as raízes da tecnologia *blockchain* estão em sistemas criptográficos (Bashir, 2017). Nesta seção, será explorada a relação intrínseca entre a criptografia e a tecnologia *blockchain*, começando por uma visão geral da primeira e sua evolução ao longo do tempo.

2.1 Criptografia: história e conceito

A criptografia tem um papel fundamental na proteção e na garantia da integridade das informações no âmbito da *blockchain*, sendo imprescindível para o funcionamento eficiente e seguro dessa inovadora tecnologia (Guimarães C.; Guimarães D.; Maciel Filho, 2022).

Desde os primórdios da civilização, a confidencialidade tem sido reconhecida como uma das bases cruciais para a proteção e segurança das informações (Kim; Solomon, 2014), assegurando que o acesso aos dados seja restrito a pessoas autorizadas. Nesse contexto, o principal objetivo da criptografia não consiste em ocultar a presença de uma mensagem, mas em resguardar seu conteúdo, significado, integridade (prevenindo modificações não autorizadas no conteúdo) e autenticidade (certificando a identidade das partes envolvidas) (Marcacini, 2002).

Originária das palavras gregas *kriptos*, que significa “oculto”, e *graphein*, que se traduz como “escrever”, a criptografia é definida, segundo Rivest (1990), como o estudo e a aplicação de princípios e técnicas voltados para a comunicação segura na presença de terceiros.

Conforme Singh (2000), a criptografia pode ser compreendida como a ciência ou arte de converter mensagens em formatos criptografados, ou códigos. Basicamente, trata-se do processo de modificar os caracteres originais de um texto, substituindo-os por outros, visando esconder seu conteúdo (Marcacini, 2002). A criptografia faz parte dos estudos voltados às comunicações sigilosas. Segundo Bugs

(2010), é fundamental que uma mensagem codificada seja mantida em segredo, permitindo que somente o remetente e o destinatário tenham acesso ao conteúdo transmitido.

A fim de atingir a confidencialidade, diversas técnicas e métodos são empregados para criptografar informações compreensíveis, convertendo-as em um texto ininteligível. Assim, mesmo que o texto seja obtido por indivíduos não autorizados, a informação nele contida permanecerá protegida. Assim, somente aqueles que possuem autorização conseguem realizar o processo reverso no texto criptografado, possibilitando a recuperação da informação original (Singh, 2001).

Com o progresso das tecnologias da informação (TI), a criptografia também experimentou uma evolução, adaptando-se ao ambiente virtual. Embora os sistemas criptográficos modernos compartilhem dos mesmos princípios e objetivos da criptografia da antiguidade (garantir a integridade e a confidencialidade da informação), sua evolução ocorre com base em cálculos de alta complexidade (Marcacini, 2002). Dessa forma, o acesso às informações criptografadas por indivíduos que não possuem a chave adequada torna-se, na maioria das vezes, inviável tecnicamente, devido ao alto poder de processamento necessário para decifrar a criptografia. Isso reforça a segurança e a confiabilidade da informação protegida por essa tecnologia (Burnett; Paine, 2002).

Tendo esclarecido o conceito de criptografia, é importante compreender como essa técnica se relaciona e se aplica à tecnologia de *blockchain*, que tem como um de seus pilares fundamentais a garantia da segurança e integridade dos dados armazenados. A criptografia possibilita a criação de um ambiente seguro e confiável para o registro e a transmissão de informações, características essenciais para o funcionamento eficiente do *blockchain* (Phemex, 2022; Guimarães C.; Guimarães D.; Maciel Filho, 2022).

2.2 Protocolo bitcoin: entendendo a tecnologia *blockchain*

A terminologia Bitcoin pode ser ambígua e motivo de confusão por poder ser utilizada para representar três conceitos diferentes. Por um lado, refere-se à plataforma de tecnologia *blockchain* que permite a transferência de valor entre duas partes sem a necessidade de um intermediário. Em outro lado, refere-se ao protocolo que executa a tecnologia *blockchain*. Esse protocolo define as regras e os

procedimentos pelos quais as transações são validadas, registradas e armazenadas na *blockchain*, determinando como os ativos são transferidos entre aqueles que participam da rede e como a segurança é mantida. Por último, e não menos importante, é utilizado para denotar uma moeda digital. Essa moeda é a primeira a ser criada utilizando a tecnologia *blockchain* e, ainda, a mais popular entre as criptomoedas. Neste trabalho, o termo Bitcoin será utilizado para se referir à moeda digital específica, enquanto o termo *blockchain* será utilizado para se referir à tecnologia e ao protocolo (Antonopoulos, 2017).

Surgindo no contexto da crise financeira americana de 2008, um período em que a confiança nas instituições foi abalada, o protocolo Bitcoin foi concebido por Satoshi Nakamoto, cuja identidade ainda é incerta, podendo ser uma única pessoa ou um grupo de idealizadores. Nesse cenário, as instituições financeiras foram prontamente estigmatizadas, levando à necessidade de um intermediário. Assim, surgiu o conceito de *peer-to-peer*, que se refere a transferências diretas e autenticadas por uma rede de computadores que não possui capacidade de acesso ao conteúdo das transações (Pierro, 2020). O projeto do protocolo Bitcoin foi, então, divulgado ao público especializado através do renomado *whitepaper* intitulado “*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*” (“Bitcoin: Um Sistema de Dinheiro Eletrônico Ponto-a-Ponto”, em tradução livre) (Antonopoulos, 2017).

A ideia de Satoshi Nakamoto tinha como objetivo criar uma alternativa descentralizada ao sistema financeiro convencional, dispensando a dependência de entidades centralizadoras. Apesar de o termo “*blockchain*” não ser mencionado diretamente no *whitepaper*, a base fundamental do Bitcoin reside no banco de dados distribuído conhecido como *blockchain* (Antonopoulos, 2017).

Essa inovação tecnológica resulta da combinação de várias tecnologias já existentes, incluindo mecanismos de consenso, redes ponto a ponto (*peer-to-peer*) e a criptografia associada às chaves públicas e privadas (Narayanan *et al.*, 2016).

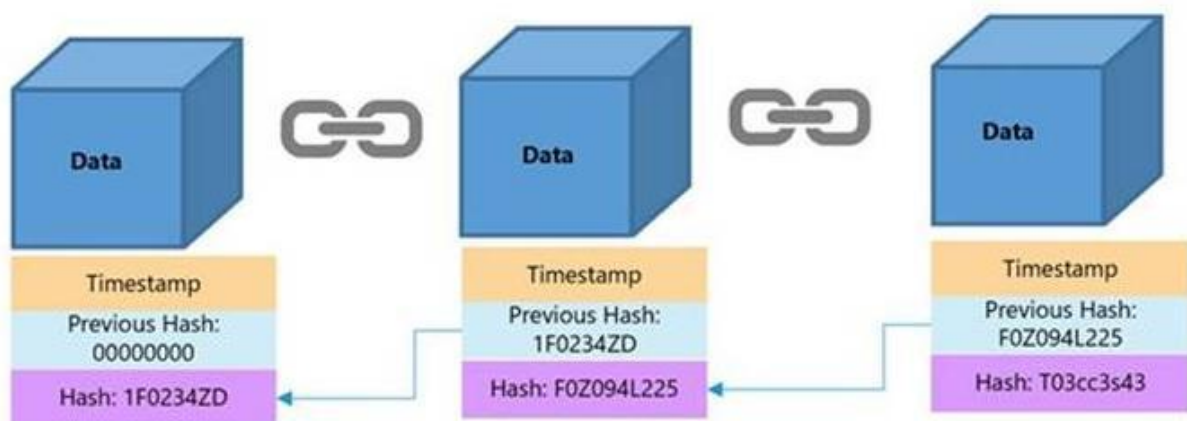
O *blockchain* é um sistema de registro distribuído (conhecido também como livro-razão ou *ledger*) que conserva informações de transações em estruturas denominadas blocos. Esses blocos estão interconectados, formando uma cadeia, tornando os registros imutáveis e apenas atualizáveis mediante consenso ou acordo entre os membros da rede. Além disso, pode ser auditada a qualquer momento, garantindo maior transparência e confiabilidade (Swan, 2015).

Conforme Pereira (2019, on-line),

Blockchain é um livro-razão (*ledger*) digital, distribuído e descentralizado que registra transações através de uma rede global de computadores onde a informação é altamente segura. *Blockchain* vem sendo definido como sinônimo de transações confiáveis e descentralizadas. (...) O *Blockchain* é um sistema transparente e verificável que mudará a maneira como as pessoas pensam sobre a troca de valor e ativos, o cumprimento de contratos e o compartilhamento de dados. A tecnologia é um registro compartilhado e seguro de transações distribuídas entre uma rede de computadores, em vez de ficar com um único provedor. As empresas estão usando *Blockchain* como uma camada de dados comum para habilitar uma nova classe de aplicativos. Agora, os processos e dados de negócios podem ser compartilhados entre várias organizações, o que elimina o desperdício, reduz o risco de fraude e cria novos fluxos de receita.

As transações em uma rede *blockchain* são organizadas em “blocos encadeados”. Quando um bloco atinge sua capacidade máxima de armazenamento sendo validado, ele é anexado ao final da cadeia. A analogia com uma corrente vem do fato de que, assim como cada elo de uma corrente é conectado ao anterior por meio de encaixe e solda, na *blockchain*, cada bloco está vinculado ao seu antecessor, chamado de bloco pai (*parent block*), através do armazenamento do *hash* desse último (Zohar, 2015; Cao *et al.*, 2023). A Figura 1 ilustra os blocos conectados em cadeia, com cada bloco contendo um conjunto de transações e um *hash* que o liga ao bloco anterior.

Figura 1 - Representação esquemática de blocos conectados em cadeia.



Fonte: Chand (2021)

De acordo com Campos (2018, p. 17),

As transações realizadas na Rede Bitcoin são processadas e registradas em um banco de dados semelhante a um livro contábil virtual, contínuo, que é o *Blockchain*, e que cada componente da rede possui uma cópia em seu computador, formando uma rede distribuída. Assim, no *Blockchain* da Rede Bitcoin é possível verificar todas as

transações já realizadas, desde a primeira em 2009, pois os registros são contínuos, públicos e rastreáveis.

