

NOVA TECNOLOGIA PARA O SISTEMA ELEITORAL BRASILEIRO: BLOCKCHAIN E TRANSPARÊNCIA

*New technology for the Brazilian electoral system: blockchain
and transparency in elections*

Daniel Rubens Cenci*

Cesar Beck**

Recebido em: 25/07/2022

Aprovado em: 22/11/2022

* Pós-Doutor em Geopolítica Ambiental Latino-americana (Universidade de Santiago do Chile – Usach). Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento (UFPR). Professor do Programa de Pós-Graduação em Direito e do curso de Graduação em Direito (UNIJUÍ). (danielr@unijui.edu.br)

** Mestre em Direito (PPGDH - UNIJUÍ). Pós-Graduado em Direito Constitucional (UCAM) e Direito Digital (UERJ/ITS Rio). (ocesarbeck@gmail.com)

Resumo

Este artigo tem como objetivo analisar em que medida a tecnologia *blockchain* pode ser utilizada para aperfeiçoar a transparência na apuração e contagem de votos das eleições brasileiras. Entende-se a *blockchain* como uma tecnologia que envolve, por sua arquitetura, transparência, resistência à mudança e auditabilidade. O sistema eleitoral brasileiro é um dos mais sofisticados do mundo e a urna eletrônica inspirou os sistemas de votação em diversos países. A hipótese que norteia este trabalho entende que essas tecnologias podem aumentar a confiança dos cidadãos no processo eleitoral, com base na transparência promovida. O trabalho propõe uma revisão bibliográfica sobre a tecnologia *blockchain* e os usos possíveis no sistema eleitoral, com foco em apurar e registrar de forma pública a contagem dos votos. As considerações finais apontam que a tecnologia *blockchain* pode ser um instrumento importante de governança digital para os brasileiros no futuro.

Palavras-chaves: *Blockchain*. Sistema eleitoral brasileiro. Transparência. Novas Tecnologias.

Abstract

This article aims to analyze to what extent blockchain technology can be used to improve transparency in the counting of votes in Brazilian elections. Blockchain is understood as a technology that involves, due to its architecture, transparency, resistance to change, and auditability. The Brazilian electoral system is one of the most sophisticated in the world, and the electronic ballot box has inspired voting systems in several countries. The hypothesis that guides this work is that these technologies can increase citizens' confidence in the electoral process, based on the transparency it promotes. The paper proposes a literature review on blockchain technology and its possible uses in the electoral system, focusing on the public tabulation and recording of the vote count. The final considerations point out that blockchain technology can be an important instrument of digital governance for Brazilians in the future.

Keywords: Blockchain. Brazilian electoral system. Transparency. New Technologies.

Introdução

O Brasil possui um dos sistemas de votação mais seguros do mundo, segundo Lima (2021) e apresenta, há mais de duas décadas, inovação e segurança para o exercício da democracia e da cidadania. A urna eletrônica brasileira é um símbolo de lisura do processo e da consolidação democrática no país. O sistema brasileiro é conhecido por apresentar celeridade não apenas para a votação, mas, sobretudo, para a apuração e contagem dos votos, que acontece no mesmo dia da votação. A celeridade na contagem e apuração dos votos é um dos elementos mais significativos do sistema eleitoral brasileiro e há poucas experiências internacionais tão ágeis. Como um empreendimento de grande magnitude, o sistema eleitoral brasileiro tornou-se referência internacional e tem como característica a busca pela confluência entre confiabilidade e adequação às novas tecnologias.

Na última década, uma das tecnologias a ganhar popularidade mundial é a tecnologia *blockchain*, que demonstra grande capacidade de rastreabilidade das operações, transparência e segurança nas transações desenvolvidas. Embora seu uso inicial tenha sido vinculado às criptomoedas, entende-se atualmente que essa tecnologia possui amplas funções e pode auxiliar em diversos processos. Internacionalmente, a tecnologia *blockchain* tem sido utilizada não apenas em operações de ordem privada, mas como um braço do acesso à cidadania, com a criação de identidades digitais via *blockchain*, aumento da transparência governamental com o uso de *blockchain* e incorporação de contratos inteligentes para transações governamentais (MOROZOV; BRIA, 2019). Outros usos potenciais são destacados por Tan, Mahula e Cromptvoets (2021), especialmente sua relevância para os serviços públicos, em setores que envolvem serviços de saúde, educação e o sistema eleitoral.

Algumas características centrais da tecnologia *blockchain* são as razões de sua popularidade e da confiança pública atual para seu uso em diversas áreas.

Entre essas categorias, destaca-se a *descentralização do sistema*, que envolve todos os computadores que participam da sustentação do bloco para prover o ambiente necessário ao desenvolvimento da operação, o que resulta em poder individual nulo para alterar dados ou legitimar ações.