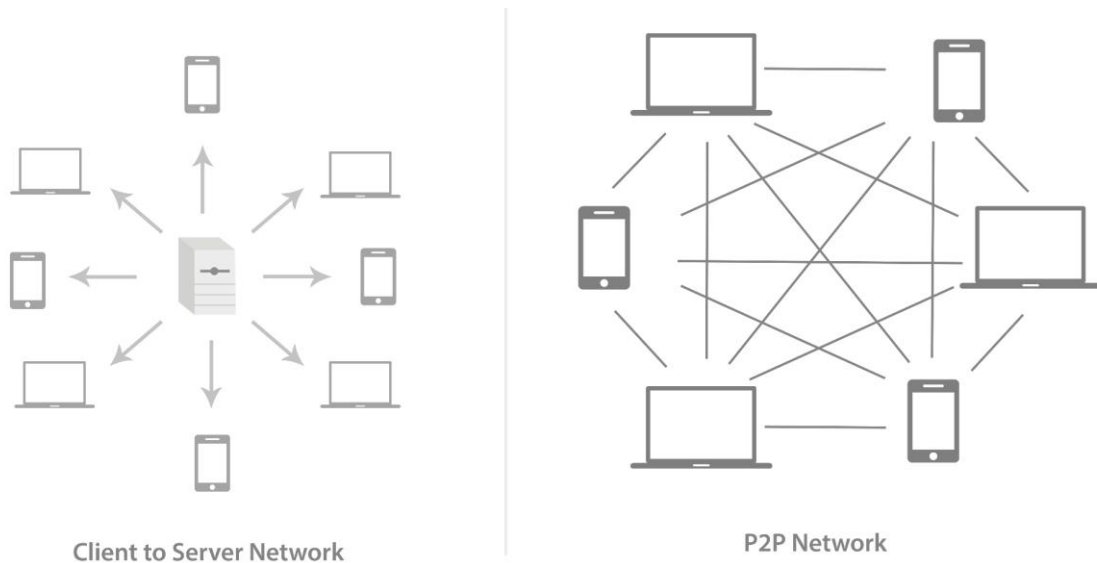
De maneira simplificada, o *hash* pode ser compreendido como um “fragmento de dados” que serve para identificar objetos digitais maiores. Ele é gerado por meio de um processo criptográfico e atua semelhantemente a uma impressão digital, por ser extremamente improvável que dois objetos digitais distintos possuam o mesmo *hash* (Aste, 2017).

Além disso, a *blockchain* não conta com um servidor centralizado, ou seja, não existe um único computador onde todos os dados estão armazenados para um usuário poder acessá-los ao se conectar à rede. Em uma arquitetura *peer-to-peer* (P2P), todos os computadores são considerados iguais, sem hierarquia entre eles. Dessa forma, cada nó (também chamado de par) possui uma cópia idêntica da *blockchain*, eliminando a necessidade de um servidor central e com todos os nós da rede cooperando para manter o registro público, buscando assegurar confiança, segurança, transparência e imutabilidade. (Ober; Katzenbeisser; Hamacher, 2013; Cao *et al.*, 2023).

O *blockchain* utiliza uma rede física, com uma arquitetura de duas camadas: infraestrutura e *blockchain*. A infraestrutura mantém a rede P2P, estabelecendo conexões por meio de comunicação com e sem fio, computação e armazenamento de dados. A camada de *blockchain* realiza funções de confiança e segurança com base na troca de informações subjacentes. Tanto a infraestrutura quanto as camadas de *blockchain* estão inter-relacionadas e interagem entre si (Cao *et al.*, 2023).

Na Figura 2, é possível observar a distinção entre redes cliente-servidor e *peer-to-peer*. Na primeira, os dispositivos se conectam a um servidor central, que coordena as comunicações. Por sua vez, nas redes *peer-to-peer*, todos os dispositivos interagem diretamente uns com os outros, sem intermediários centralizados.

Figura 2 - Comparativo entre redes cliente-servidor e *peer-to-peer*.



Fonte: Hill *et al.* (2018)

Segundo Paik *et al.* (2019), os *blockchains* têm o potencial de oferecer uma plataforma de armazenamento de dados confiável e imparcial para sistemas de *software* abrangentes que incorporam a tecnologia *blockchain* como um componente essencial. A confiabilidade e a imparcialidade são derivadas das seguintes características:

- i. **Transparência:** Em *blockchains*, os dados são acessíveis a todos na rede e públicos na internet;
- ii. **Imutabilidade:** Após anexados ao *blockchain*, dados não podem ser alterados ou excluídos;
- iii. **Consistência:** O consenso distribuído garante uma única verdade na rede;
- iv. **Direitos iguais:** Participantes têm os mesmos direitos de manipular e acessar o *blockchain*;
- v. **Disponibilidade:** Réplicas completas dos dados são hospedadas pelos participantes, garantindo a disponibilidade.

O funcionamento do *blockchain* pode ser resumido como um processo que envolve a criação de transações, as quais envolvem pelo menos duas partes interessadas. A autenticidade desses dados é verificada (Nakamoto, 2008) e a transação é enviada para um conjunto de computadores (nós) para validação. Após a verificação, a transação é combinada com outras transações, formando um bloco (Wood, 2014). Em seguida, o bloco é adicionado à cadeia de blocos existente,

utilizando um protocolo de consenso para assegurar a integridade e a segurança dos dados armazenados (Zheng *et al.*, 2017).

Existem três tipos principais de *blockchain* que podem ser identificados: público, privado e de consórcio. O *blockchain* público é aberto para todos, permitindo que qualquer indivíduo participe enviando transações e validando blocos. Por sua vez, no *blockchain* privado, o acesso à rede é restrito e controlado por uma única entidade central, que pode ser uma empresa ou uma organização governamental. Por fim, o *blockchain* de consórcio é uma combinação do público e privado. Nesse caso, um grupo seleto de entidades é responsável por controlar a validação dos blocos, mas qualquer pessoa pode participar da rede (Chandra; Liaqat; Sharma, 2019). A escolha do tipo de *blockchain* a ser utilizado deve considerar os requisitos específicos de cada caso de uso, incluindo a segurança, privacidade e governança de dados.

Em suma, a tecnologia *blockchain* pode ser entendida como um avanço tecnológico monumental com a capacidade de revolucionar a maneira como dados são gerenciados, armazenados e transferidos. Prova desse poder transformador é sua possibilidade de aplicação em diversas áreas. Além de oferecer um sistema transparente e imutável de registro de transações, fornece uma solução eficaz para problemas de confiança e segurança em ambientes digitais, pois, ao descentralizar o armazenamento de dados, a tecnologia rompe com a dependência de intermediários, oferecendo, assim, uma maior autonomia aos usuários da rede. Deste modo, a tecnologia *blockchain* emerge como um promissor catalisador para uma ampla gama de inovações disruptivas.

2.3 Governança de dados e integridade das informações

Governança de dados, conforme consta no inciso VI do art. 2º da Portaria nº 58, de 23 de dezembro de 2016, pode ser entendida como:

o conjunto de políticas, processos, pessoas e tecnologias que visam a estruturar e administrar os ativos de informação, com o objetivo de aprimorar a eficiência dos processos de gestão e da qualidade dos dados, a fim de promover eficiência operacional, bem como garantir a confiabilidade das informações que suportam a tomada de decisão (Brasil, 2016, on-line).

Por sua vez, a integridade da informação é um conceito referente à preservação das características originais dos dados e das informações, garantindo que eles permaneçam exatos, confiáveis e inalterados. A manutenção da integridade

é fundamental para assegurar que o receptor da informação tenha acesso à mensagem exatamente como foi enviada pelo emissor. Por exemplo, se o conteúdo de um e-mail é interceptado e alterado, sua integridade é considerada comprometida. Este comprometimento pode ser originado de maneira intencional ou acidental, podendo ser provocado por erros humanos, falhas de equipamentos, incompatibilidade de *software*, *bugs*, vírus, *malware*, *hacking* e outras ameaças cibernéticas (Trites, 2013).

A distinção entre os termos “dado” e “informação” é crucial para a compreensão do papel e do impacto da tecnologia da informação, em especial a *blockchain*, na governança e integridade das informações (Barbieri, 2019). Entender essa distinção de forma prática pode ser um desafio. A complexidade aumenta ao tentar estabelecer limites entre os dois conceitos, por serem profundamente interconectados. Neste trabalho, não serão utilizadas definições mais pormenorizadas. Em vez disso, será adotada a ideia de que dados representam o insumo básico para a geração de informações. Uma maneira simples de definir “dado” é como uma abstração formal que pode ser representada e transformada por um computador, conforme definido por Setzer (1999). Em outras palavras, trata-se de uma sequência de símbolos quantificáveis.

Davenport (2000), descreve os dados como sendo reflexões acerca da condição do mundo feitas por pessoas ou tecnologia. Em suma, dados são sinais não processados, sem correlação, integração, avaliação ou interpretação. É importante frisar que dados relativos a fatos econômicos e sociais só adquirem significado quando organizados, sistematizados e encaixados em esquemas de classificação, conceitos teóricos ou padrões. A informação, resultante desse processamento, torna-se útil e relevante para a tomada de decisões e para o funcionamento eficiente de processos e sistemas.

Os dados passam por diversos processos, procedimentos, transformações e aplicações, que influenciam diretamente a qualidade dos mesmos. Estes devem ser acompanhados e supervisionados para rastrear alterações ao longo de todo o procedimento, pois a má qualidade dos dados pode acarretar problemas significativos para as organizações e afetar negativamente as decisões empresariais (Ezzine; Benhlina, 2020). Nesse contexto, a governança de dados e a integridade das informações são aspectos essenciais para garantir a confiabilidade e a qualidade dos

dados, bem como garantir a segurança e a precisão das informações utilizadas em um ambiente organizacional (Barbieri, 2019).

A informação é uma interpretação contextualizada de dados ou fatos brutos, que desempenha um papel central em várias disciplinas, desde as ciências naturais até as humanas e sociais (Capurro; Hjørland, 2007). Por outro lado, a informação por si só também não carrega valor algum. O valor da informação é alcançado somente e quando ela é utilizada para apoiar decisões ou mudar a forma como indivíduos percebem o mundo (Becker, 2015).

A tecnologia da informação, em particular a blockchain, desempenha uma função relevante neste cenário, fornecendo mecanismos e protocolos que facilitam o controle eficaz, gestão e proteção dos dados e das informações. Na distinção entre blockchain e banco de dados, a blockchain é uma estrutura descentralizada e distribuída, enquanto o banco de dados tradicional é centralizado. Nessa ótica, a governança de dados facilita uma estratégia organizacional para a gestão de dados e informações, formalizando um conjunto de políticas e processos que permeiam todo o ciclo de vida dos dados, desde a sua aquisição até a sua utilização e eventual descarte. Essa estratégia não apenas incentiva o uso ético e eficiente dos dados, mas também assegura sua qualidade, exatidão, segurança e conformidade com as normativas relevantes, pois a confiabilidade dos dados é fundamental para gerar resultados analíticos de confiança, que possibilitem às organizações a tomada de decisões apropriadas (Ezzine; Benhlima, 2020).

No entanto, apenas gerenciar e governar dados não é suficiente para garantir a qualidade da informação e o sucesso de uma organização (Rêgo, 2013). Portanto, a integridade da informação é um dos pilares da governança de dados, classificada como um conceito amplo que inclui precisão, consistência, confiabilidade, efeito, integridade e segurança dos dados e informações (Barbieri, 2019). É ela quem garante a qualidade, pois dados imprecisos, inconsistentes, incompletos, inválidos ou perigosos têm o potencial de resultar em informações incorretas e, conseqüentemente, em resultados indesejados (Ezzine; Benhlima, 2020).

Posto o acima, entender a diferença entre dados e informações é essencial para implementar uma governança de dados eficaz e garantir a integridade das informações utilizadas. A tecnologia da informação, em especial o *blockchain*, tem papel importante nesse cenário, fornecendo mecanismos e protocolos que dão suporte ao controle, gerenciamento e proteção eficazes de dados e informações.

Porém, sua aplicação não é simples e requer o estudo das características e funções da tecnologia, bem como das necessidades e especificidades de cada organização.

3 IMPACTOS DO USO DE *BLOCKCHAIN* NA GOVERNANÇA DE DADOS

3.1 Transparência e rastreabilidade

Um *blockchain* é um livro-razão aberto e descentralizado, que efetivamente registra transações entre duas partes de forma verificável. Nesse contexto, a transparência emerge como elemento crucial na integração da tecnologia *blockchain*. Este grau de visibilidade é alcançado mediante à ampliação do acesso aos dados e à facilidade na verificação das transações realizadas (Hoxha; Sadiku, 2019).

No contexto do *blockchain*, a transparência pode ser associada ao fato de todas as transações na rede serem registradas em um livro-razão público, distribuído e que não pode ser modificado retroativamente sem alterar outros blocos, implicando a cooperação de todos os participantes da rede (Mougayar, 2016). Esse registro torna as transações visíveis para todos os participantes da rede ao mesmo tempo, minimizando a assimetria informacional e proporcionando maior transparência na governança de dados.

Além disso, a rastreabilidade é inerente ao *blockchain*, dado que cada bloco contém uma referência ao bloco anterior, formando uma cadeia ininterrupta de transações. Isso garante, além da possibilidade de uma transação ser rastreada até sua origem, uma visão clara e inalterável do histórico de transações (Narayanan *et al.*, 2016). Isso é particularmente útil em cenários onde seja necessário auditar ou verificar a veracidade das informações, como no setor público, por exemplo.

Em suma, a capacidade da *blockchain* de garantir transparência e rastreabilidade tem implicações diretas para a governança de dados. Em um mundo digitalmente interconectado, onde a precisão e a autenticidade dos dados são fundamentais, a *blockchain* oferece um meio robusto de garantir que os dados sejam confiáveis, consistentes e transparentes, fatores essenciais para a tomada de decisão eficaz e o gerenciamento informacional eficiente.

3.2 Descentralização e controle de acesso

A base fundamental do *blockchain* é que nenhuma autoridade central está no controle da rede, sendo a descentralização um dos benefícios oferecidos pela tecnologia.

Conforme mencionado por Bashir (2017, p. 937):

A descentralização não é um conceito novo. Ele está em uso na estratégia, gestão e governo há muito tempo. A ideia básica da descentralização é distribuir controle e autoridade para as periferias de uma organização, em vez de um corpo central estar no controle total da organização. Essa configuração produz vários benefícios para as organizações, como aumento da eficiência, tomada de decisão rápida, melhor motivação e redução da carga sobre a alta administração.

Em um sistema descentralizado, os nós não são dependentes de um único nó mestre; em vez disso, o controle é distribuído entre vários. Essa característica tem implicações significativas para a governança de dados ao poder ajudar a evitar problemas comuns associados à centralização de dados, como pontos únicos de falha e riscos de censura (Atzori, 2015).

A questão do controle de acesso é um componente vital da descentralização. Diferentemente de sistemas tradicionais, onde as permissões são determinadas por uma autoridade central, no *blockchain*, as permissões são geralmente determinadas e codificadas por meio de contratos inteligentes. Esses "*Smart Contracts*", conforme descrito por Szabo (1994), representam muito mais do que meros protocolos transacionais. São, de fato, instrumentos programáveis que podem ser ajustados para executar uma vasta gama de funções, desde a gestão automática de permissões até a condução de transações complexas.

Em síntese, a descentralização no contexto do *blockchain* promete uma gestão de dados mais segura e transparente. No entanto, é essencial que se esteja ciente dos desafios que ela pode apresentar, como a necessidade de estabelecer consensos robustos na rede ou abordar possíveis vulnerabilidades ainda presentes em sistemas descentralizados.

3.3 Segurança e confidencialidade dos dados e informações

Um dos aspectos relevantes ao se falar de sistemas da informação (SI) diz respeito à proteção e confidencialidade dos dados e informações. Na compreensão de Sêmola (2013), a segurança diz respeito à proteção dos ativos contra alterações indevidas ou a sua indisponibilidade, sendo a segurança da informação intrinsecamente relacionada à preservação da confidencialidade, integridade e disponibilidade.

Na perspectiva da administração pública, a segurança e a confidencialidade das informações são fundamentais, visto que os dados em questão podem envolver

informações sensíveis dos cidadãos, bem como detalhes críticos sobre o funcionamento do órgão governamental. Nesse aspecto, a tecnologia *Blockchain* pode significar, com suas propriedades inatas de segurança, uma melhoria em como a confidencialidade e a segurança dos dados e informações possam ser garantidos.

Em contraste com os sistemas de bancos de dados tradicionais centralizados, que apresentam uma vulnerabilidade singular — em que uma única falha pode resultar em perda ou comprometimento de dados cruciais —, o *Blockchain*, com sua estrutura distribuída e descentralizada, mantém uma cópia integral do livro-razão em cada nó da rede. Essa característica faz com que seja extremamente difícil a ocorrência de perda dos dados essenciais para a construção das informações (Nakamoto, 2008).

Por sua vez, a confidencialidade é essencialmente definida como a proteção de informações privadas, prevenindo sua divulgação não autorizada (Pfleeger C.; Pfleeger, S; Margulies, 2015). Os sistemas de segurança cibernética tradicionais garantem a confidencialidade implementando procedimentos de controle de acesso, como autenticação e autorização (Stallings, 2017). No entanto, é crucial salientar que esses mecanismos podem, ocasionalmente, ser vulneráveis a ameaças cibernéticas, abrangendo, mas não se restringindo a ataques de *phishing* e disseminação de *malware*.

Paralelamente, a tecnologia *blockchain* proporciona a salvaguarda da confidencialidade das informações (Androulaki *et al.*, 2018). Apesar da capacidade de auditoria de todos os nós da rede, a identidade dos envolvidos nas transações permanece anônima, a menos que seja explicitamente exposta. Zyskind, Nathan e Pentland (2015) exploram como mitigar essa transparência inerente do *blockchain*, empregando pseudo-identidades para realçar a privacidade.

No entanto, vale ressaltar que a tecnologia *blockchain* não é um remédio universal para todos os problemas de segurança e confidencialidade de dados. A obtenção de anonimato total é tecnicamente desafiadora; conseqüentemente, as informações armazenadas nos *blockchains* públicos mais populares são, no máximo, pseudo-anônimas. Tal condição pode levantar problemas de confidencialidade, mas, por outro lado, proporciona um caminho auditável para fins de aplicação da lei (Hilary, 2018).

Para concluir, enquanto a *blockchain* oferece avanços significativos em relação à segurança e confidencialidade dos dados, não é uma solução única. A evolução contínua das ameaças cibernéticas exige inovações constantes. Por isso, é vital

avaliar e adaptar essas tecnologias à medida que se avança para um futuro digital mais seguro.

3.4 Eficiência na gestão de dados

Em vista do progresso contínuo da potência computacional e da conectividade, uma quantidade significativa de dados está sob a administração de uma variedade de aplicações, as quais apresentam características singulares e diversificadas. Uma vasta quantidade de aplicações é orientada para dados, demandando reflexões e precauções consideráveis na gestão desses elementos informativos. É importante ressaltar que certas utilizações podem ter requisitos de dados específicos, tais como disponibilidade, integridade, transparência, auditabilidade, imutabilidade e irrefutabilidade. Essas necessidades podem ser satisfeitas via infraestruturas baseadas em *blockchain* (Moreira *et al.*, 2019).

A eficiência na gestão de dados com a tecnologia *blockchain* se destaca em vários aspectos, um dos quais é a velocidade e a precisão com que as transações de dados podem ser processadas e verificadas. Com a utilização da tecnologia *blockchain*, as trocas podem ser efetuadas no intervalo de segundos, superando a maioria das estratégias convencionais (Chowdhury *et al.*, 2021).

Deve-se destacar, ainda, que a implementação do blockchain pode reduzir significativamente os custos associados à gestão de dados, podendo, entretanto aumentar custos de infraestrutura a depender do tamanho e complexidade da rede blockchain implementada. Esta tecnologia, ao operar em uma rede descentralizada, minimiza a dependência de sistemas de TI centralizados, que podem ser dispendiosos em termos de manutenção e segurança (Ober; Katzenbeisser; Hamacher, 2013; Cao *et al.*, 2023).