A *Resiliência*, por sua vez, é uma característica que assinala a própria natureza e arquitetura da tecnologia *blockchain*, em que modificar os dados em uma operação é algo particularmente difícil e extraordinário (DE FILIPPI; WRIGHT, 2018). Essa característica, em particular, garante que o uso do sistema é seguro, porque uma parte não tem o direito de modificar informações a não ser que o próprio código que dá origem à *blockchain* permita, excepcionalmente, tal ação. Mesmo com a remota possibilidade de mudança, o mecanismo de consenso implica que a maior parte do poder computacional descentralizado que sustenta a rede aceite tal modificação.

A terceira característica da *blockchain* é a *transparência* das informações. Todas as informações contextuais de uma transação em *blockchain* estão publicamente disponíveis para visualização. Qualquer pessoa pode acessar todos os envolvidos em uma transação, o que torna a tecnologia auditável e autenticável (DE FILIPPI; WRIGHT, 2018).

Embora se reconheçam a confiabilidade e a segurança das urnas eletrônicas no Brasil, há que se considerar que uma parte dos brasileiros parece relutante com a transparência na contagem de votos, o que pode gerar certa desconfiança por parte do eleitor no resultado apurado. Isso significa que, embora, de forma geral, o brasileiro acredite na lisura do processo eleitoral e na inexistência de fraude nas urnas, há uma lacuna de transparência sobre a apuração e contagem que não é satisfatoriamente preenchida (BALBE, 2014).

Há preocupação constante por parte da Justiça Eleitoral em desenvolver ações a fim de fortalecer a confiança no processo eleitoral como um todo, com a promoção de uma série de campanhas educativas e o estabelecimento de diretrizes, boas práticas e acesso adequado do cidadão brasileiro às informações.

Ao mesmo tempo, o baixo nível educacional sobre as tecnologias, para o cidadão médio, pode significar baixa adesão no que se refere a *accountability*. A votação eletrônica pode ser particularmente opaca para a maioria das pessoas, que não podem confirmar que os seus votos foram contados corretamente. Decerto, esse cenário não inviabiliza o uso das urnas eletrônicas, só reforça a necessidade de que novas tecnologias sejam empregadas para gerar ainda mais confiabilidade sobre as votações (SALDANHA; SILVA, 2020).

Em 2018, uma pesquisa¹ da Avast revelou que 9 em cada 10 brasileiros acreditavam que a urna poderia ser violada. Atualmente, a maioria dos brasileiros confia nas urnas. Uma pesquisa do Datafolha² realizada em março de 2022 mostrou, em seu levantamento, que 82% dos eleitores confiavam nas urnas utilizadas nas eleições brasileiras. O índice sofreu um recuo em maio, caiu nove pontos em dois meses, mas confirma que 73% dos brasileiros confiam na urna eletrônica. Nesse cenário de aumento significativo da desconfiança sobre o processo eleitoral, há diversas formas de se combater a desinformação e de gerar maior confiabilidade sobre o sistema eleitoral. As novas tecnologias podem contribuir ativamente com esse empreendimento.

Este artigo tem como objetivo geral analisar a validade do uso da tecnologia *blockchain* para aumentar a transparência e a governança digital cidadã na checagem dos votos apurados, com vistas a ampliar a confiança dos cidadãos no processo eleitoral como um todo. A problemática que norteia a pesquisa pode ser traduzida da seguinte forma: em que medida a tecnologia *blockchain* pode ser útil para o sistema eleitoral brasileiro? Para responder a essa questão, em especial tendo como lócus de análise o processo de apuração e contagem dos votos, a pesquisa tem como metodologia a revisão bibliográfica, com o fito de garantir a análise adequada com base na literatura especializada, nacional e internacionalmente, no que se refere à relação entre a tecnologia e os sistemas eleitorais.

Este trabalho está dividido em três capítulos. O primeiro trata de uma revisão geral, de forma breve, do processo eleitoral brasileiro e da apuração dos votos, de maneira descritiva, para situar o estado atual do sistema eleitoral brasileiro, em especial da utilização das urnas eletrônicas. O segundo capítulo versa sobre as características da tecnologia *blockchain* em linhas gerais, assim como a validade do seu uso como parte da garantia da transparência no sistema brasileiro e, sobretudo, na confirmação da imutabilidade dos dados após a conferência, posto que a arquitetura da tecnologia

¹ CRUZ, B.S; RIBEIRO, G.F. 9 em cada 10 brasileiros acreditam que urna eletrônica pode ser violada. UOL TILT [online], 22 ago 2018. Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2018/08/22/brasileiros-nao-confiam-na-urna-eletronica-e-acham-que-ela-pode-ser-violada.htm>? Acesso em: 21 jul 2022.