No entanto, ao ser comparada a um banco de dados centralizado adequadamente configurado, uma solução baseada em *blockchain* pode apresentar um desempenho inferior, levando a taxas de processamento de transações reduzidas e latências aumentadas (Christidis; Devetsikiotis, 2016).

Adicionalmente, a imutabilidade inerente ao *blockchain* garante que os dados, uma vez inseridos no sistema, tornem-se fixos e irrevogáveis (Nakamoto, 2008). Essa característica oferece uma eficiência notável para a gestão de dados ao eliminar a necessidade de auditorias extensivas e processos de reconciliação de dados,

habitualmente necessários em sistemas convencionais para garantir a precisão dos dados (Christidis; Devetsikiotis, 2016).

Nesse sentido, o *blockchain* pode potencializar a eficiência na gestão de dados na administração pública, aprimorando o processamento de transações, reduzindo custos, assegurando a acurácia dos dados e dispensando processos de auditoria demorados, contribuindo para a melhoria do desempenho geral das instituições públicas e a qualidade dos serviços prestados aos cidadãos.

4 IMPACTOS DO USO DE *BLOCKCHAIN* NA INTEGRIDADE DAS INFORMAÇÕES

4.1 Imutabilidade e inviolabilidade

No âmbito do *blockchain*, a imutabilidade, comumente associada à irreversibilidade, é frequentemente proclamada como uma propriedade essencial. Isso significa que as transações, uma vez verificadas e gravadas com sucesso na rede *blockchain*, não podem ser alteradas ou excluídas. Essas transações possuem várias origens, podendo ser financeiras, documentos pessoais ou acordos entre diversas partes (Hackius; Petersen, 2017).

No entanto, é crucial salientar que a imutabilidade absoluta não é uma propriedade intrínseca do *blockchain*, dado que existem raros casos documentados onde os registros foram efetivamente revertidos. O exemplo mais notório é o *fork* do Ethereum em resposta ao ataque DAO (*decentralized autonomous organization*), em que uma decisão comunitária levou à reversão de transações. Entretanto, esses eventos excepcionais sempre deixam vestígios de alterações, permitindo que a estrutura do *blockchain* seja mais precisamente descrita como inviolável, em vez de estritamente imutável (Politou *et al.*, 2021).

A alteração de registros em um *blockchain*, embora tecnicamente possível, é um processo consideravelmente complexo. Esse processo requer um consenso, que só pode ser atingido se a maioria dos usuários da rede *blockchain* concordar, conforme estipulado pelo protocolo da tecnologia. Assim, a integridade dos registros é assegurada não pela identidade dos operadores do sistema, mas pelas características inerentes ao código subjacente do *blockchain* (Savelyev, 2018).

Dessa forma, a imutabilidade e a inviolabilidade estabelecem um alto grau de confiabilidade e segurança para os dados armazenados no *blockchain*. Esses são aspectos fundamentais para uma ampla gama de aplicações dessa tecnologia, abrangendo desde a gestão de registros financeiros até a verificação de acordos contratuais por indivíduos, organizações privadas ou entidades públicas. Portanto, a *blockchain* se apresenta como uma solução eficaz e segura para a manipulação e armazenamento de dados em diversas esferas da sociedade.

4.2 Redução de fraudes e manipulação de dados

Uma das questões-chave na sociedade moderna é até que ponto a informação pode ser confiável (Cavalcanti; Otero, 1997). A tecnologia *blockchain* tem se destacado como uma possível solução para abordar esse desafio. A inviolabilidade do registro, combinada com a descentralização da rede, torna extremamente difícil para qualquer parte mal-intencionada alterar ou apagar informações sem ser detectada (Savelyev, 2018).

Além disso, o controle é aumentado por meio do consenso necessário para adicionar uma transação a um bloco (Mainelli; Smith, 2015). Esse processo de consenso envolve a validação das transações por múltiplos nós da rede, resultando em maior confiança e confiabilidade dos dados (Swan, 2015). Com vários nós verificando e validando as transações, a integridade das informações é fortalecida, reduzindo as chances de fraude ou manipulação.

Cai e Zhu (2016) exploram o uso do *blockchain* como medida para reduzir fraudes, enfocando especificamente nas fraudes objetivas, caracterizadas por informações falsas injetadas por usuários do sistema e inconsistentes com a realidade. A tecnologia *blockchain* é apontada como uma abordagem promissora para mitigar esse tipo de fraude com base na garantia de privacidade.

Com a garantia da privacidade fornecida pelo *blockchain*, os usuários tendem a se sentir mais dispostos a fornecer informações condizentes com a realidade, sem a preocupação de que essas informações sejam expostas e causem inconvenientes em suas vidas pessoais (Li; Liang, 2022), incentivando uma maior honestidade e precisão nas informações compartilhadas. Como efeito, se aumenta a capacidade, em especial do setor público, da tomada de decisão com base em dados autênticos e confiáveis.

4.3 Autenticação e validação de documentos

A atual conjuntura jurídica brasileira prescreve que a validade de documentos requer sua “notarização” ou validação por uma entidade credenciada, como os cartórios, atuando como intermediários confiáveis (Neves; Cyrino; Galvêas, 2021). A fim de consolidar preceitos como autenticidade, integridade e confidencialidade de documentos digitais, foi instituída a Medida Provisória nº 2.200-2/2001, que integra a

Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira (ICP-Brasil) para assegurar a autenticidade de documentos por meio de assinaturas digitais (Haas, 2022).

No entanto, a ICP-Brasil opera de maneira centralizada, sendo dependente de uma autoridade certificadora para a autenticação documental. Enquanto isso, a *blockchain*, baseada em muitos de seus implementos mais reconhecidos em código aberto, emerge como uma opção promissora para a validação de documentos digitais devido à sua capacidade de estabelecer registros distribuídos, imutáveis e descentralizados (Nygaard; Meling; Jehl, 2019).

Outro fator relevante no cenário da transformação digital vivenciado é a crescente de documentos digitais no serviço público (Arief; Wirawan; Suprpto, 2019), que tem trazido consigo desafios relacionados à autenticidade e validação dos mesmos. O Conselho Nacional de Arquivos (CONARQ), em sua resolução de 2012, já expunha e ressaltava os perigos associados à autenticidade de documentos digitais, dado que estes podem ser facilmente alterados e adulterados. O documento afirma que, para garantir a presunção de autenticidade, torna-se indispensável a aplicação de métodos administrativos e tecnológicos que assegurem a identidade e integridade do documento (Brasil, 2012).

Ao nível de *blockchain*, a autenticidade de um documento pode ser garantida também através da assinatura digital. Considerando que a assinatura digital é um mecanismo aceito para autenticação de documentos, pode-se usar a criptografia de chave pública para garantir a integridade e autenticidade do documento, bem como a identidade do signatário (Bralić; Stančić; Stengård, 2020). Através do *hash* a cada modificação e distribuição do arquivo, é possível confirmar não apenas a integridade, mas também a autenticidade, dada a singularidade do *hash* para cada documento. Dentre as vantagens proporcionadas, destaca-se a descentralização, aceleração no processo de autenticação documental e, por não requerer validação por uma autoridade certificadora central, um potencial barateamento no processo, reduzindo taxas associadas.

Todavia, a aplicação da *blockchain* para validação de documentos ainda é incipiente no contexto brasileiro, embora a Medida Provisória nº 2.200-2/2001 disponha, em relação a assinaturas de contratos, que se as partes concordarem com a utilização de assinaturas eletrônicas, estas serão válidas e terão o mesmo valor jurídico que as assinaturas manuscritas (Brasil, 2001). Da mesma forma, o Código Civil estabelece, no artigo 107, que se não houver forma prescrita em lei, a

manifestação de vontade das partes pode ser expressa por qualquer meio, desde que inequívoca (Brasil, 2002).

Portanto, pode-se concluir que, enquanto a legislação brasileira tem se mostrado progressivamente aberta às inovações tecnológicas na autenticação de documentos e assinaturas, a incorporação plena de tecnologias emergentes, como a *blockchain*, ainda enfrenta barreiras. Seja pela falta de um entendimento mais amplo sobre suas capacidades e vantagens ou pela necessidade de desenvolver uma regulamentação e infraestrutura adequadas, a *blockchain* permanece subutilizada em seu potencial para revolucionar o cenário de autenticação de documentos no país. No entanto, à medida que a sociedade e os órgãos reguladores se familiarizam e se adaptam às novas possibilidades tecnológicas, é esperado que soluções descentralizadas e eficientes se estabeleçam, oferecendo mais transparência, segurança e eficiência ao sistema de autenticação brasileiro, estendendo-se ao âmbito público e privado.

4.4 Melhoria na tomada de decisões baseadas em dados

Lv *et al.* (2021) destacam o profundo impacto da *blockchain* no quesito de proteção de informações. Segundo os autores, a *blockchain* serve como um baluarte contra alterações indevidas e intrusões, assegurando a autenticidade e integridade dos registros.

Considerando que a transição para o digital é uma realidade incontornável e a massiva quantidade de dados gerados e catalogados a cada segundo, a segurança dessas informações torna-se imperativa, especialmente levando-se em conta a atual conjuntura onde a privacidade dos dados é um tema de grande relevância. Assim, a *blockchain* emerge como solução técnica e viável para garantir a salvaguarda dos mesmos. Conforme apontado por Rustemi, Atanasovski e Risteski (2022), a interseção de *blockchain* com *big data* e computação em nuvem é uma aliança promissora, dada sua natureza descentralizada e distribuída, que permite a criação de um ambiente seguro e confiável para o armazenamento de dados.

Pelo prisma governamental e empresarial, a *blockchain* pode ser percebida não apenas como uma tecnologia, mas como uma solução estratégica para administrar dados críticos. Ao se imortalizar dados em um *blockchain*, a capacidade de auditoria destes é ampliada, permitindo a concepção de um sistema de governança mais

eficiente com um repositório de informações transparentes e verificáveis (Cheng *et al.*, 2017).

No entanto, é preciso abordar a inovação com um olhar crítico. A tecnologia *blockchain*, apesar de sua promessa, não está isenta de desafios. Song *et al.* (2023) sugere que a arquitetura P2P descentralizada da *blockchain*, aliada à natureza heterogênea dos dados, impõe certas complexidades na análise de dados, havendo uma necessidade emergente de se desenvolver novas técnicas de análises para lidar com essas questões.

Xiaomeng *et al.* (2020) contribuem neste contexto, propondo uma técnica analítica específica para dados de *blockchain*, centrada na inspeção dos nós da rede. Em seu artigo, a técnica é aplicada ao *blockchain* do Bitcoin, fornecendo *insights* valiosos e sugerindo sua aplicabilidade potencial a outros sistemas *blockchain*, uma vez que adaptados para suas especificidades. O livro "*Blockchain Data Analytics for Dummies*", de Michael G. Solomon, é uma fonte adicional, delineando várias estratégias analíticas e metodologias específicas para a *blockchain*, adequadas para uma gama variada de cenários. Solomon destaca que a *blockchain* não apenas viabiliza acesso ampliado a dados, mas também potencializa a automação e padronização de processos (Solomon, 2020). Essa padronização promovida pela pode resultar em significativas economias de tempo, principalmente no que tange à etapa de limpeza de dados, que tradicionalmente consome uma proporção considerável do processo analítico.

Em suma, a *blockchain*, munida de suas características versáteis, desponta como uma ferramenta revolucionária no cenário de tomada de decisões sustentadas por dados. Sua capacidade de garantir segurança e confiabilidade é sem paralelo. No entanto, a importância de identificar e enfrentar os desafios associados à sua adoção não pode ser subestimada, garantindo, assim, uma implementação otimizada da tecnologia. De todo modo, a *blockchain* tem o potencial de transformar como entidades, sejam elas governamentais ou empresariais, interagem, administram e fundamentam suas decisões em dados.

5 APLICAÇÕES DE *BLOCKCHAIN* NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

A *blockchain* emerge como uma solução altamente promissora para aplicações em variados segmentos da Administração Pública. Segundo Biancolini (2018), as principais vantagens da tecnologia *blockchain* que servem aos propósitos da Administração Pública são:

- A *blockchain* atua como um repositório de informações que, uma vez inseridas, tornam-se permanentes e quase impenetráveis a intervenções indevidas.
- A tecnologia não só assegura a confidencialidade dos dados, mas também facilita sua supervisão e auditoria.
- Há potencial para automatizar processos burocráticos, particularmente quando aliada a contratos inteligentes (*smart contracts*).
- Ela viabiliza o compartilhamento de informações de forma econômica e protegida.

A partir dessas capacidades, a *blockchain* já apresenta resultados em diversos setores administrativos.

5.1 Gerenciamento de dados no âmbito da saúde pública

A incorporação da tecnologia *blockchain* na esfera da saúde pública tem despertado significativo interesse entre acadêmicos, profissionais de saúde e autoridades regulatórias. Diversas instituições governamentais, fornecedores de tecnologia da informação em saúde e desenvolvedores têm se dedicado ao estudo profundo e à análise crítica sobre a relevância e potencial aplicabilidade dessa tecnologia no setor de saúde (Šalehar, 2017).

Frente ao imperativo de tomadas de decisão clínicas que demandam o compartilhamento de dados de maneira eficaz, segura e escalonável, a *blockchain* vem sendo reconhecida como uma solução viável e promissora para facilitar a comunicação interprofissional na saúde. Zhang e Lin (2018) ressaltam que os sistemas tradicionais, muitas vezes, operam desconexamente, criando obstáculos para uma comunicação efetiva e, conseqüentemente, comprometendo a qualidade das decisões clínicas.

Adicionalmente, o entrelaçamento entre a tecnologia *blockchain* e a Internet das Coisas (IoT) tem sido alvo de estudos e implementações, revelando-se como uma

evolução significativa para o campo da saúde (Wang *et al.*, 2020). Dispositivos médicos equipados com IoT conseguem coletar e analisar dados de pacientes, otimizar procedimentos, oferecer *insights* detalhados sobre sintomatologia e tendências epidemiológicas, além de potencializar atendimentos remotos. Essas inovações convergem para uma gestão de dados em saúde mais ágil, destacando-se pela eficiência e fomento da confiança no setor (Zhang; Lin, 2018).

No espectro de inovações tecnológicas aplicadas ao domínio da saúde, a Estônia emerge como uma referência notável no emprego da tecnologia *blockchain* para gerenciamento e proteção de dados de pacientes. No contexto estoniano, uma vasta maioria dos pacientes possui seus registros médicos meticulosamente digitalizados, os quais podem ser acessados por meio de plataformas eletrônicas especializadas. Conforme apontado por Yaqoob *et al.* (2022), o país não só abraçou a digitalização de registros médicos, mas também tomou a decisão estratégica de implementar a *blockchain* com o intuito de ampliar a integridade, autenticidade e segurança dessas informações sensíveis. Essa abordagem tecnológica é projetada especificamente para reduzir e mitigar possíveis riscos associados a violações de dados e acessos não autorizados. A trajetória e o sucesso da Estônia nesse campo proporcionam um paradigma ilustrativo, demonstrando as potencialidades da *blockchain* em reforçar a eficiência operacional, fortalecer mecanismos de segurança e promover transparência no gerenciamento de dados em sistemas de saúde globais.

Outro caso recente sobre a aplicação da tecnologia *blockchain* em sistemas de saúde é o dos Emirados Árabes Unidos, cujo Ministério da Saúde e Prevenção (MoHAP) adotou proativamente uma inovadora plataforma baseada em *blockchain* com o propósito de gerenciar e armazenar dados relacionados à saúde. Essa plataforma não apenas engloba dados gerais sobre os pacientes, mas, também, detalhes pertinentes sobre as infraestruturas de saúde, profissionais médicos qualificados e registros detalhados de medicamentos prescritos e em circulação (Yaqoob *et al.*, 2022). A motivação central por trás dessa iniciativa não se limita apenas à ampliação da capacidade de armazenamento de dados. O MoHAP visa, de maneira estratégica, aprimorar substancialmente a segurança dessas informações, ao mesmo tempo que oferece um sistema mais transparente, aumentando, assim, a confiança de todos os intervenientes no ecossistema de saúde.

O acesso a dados de alta confiabilidade habilita os profissionais da saúde a fazer escolhas clínicas mais informadas, otimizando, conseqüentemente, a qualidade

do cuidado prestado e ampliando a eficiência operacional dos sistemas de saúde. Além disso, Yaqoob *et al.* (2022) enfatizam a capacidade dessa plataforma de automatizar processos e fluxos de trabalho, refletindo em uma gestão mais coesa e eficiente na área da saúde.

Em âmbito global, os desafios em saúde, tais como privacidade, excelência no atendimento e segurança da informação, têm sido objeto de intenso debate. A tecnologia *blockchain* emerge, assim, como uma resposta robusta a esses desafios, potencializando a revolução na gestão de registros médicos. No horizonte, a combinação de inteligência artificial, IoT e *blockchain* pode trazer uma nova onda de inovações, desde diagnósticos preditivos até atendimento médico personalizado, definindo, assim, o futuro da saúde digitalizada.

5.2 Gestão de contratos e licitações

A gestão de contratos e licitações assume uma posição central na administração pública. Trata-se de um domínio marcado pelo tráfego de vastas quantias monetárias e a presença de múltiplos *stakeholders*. Esses processos requerem uma transparência irrepreensível e integridade de alto padrão. Neste contexto, a tecnologia *blockchain* surge como uma solução inovadora, proporcionando meios seguros e eficazes. Conforme a Estratégia Nacional de Combate à Corrupção e à Lavagem de Dinheiro (ENCCLA), em 2020, o *blockchain* tem potencial não só para prevenir, mas, também, para detectar práticas corruptas. Essa tecnologia impulsiona a criação de soluções governamentais que ressaltam a transparência, confiabilidade e rastreabilidade, pilares essenciais no combate à corrupção e lavagem de dinheiro.

A recente Lei nº 14.133/2021, de Licitações e Contratos Administrativos, enfatiza a necessidade da digitalização dos trâmites, reconhecendo as vantagens da informatização nas licitações. Segundo o art. 12, inciso IV, da mencionada lei, "os atos devem ser prioritariamente digitais, facilitando sua produção, comunicação, armazenamento e validação eletronicamente" (Brasil, 2021, on-line).

Cardoso, Cerqueira e Andrade (2021), em suas análises, argumentam que o *blockchain* tem o poder de assegurar integridade e transparência ao longo de todo o processo licitatório. Desde o anúncio do edital até a concretização do contrato, a presença dessa tecnologia é um diferencial.

Um exemplo palpável dessa tecnologia em ação é o aplicativo SOL (Solução Online de Licitação). Desenvolvido pelos estados da Bahia e Rio Grande do Norte, o SOL visa otimizar os procedimentos licitatórios para instituições beneficiárias de programas como Bahia Produtiva e Governo Cidadão. O aplicativo não só viabiliza licitações para aquisição de bens e serviços, como também abre espaço para fornecedores de todo o país submeterem propostas e acompanharem resultados. A fundação do SOL em tecnologia de código aberto, combinada com o *blockchain*, garante um processo licitatório transparente e íntegro (SOL, 2019).

Dentro deste ecossistema, associações e cooperativas conduzem todas as suas aquisições pelo SOL, que registra digitalmente cada detalhe. Os dados, por sua vez, são gravados em um *blockchain* hospedado nos servidores da Bahia e Rio Grande do Norte, assegurando sua imutabilidade. Qualquer tentativa de alterar esses registros é prontamente identificada, potencializando a transparência e segurança na revisão das operações (SOL, 2019).

Os indicativos de sucesso do SOL são evidentes: com mais de 1300 fornecedores registrados, mais de 900 organizações beneficiadas e um montante superior a 20 milhões de reais em licitações finalizadas até 2023, conforme dados oficiais da plataforma (SOL, 2019).

Dando continuidade à discussão, a análise do artigo “Por que o *Blockchain* vai acabar com as licitações, para o bem!” revela o imenso potencial do *blockchain* no contexto das licitações. Sua capacidade de consolidar informações de variadas entidades públicas em um sistema unificado poderia agilizar significativamente a verificação da habilitação dos licitantes. Além disso, os contratos inteligentes, ou *smart contracts*, poderiam automatizar diversas fases, desde a análise de propostas até a seleção do vencedor. Na fase de contrato, esses *smart contracts* poderiam ser empregados para ajustes automáticos, prorrogações e aditivos contratuais (Biancolini, 2018).

Em face de todas as evidências apresentadas, pode-se afirmar que a integração da tecnologia *blockchain* na gestão de contratos e licitações representa um marco transformador para a administração pública. Essa tecnologia não apenas amplifica os níveis de transparência e integridade exigidos nestes processos, mas também fortalece a confiança da sociedade nas operações governamentais. Ao alavancar o *blockchain*, é possível combater efetivamente a corrupção, garantir

práticas justas e otimizar procedimentos, resultando em uma administração mais eficiente e transparente.

5.3 Arrecadação de tributos

A gestão competente dos recursos públicos é de suma importância para assegurar a oferta de serviços de alta qualidade para a população de uma nação. Esses serviços, intrinsecamente ligados às despesas do governo, requerem mecanismos de financiamento sólidos e consistentes, dentre os quais a tributação emerge como primordial. No entanto, a arrecadação de tributos, embora indispensável, enfrenta uma miríade de desafios, tanto de natureza financeira quanto logística. Portanto, a incessante busca pela otimização da eficácia do sistema tributário, juntamente com a minimização dos custos associados, constitui um componente vital na jornada para uma administração pública mais ágil e atenta às demandas da população (Correia Neto; Afonso; Fuck, 2019).

Neste trabalho, procurou-se explorar amplamente o potencial revolucionário do *blockchain*, indo além das criptomoedas, sua aplicação mais conhecida. Contudo, seria negligente não sublinhar a magnitude e relevância das criptomoedas no ecossistema *blockchain*. Desde a sua concepção e ascensão inicial, as criptomoedas têm servido como um exemplo vívido das vastas oportunidades que o *blockchain* oferece a diversos segmentos, com um destaque especial para os setores financeiro e tributário, revelando-se como uma ferramenta inovadora, com potencial para redefinir e otimizar sistemas de tributação (Demirhan, 2019).

Um episódio emblemático dessa fusão entre *blockchain*, criptomoedas e tributação foi materializado no Rio de Janeiro. Pioneira na iniciativa, a metrópole carioca adotou criptomoedas como uma forma válida de pagamento do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU). Para implementar tal inovação, a administração municipal estabeleceu colaborações com empresas especializadas, capazes de realizar a conversão de cripto ativos para o real brasileiro, assegurando, assim, a integralidade dos valores tributados. Esta iniciativa progressista não só posiciona o Rio de Janeiro como um líder em inovação financeira e tributária, mas também proporciona aos cidadãos cariocas um método de pagamento contemporâneo e flexível, refletindo uma visão moderna de governança (Prefeitura do Rio De Janeiro, 2022).

Esse é um caso de como a tecnologia pode moldar profundamente como os impostos são administrados e coletados no Brasil. Embora já tenham ocorrido transformações marcantes com *softwares* modernos, o potencial disruptivo da tecnologia *blockchain* continua emergindo. Quando aplicada ao cenário tributário, particularmente em impostos sobre valor agregado, como o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) brasileiro, a *blockchain* promete simplificar e tornar mais transparentes os processos complexos existentes. Considerando que o Banco Mundial observou que a burocracia tributária custa mais ao Brasil do que os próprios impostos, soluções tecnológicas como *blockchain* podem trazer economias significativas. A aplicação dessa tecnologia ao ICMS poderia permitir cálculos automáticos e transferências instantâneas, eliminando a necessidade de múltiplos processos burocráticos. Isso seria particularmente benéfico em um país como o Brasil, onde existem milhões de regras fiscais. Mundialmente, países como Luxemburgo e China estão explorando ativamente a *blockchain* para fins tributários (Araújo, 2018).

Assim, ao se avaliar a paisagem da arrecadação de tributos, evidencia-se que a adoção de inovações tecnológicas, como a *blockchain*, torna-se propícia. Afinal, a tecnologia *blockchain*, com sua capacidade de armazenar e compartilhar dados seguramente e de forma descentralizada, pode ser aplicada em uma ampla gama de cenários tributários, desde a coleta de impostos até a administração de registros. Além disso, a *blockchain* pode ser utilizada para aprimorar a transparência e a eficiência dos processos tributários, reduzindo a burocracia e os custos associados. O exemplo pioneiro do Rio de Janeiro evidencia haver um caminho viável para a incorporação de criptomoedas e *blockchain* na administração tributária.

5.4 Outros casos de sucesso

Compartilhamento de Dados: A rede bConnect é um ótimo exemplo, sendo uma ferramenta de colaboração que facilita a troca de informações entre nações do Mercosul. Com o uso da *blockchain*, ela garante a autenticidade e proteção das informações de empresas exportadoras (Serpro, 2019).

Gestão e Responsabilidade: Há também a Plataforma de Integração de Informações das Entidades Reguladoras (PIER), criada pelo Departamento de Tecnologia da Informação do Bacen. Através da *blockchain*, a PIER melhorou a troca

de informações entre órgãos, tornando o processo mais transparente e rastreável (BCB, 2020).

Aviação: A Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) inovou com o "Diário de Bordo", que, ao usar contratos inteligentes, registra desde dados de aviões até manutenções realizadas. Tudo pode ser confirmado pelos aeronautas, e a Anac ainda proporciona integração via *Application Programming Interface* (API) (Gusson, 2021).

Combate à Corrupção e Direitos de Propriedade: Destaca-se a aplicação Bitland, que objetiva a luta contra a corrupção e a legitimação da propriedade. Em teste na cidade de Kumasi, em Gana, visa permitir o registro de títulos de propriedade de forma transparente e duradoura (Aitken, 2016).

Certificado Digital: A Geórgia implementou *blockchain* para fornecer certificados digitais de propriedade. A solução agilizou o processo e ainda ofereceu mais segurança e transparência (Smerkis, 2017).

Verificação de Credenciais Acadêmicas: Malta optou pela *blockchain* para validar credenciais acadêmicas, usando o Blockcerts. Com essa solução, as credenciais são facilmente verificáveis e os cidadãos controlam quem tem acesso aos seus registros acadêmicos (Althausen, 2017).

A este passo, já se deve estar claro a necessidade de a atividade pública ser pautada na transparência e publicidade das informações, bem como na garantia da segurança dos dados em seu poder. Além disso, é essencial que se possua instrumentos eficazes no combate a fraudes e práticas corruptas. Ao analisar os casos citados, percebe-se que a aplicação da *blockchain* transcende fronteiras e setores, demonstrando sua versatilidade e potencial transformador.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço tecnológico das últimas décadas trouxe consigo a necessidade de reinventar e otimizar diversos setores da sociedade, e o setor público não é uma exceção. Diante desse cenário, a tecnologia *blockchain* surge como uma resposta promissora para os desafios da governança de dados e integridade das informações na administração pública.

Ao longo deste trabalho, foi estabelecida uma fundação teórica sobre a história e conceito da criptografia, dando um foco especial ao protocolo Bitcoin, como marco inicial e ilustrativo da tecnologia *blockchain*. Consequentemente, foi possível identificar o entrelaçamento do *blockchain* com a governança de dados e a necessidade de assegurar a integridade das informações em um ambiente cada vez mais digitalizado.

O estudo sobre os impactos do uso de *blockchain* na governança de dados destacou a potencialidade da transparência, rastreabilidade, descentralização e a segurança proporcionada pela tecnologia. Adicionalmente, a eficiência na gestão de dados oferecida pelo *blockchain* promete ser uma solução para os desafios burocráticos tradicionais do setor público.

Ao se voltar para a integridade das informações, a imutabilidade e inviolabilidade são elementos cruciais oferecidos pelo *blockchain*. Estes, juntamente com a redução significativa de fraudes e a capacidade de autenticação de documentos, conduzem a um ambiente de decisões mais informadas e, consequentemente, mais acertadas.

As aplicações apresentadas, abrangendo desde o gerenciamento de dados na saúde pública até a arrecadação de tributos, ilustram de forma prática como a tecnologia *blockchain* é adotada e os resultados positivos emergentes destas aplicações. Estes exemplos tangíveis reforçam o argumento de que o *blockchain* não é apenas uma tecnologia teórica, mas uma ferramenta prática e eficaz na transformação da administração pública.

No entanto, é imperativo reconhecer as limitações e desafios que permeiam a adoção da *blockchain* no setor público. Primeiramente, a implementação dessa tecnologia requer uma infraestrutura tecnológica robusta e a capacitação dos profissionais envolvidos, implicando em custos iniciais significativos. Ademais, questões relativas à interoperabilidade entre diferentes sistemas de *blockchain* e a

integração com sistemas legados ainda representam barreiras significativas. Também é relevante mencionar os desafios regulatórios, uma vez que a descentralização intrínseca à *blockchain* pode entrar em conflito com as estruturas centralizadas tradicionais da administração pública. Além disso, a resistência cultural e a falta de entendimento completo sobre a tecnologia são obstáculos adicionais que devem ser superados. Logo, enquanto os benefícios da *blockchain* são claros e potencialmente transformadores, sua adoção integral exige uma abordagem ponderada, considerando os desafios operacionais, técnicos e culturais intrínsecos à sua implementação no contexto governamental.

Em última análise, as considerações levantadas neste trabalho reforçam a relevância e a urgência da adoção da tecnologia *blockchain* pela administração pública. Os desafios são evidentes, tanto legais como regulatórios, mas as oportunidades e benefícios são vastos e promissores. A implementação bem-sucedida do *blockchain* tem o potencial de remodelar a governança de dados e assegurar a integridade das informações, conduzindo a uma administração pública mais transparente, eficiente e confiável.

REFERÊNCIAS

- AITKEN, R. **Bitland's African Blockchain Initiative Putting Land On The Ledger**. 2016. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/rogeraitken/2016/04/05/bitlands-african-blockchain-initiative-putting-land-on-the-ledger/?sh=1772a74c7537>. Acesso em: 8 set. 2023
- ALTHAUSER, J. **Malta faz teste piloto de sistema de registro de certificado acadêmico baseado em Blockchain**. 2017. Disponível em: <https://br.cointelegraph.com/news/malta-pilots-blockchain-based-academic-certificate-recording-system>. Acesso em: 8 set. 2023.
- ANDROULAKI, E.; BARGER, A.; BORTNIKOV, V.; CACHIN, C.; CHRISTIDIS, K.; CARO, A.; ENYEART, D.; FERRIS, C.; LAVENTMAN, G.; MANEVICH, Y.; MURALIDHARAN, S.; MURTHY, C.; NGUYEN, B.; SETHI, M.; SINGH, G.; SMITH, K.; SORNIOTTI, A.; STATHAKOPOULOU, C.; VULKOLIC, M.; COCCO, S. W.; YELICK, J. **Hyperledger fabric: a distributed operating system for permissioned blockchains**. *In: Proceedings of the thirteenth EuroSys conference, 30, 2018, Porto. Anais [...].* New York: Association for Computing Machinery, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1145/3190508.3190538>.
- ANTONOPOULOS, A. M. **Mastering Bitcoin: Programming the Open Blockchain**. 2 ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2017.
- ARAÚJO, M. T. **Tecnologia blockchain pode mudar a forma como pagamos tributos**. 2018. Disponível em: <https://www.sedep.com.br/artigos/tecnologia-blockchain-pode-mudar-a-forma-como-pagamos-tributos/>. Acesso em: 9 set. 2023.
- ARIEF, A. T.; WIRAWAN, W.; SUPRAPTO, Y. K. **Authentication of Printed Document Using Quick Response (QR) Code**. *In: International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA), Surabaya, Indonesia, 2019.* p. 228-233. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISITIA.2019.8937084>.
- ASTE, T.; TASCA, P.; DI MATTEO, T. **Blockchain Technologies: The Foreseeable Impact on Society and Industry**. **IEEE Computer**, v. 50, n. 9, p. 18-28, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/MC.2017.3571064>.
- ATZORI, M. **Blockchain Technology and Decentralized Governance: Is the State Still Necessary?** **SSRN Electronic Journal**, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2709713>.
- BARBIERI, C. **Governança de dados: práticas, conceitos e novos caminhos**. 1 ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.
- BASHIR, I. **Mastering Blockchain: Deeper insights into decentralization, cryptography, Bitcoin, and popular Blockchain frameworks**. 1 ed. Birmingham: Packt Publishing, 2017.

BCB - Banco Central Do Brasil. **Plataforma que usa blockchain para autorizações no sistema financeiro entra em funcionamento**. 2020. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/detalhenoticia/431/noticia>. Acesso em: 8 set. 2023.

BECKER, J. L. **Estatística básica**: transformando dados em informação. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

BHUSHAN, B.; KHAMPARIA, A.; SAGAYAM, K. M.; SHARMA, S. K.; AHAD, M. A.; DEBNATH, N. C. Blockchain for smart cities: A review of architectures, integration trends and future research directions. **Sustainable Cities and Society**, v. 61, e102360, 2020.

BIANCOLINI, A. **Por que o Blockchain vai acabar com as licitações, para o bem!**. 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/64929/por-que-o-blockchain-vai-acabar-com-as-licitacoes-para-o-bem>. Acesso em: 8 set. 2023.

BNDES. **Blockchain**: especialistas discutem vantagens da tecnologia em serviços públicos e financeiros. 2019. Disponível em: <https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/detalhe/noticia/Blockchain-Especialistas-discutem-vantagens-da-tecnologia-em-servicos-publicos-e-financeiros/>. Acesso em: 5 mai. 2023.

BRALIĆ, V.; STANČIĆ, H.; STENGÅRD, M. A blockchain approach to digital archiving: digital signature certification chain preservation. **Records Management Journal**, v. 30, n. 3, p. 345-362, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1108/RMJ-08-2019-0043>.

BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406.htm. Acesso em: 02 set. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021**. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm. Acesso em: 8 set. 2023.

BRASIL. **Medida Provisória nº 2.200-2, de 24 de agosto de 2001**. Institui a Infra-Estrutura de Chaves Públicas Brasileira - ICP-Brasil, transforma o Instituto Nacional de Tecnologia da Informação em autarquia, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/antigas_2001/2200-2.htm. Acesso em: 9 jun. 2023.

BRASIL. **Portaria nº 58, de 23 de dezembro de 2016**. Dispõe sobre os procedimentos complementares para o compartilhamento de bases de dados oficiais entre órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta e as demais entidades controladas direta ou indiretamente pela União. Disponível em: <https://www.gov.br/conarq/pt-br/legislacao-arquivistica/portarias-federais/portaria-no-58-de-23-de-dezembro-de-2016>. Acesso em: 9 jun. 2023.

BRASIL. **Resolução nº 37, de 19 de dezembro de 2012**. Aprova as Diretrizes para a Presunção de Autenticidade de Documentos Arquivísticos Digitais. Disponível em: <https://www.gov.br/conarq/pt-br/legislacao-arquivistica/resolucoes-do-conarq/resolucao-no-37-de-19-de-dezembro-de-2012>. Acesso em: 02 set. 2023.

BUGS, W. **Segurança da informação**: pilares e conceitos de proteção e segurança. Informática para concursos, 2010. 17p.

BURNETT, S.; PAINE, S. **Criptografia e segurança**: o guia oficial RSA. 1 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

CAI, Y.; ZHU, D. Fraud detections for online businesses: a perspective from blockchain technology. **Financial Innovation**, v. 2, n. 20, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40854-016-0039-4>.

CAMPOS, E. M. **Criptomoedas e Blockchain**: o direito no mundo digital. 1 ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2018.

CAO, B.; WANG, Z.; ZHANG, L.; FENG, D.; PENG, M.; ZHANG, L.; HAN, Z. Blockchain Systems, Technologies, and Applications: A Methodology Perspective. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 25, n. 1, p. 353-385, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1109/COMST.2022.3204702>.

CAPURRO, R.; HJORLAND, B. O conceito de informação. **Perspectivas em ciência da informação**, v. 12, n.1, p. 148-207, 2007.

CARDOSO, H. R.; CERQUEIRA, R. S.; ANDRADE, A. B. C. A Aplicabilidade Da Tecnologia Blockchain Às Licitações Públicas. **Revista do CEJUR/TJSC**, v. 9, n. 1, e0368, 2021. DOI: <https://doi.org/10.37497/revistacejur.v9i1.368>.

CAVALCANTI, B. S.; OTERO, R. B. **Novos padrões gerenciais no setor público**: medidas do governo americano orientadas para o desempenho e resultados. Brasília: MARE/ENAP, 1997.

CHAND, M. **An Introduction To Blockchain**. 2021. Disponível em: <https://www.c-sharpcorner.com/article/an-introduction-to-blockchain/>. Acesso em: 9 set. 2023.

CHANDRA, G. R.; LIAQAT, I. A.; SHARMA, B. **Blockchain Redefining**: The Halal Food Sector. *In*: Amity International Conference on Artificial Intelligence (AICAI), 2019, Dubai. Proceedings [...]. Dubai: IEEE, 2019. p. 349-354. DOI: <https://doi.org/10.1109/AICAI.2019.8701321>.

CHENG, S.; DAUB, M.; DOMEYER, A.; LUNDQVIST, M. **Using blockchain to improve data management in the public sector**. Digital McKinsey, 2017.

CHOWDHURY, M. U.; SUCHANA, K.; ALAM, S. M. E.; KHAN, M. M. Blockchain Application in Banking System. **Journal of Software Engineering and Applications**, v. 14, n. 7, p. 298-311, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4236/jsea.2021.147018>.

CHRISTENSEN, C. M.; MCDONALD, R.; ALTMAN, E.; PALMER, J. E. Disruptive innovation: An intellectual history and directions for future research. **Journal of Management Studies**, v. 55, n. 7, p. 1043-1078, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/joms.12349>.

CHRISTIDIS, K.; DEVETSIKIOTIS, M. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. **IEEE Access**, v. 4, p. 2292-2303, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339>.

CORREIA NETO, C. B.; AFONSO, J. R. R.; FUCK, L. F. A Tributação na Era Digital e os Desafios do Sistema Tributário no Brasil. **Revista Brasileira de Direito**, v. 15, n. 1, p. 145-167, 2019.

DAVENPORT, T. H. **Ecologia da informação: por que só a tecnologia não basta para sucesso na era da informação**. 1 ed. São Paulo: Futura, 2000.

DEMIRHAN, H. **Effective Taxation System by Blockchain Technology**. In: HACIOGLU, U. *Blockchain Economics and Financial Market Innovation*. 1 ed. Cham: Springer, 2019.

EZZINE, I.; BENHLIMA, L. **Technology against COVID-19: A Blockchain-based framework for Data Quality**. In: IEEE Congress on Information Science and Technology, 6, Agadir, 2020. p. 84-89. DOI: <https://doi.org/10.1109/CiSt49399.2021.9357200>.

GUIMARÃES, C. D. P.; GUIMARÃES, G. D. P.; MACIEL FILHO, P. A. A. **Direito e Tecnologia: perspectivas e desafios de uma sociedade na era digital**. 1 ed. Seattle: Independently Published, 2022.

GUSSON, C. **Tecnologia do Bitcoin voando: ANAC autoriza uso inédito de blockchain em diário de bordo**. 2021. Disponível em: <https://br.cointelegraph.com/news/bitcoin-technology-flying-anac-authorizes-unprecedented-use-of-blockchain-in-logbook>. Acesso em: 8 set. 2023

HAAS, F. A **Possibilidade da Execução de Contratos Eletrônicos de Direito Privado Consubstanciados em Assinaturas sem a Certificação ICP-Brasil: Uma Análise da MP n. 2.200-2/2001 e suas Repercussões nas Decisões do Tribunal de Justiça de Santa Catarina e do Superior Tribunal de Justiça**. 2022. Monografia (Graduação em Direito) - Centro de Ciências Jurídicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

HACKIUS, N.; PETERSEN, M. **Blockchain in logistics and supply chain: trick or treat?**. In: Hamburg International Conference of Logistics, 23, 2017, Hamburg. Anais [...]. Hamburg: HICL, 2017.

HILARY, G. **Blockchain: Security and Confidentiality**. *Revue de la Gendarmerie Nationale*, Forthcoming, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3327248>.

HILL, B.; CHOPRA, S.; VALENCOURT, P.; PRUSTY, N. **Blockchain Developer's Guide**. 1. ed. [s.l.]: Packt Publishing, 2018.

HOXHA, V.; SADIKU, S. Study of factors influencing the decision to adopt the blockchain technology in real estate transactions in Kosovo. **Property Management**, v. 37, n. 5, p. 684-700, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/PM-01-2019-0002>.

KIM, D.; SOLOMON, M. G. **Fundamentos de Segurança de Sistemas de Informação**. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

LI, X.; LIANG, H. Blockchain solution benefits for controlling pandemics: Bottom-up decentralization, automation with real-time update, and immutability with privacy preservation. **Computers & Industrial Engineering**, v. 172, e108602, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108602>.

LV, Z.; QIAO, L.; HOSSAIN, M. S.; CHOI, B. J. Analysis of Using Blockchain to Protect the Privacy of Drone Big Data. **IEEE Network**, v. 35, n. 1, p. 44-49, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/MNET.011.2000154>.

MAINELLI, M.; SMITH, M. Sharing ledgers for sharing economies: an exploration of mutual distributed ledgers (aka blockchain technology). **Journal of Financial Perspectives**, v. 3, n. 3, p. 38-69, 2015.

MARCACINI, A. **Direito e Informática: uma abordagem jurídica sobre a criptografia**. 1 ed. Rio de Janeiro: Forense, 2002.

MOREIRA, L. O.; MARINHO, C. S. S.; MOREIRA NETO, M.; COUTINHO, E. F.; SOUZA, J. N.; MACHADO, J. C.. Oportunidades de Pesquisa para o Uso de Infraestruturas Blockchain na Gestão de Dados Distribuídos. **Revista Sistemas e Mídias Digitais (RSMD)**, v. 4, n. 1, 2019.

MOUGAYAR, W. **The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology**. 1 ed. Hoboken: Wiley, 2016.

MOURA, L. M. F.; BRAUNER, D. F.; JANISSEK-MUNIZ, R. Blockchain and a technological perspective for public administration: A systematic review. **Journal of Contemporary Administration**, v. 24, n. 3, p. 259-274, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2020190171>.

NAKAMOTO, S. **Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system**. 2008. Disponível em: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2023.

NARAYANAN, A.; BONNEAU, J.; FELTEN, E.; MILLER, A.; GOLDFEDER, S. **Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction**. 1 ed. Princeton: Princeton University Press, 2016.

NEVES, R. S.; CYRINO, R. R.; GALVÊAS, T. A. O. **Direito administrativo: novos paradigmas, tendências e realidade**. Rio de Janeiro: CEEJ, 2021.

NYGAARD, R.; MELING, H.; JEHL, L. **Distributed storage system based on permissioned blockchain**. In: ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing, 34, 2019, Limassol. Anais [...]. New York, Association for Computing Machinery: 2019. DOI: <https://doi.org/10.1145/3297280.3297544>.

OBBER, M.; KATZENBEISSER, S.; HAMACHER, K. Structure and Anonymity of the Bitcoin Transaction Graph. **Future Internet**, v. 5, n. 2, p. 237-250, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3390/fi5020237>.

PAIK, H. Y.; XU, X.; DILUM BANDARA, H. M. N.; LEE, S. U.; LO, S. K. Analysis of Data Management in Blockchain-Based Systems: From Architecture to Governance. **IEEE Access**, 7, p. 186091-186107, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2961404>.

PEREIRA, T. **O que é a tecnologia blockchain?** 2019. Disponível em: <https://blog.dsacademy.com.br/o-que-e-a-tecnologia-blockchain/>. Acesso em: 8 mai. 2023.

PFLIEGER, S. L.; PFLIEGER, C. P.; MARGULIES, J. **Security in Computing**. 5. ed. Londres: Pearson, 2015.

PHEMEX. **O que é criptografia na Blockchain: A espinha dorsal da segurança Blockchain**. 2022. Disponível em: <https://phemex.com/pt/academy/what-is-blockchain-cryptography>. Acesso em: 07 mai. 2023.

PIERRO, A. **O blockchain em contratos, licitações públicas e auditorias**. 2020. Disponível em: <https://br.lexlatin.com/opiniao/o-blockchain-em-contratos-licitacoes-publicas-e-auditorias>. Acesso em: 7 mai. 2023.

POLITOU, E.; CASINO, F.; ALEPIS, E.; PATSAKIS, C. Blockchain Mutability: Challenges and Proposed Solutions. **IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing**, v. 9, n. 4, p. 1972-1986, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/TETC.2019.2949510>.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. **Carioca poderá pagar IPTU com criptomoeda em 2023**. 2022. Disponível em: <https://prefeitura.rio/cidade/carioca-podera-pagar-iptu-com-criptomoeda-em-2023>. Acesso em: 27 set. 2023.

RÊGO, B. L. **Gestão e Governança de Dados: Promovendo dados como ativo de valor nas empresas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2013.

RIVEST, R. L. **Algorithms and Complexity**. In: LEEUWEN, J. V. Handbook of Theoretical Computer Science. Amsterdã: Elsevier Science, 1990.

RODRIGUES, H. W.; BECHARA, G. N.; GRUBBA, L. S. Era digital e controle da informação. **Revista Em Tempo**, v. 20, n. 1, p. 102-121, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26729/et.v20i1.3268>.

RUSTEMI, A.; ATANASOVSKI, V.; RISTESKI, A. **Overview of Blockchain Data Storage and Privacy Protection**. *In*: International Balkan Conference on Communications and Networking (BalkanCom), 2022, Sarajevo. Anais [...]. Sarajevo: BalkanCom, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/BalkanCom55633.2022.9900867>.

ŠALEHAR, D. **Pattern based evaluation of blockchain technology as a catalyst for business model innovation**: Exploratory research with focus on the potential implications for e-health. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência em Gestão de Tecnologia) – Universidade de Tecnologia de Delft, Delft, 2017. Disponível em: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:d0afc872-8118-4103-a162-54ecf003677b?collection=education>. Acesso em: 08 set. 2023.

SAVELYEV, A. Copyright in the blockchain era: Promises and challenges. **Computer Law & Security Review**, v. 34, n. 3, p. 550-561, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.11.008>.

SÊMOLA, M. **Gestão da segurança da informação**: uma visão executiva. 2. ed. Rio de Janeiro, GEN LTC, 2013.

SERPRO. **Bconnect Entra Em Uso No Início De 2020**. 2019. Disponível em: <https://www.serpro.gov.br/menu/noticias/noticias-2019/bconnect-uso-inicio-2020-blockchain-serpro>. Acesso em: 8 set. 2023

SETZER, V. W. Dado, Informação, Conhecimento e Competência. **DataGramZero**, v. 0, n. 0, 1999.

SINGH, S. **O livro dos códigos**. 14 ed. Rio de Janeiro: Record, 2001.

SINGH, S. **The code book**: The science of secrecy from ancient Egypt to quantum cryptography. 1 ed. New York: Anchor Books, 2000.

SMERKIS, V. **Georgia Records 100,000 Land Titles on Bitcoin Blockchain**: BitFury. 2017. Disponível em: <https://cointelegraph.com/news/georgia-records-100000-land-titles-on-bitcoin-blockchain-bitfury>. Acesso em: 8 set. 2023

SOLOMON, M. G. **Blockchain Data Analytics for Dummies**. 1. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020.

SOL - Solução Online de Licitação. **Conheça o SOL**. 2019. Disponível em: <https://www.sol-app.net/>. Acesso em: 22 out. 2023.

SONG, W.; ZHANG, W.; WANG, J.; ZHAI, L.; JIANG, P.; HUANG, S.; LI, B. Blockchain data analysis from the perspective of complex networks: Overview. **Tsinghua Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 176-206, 2023. DOI: <https://doi.org/10.26599/TST.2021.9010080>.

STALLINGS, W. **Cryptography and Network Security: Principles and Practice**. 7 ed. Harlow: Pearson Education, 2017.

SWAN, M. **Blockchain: Blueprint for a New Economy**. 1 ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2015.

SZABO, N. **Smart Contracts**. 1994. Disponível em: <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>. Acesso em: 12 jun. 2023.

THOMMANDRU, A.; CHAKKA B. Recalibrating the Banking Sector with Blockchain Technology for Effective Anti-Money Laundering Compliances by Banks. **Sustainable Futures**, v. 5, n. 2, e100107, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2023.100107>.

WEISER, M. The computer for the 21st century. **Scientific American**, p. 94-105, 1991.

TRITES, G. **Information Integrity**. American Institute of Certified Public Accountants (AICPA), 2013. 28p.

WANG, Q.; ZHU, X.; NI, Y.; GU, L.; ZHU, H. Blockchain for the IoT and industrial IoT: A review. **Internet of Things**, v. 10, e100081, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100081>.

WOOD, G. Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger. **Ethereum Project Yellow Paper**, v. 151, p. 1-32, 2014.

XIAOMENG, J.; FAN, Z.; SHENWEN, L.; JINGLIN, Y.; KETAI, H. **Data Analysis of Bitcoin Blockchain Network Nodes**. In: IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 15, 2020, Kristiansand. Anais [...]. Kristiansand: ICIEA, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICIEA48937.2020.9248092>.

YAQOOB, I.; SALAH, K.; JAYARAMAN, R.; AL-HAMMADI, Y. Blockchain for healthcare data management: opportunities, challenges, and future recommendations. **Neural Computing and Applications**, v. 34, p. 11475-11490, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05519-w>.

ZHANG, A.; LIN, X. Towards Secure and Privacy-Preserving Data Sharing in e-Health Systems via Consortium Blockchain. **Journal of Medical Systems**, v. 42, n. 140, n.p., 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10916-018-0995-5>.

ZHENG, Z.; XIE, S.; DAI, H.; CHEN, X.; WANG, H. **An Overview of Blockchain Technology**: Architecture, Consensus, and Future Trends. *In: IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress), 2017, Honolulu. Proceedings [...]. Honolulu: IEEE, 2017, p. 557-564. DOI: <https://doi.org/10.1109/BigDataCongress.2017.85>.*

ZOHAR, A. Bitcoin: under the hood. **Communications of the ACM**, v. 58, n. 9, p. 104-113, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1145/2701411>.

ZYSKIND, G.; NATHAN, O.; PENTLAND, A. **Decentralizing Privacy**: Using Blockchain to Protect Personal Data. *In: IEEE Security and Privacy Workshops, 2015, San Jose. Anais [...]. San Jose: IEEE, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/SPW.2015.27>.*