² G1. Datafolha: 73% dos brasileiros confiam na urna eletrônica; número caiu em relação à última pesquisa. G1 [online], 27 mai 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/politica/eleicoes/2022/pesquisa-eleitoral/noticia/2022/05/27/datafolha-73percent-dos-brasileiros-confiam-na-urna-eletronica-numero-caiu-em-relacao-a-ultima-pesquisa.ghtml> Acesso em: 21 jul 2022.

blockchain é notadamente resistente e imutável. O terceiro e último capítulo discute a consequência de se promover dados eleitorais públicos via *blockchain* e suas repercussões no cenário acadêmico e político. A disponibilidade dos dados de forma aberta pode facilitar a compreensão das tendências políticas, do comportamento eleitoral do brasileiro e da adesão à tecnologia. Nesse sentido, o terceiro capítulo trata das “eleições do futuro”.

1 Eleições e apuração dos votos

O processo eleitoral brasileiro é regido por alguns dispositivos jurídicos importantes, como o Código Eleitoral (Lei n. 4.737/1965), que assegura o direito ao voto e o exercício dos direitos políticos, além de versar sobre a organização do processo eleitoral; há também menção ao pluralismo político na Constituição Federal de 1988 e, dentre outras leis específicas, a Lei das Eleições, de 1997, que define as normas a serem seguidas nas eleições. Para os fins deste trabalho, interessam especificamente as normas contidas na Lei 9.504, de 1997, no que se refere à apuração e contagem dos votos. A votação, assim como a totalização dos votos, deve ser feita por sistema eletrônico.

Na votação eletrônica, o cidadão vota no número do candidato ou na legenda partidária e a identificação do candidato – ou da legenda – deve aparecer no painel da urna eletrônica. Há mecanismos na utilização da urna eletrônica para impedir a alteração dos registros dos votos. A urna possui recursos para, mediante assinatura digital, permitir o registro digital de cada um dos votos e identificar em qual urna esse voto foi registrado, assim como mantém o anonimato do eleitor. No final da eleição, a urna procede para a assinatura digital do arquivo dos votos, com as informações pertinentes: registro de horário e arquivo do boletim de urna, para impedir qualquer irregularidade ao término da votação. O processo para utilização da urna é fiscalizado por técnicos indicados pelos partidos políticos, pela OAB e pelo Ministério Público (BRASIL, 1997).

Sendo assim, todos os *softwares* utilizados nas urnas, em propriedade do Tribunal Superior Eleitoral, passam por fases de especificação e desenvolvimento por instituições diretamente implicadas no processo eleitoral. Esse processo deve acontecer em até seis meses antes das eleições. Uma vez que os *softwares* são concluídos,

eles são apresentados para a análise das pessoas credenciadas que representam os partidos políticos e as coligações, e devem ser avaliados em até vinte dias antes das eleições, nas dependências do Tribunal Superior Eleitoral. Após toda a análise e conferências, são lacradas cópias dos programas-fonte e dos compilados. Em caso de suspeitas de irregularidades, os partidos políticos e coligações têm direito a fundamentar impugnação à Justiça Eleitoral, no prazo de cinco dias. Ressalta-se que há uma dinâmica de fiscalização pelos próprios partidos para sustentar a segurança e a confiabilidade das urnas (BRASIL, 1997).

A urna eletrônica contabiliza os votos e deve garantir o sigilo e a inviolabilidade do registro. Os partidos, coligações e candidatos podem fazer ampla fiscalização desse processo. No sistema eleitoral brasileiro, com a adoção da urna eletrônica, os eleitores votam por seções e só podem votar em lugares onde constam o seu nome nas folhas de votação. Uma das formas de fiscalização por parte do cidadão é um processo conhecido como Cerimônia de Votação Paralela, que consiste em uma audiência pública para demonstrar a inviolabilidade da urna. Nessa cerimônia, na véspera da eleição, urnas são sorteadas para serem verificadas. Essas urnas já estariam instaladas nos locais de votação e são conduzidas para o Tribunal Regional Eleitoral (COIMBRA, 2014).

No dia das eleições, as urnas sorteadas são submetidas às mesmas condições que a votação real que ocorre nas seções eleitorais. Cada voto é registrado em uma cédula de papel e replicado na urna eletrônica. No mesmo horário em que a votação é encerrada, há apuração das cédulas de papel e do boletim da urna verificada. Os programas carregados nessas urnas são, obviamente, idênticos aos utilizados nas urnas em que ocorrem a votação. O boletim de urna é um documento público de conferência e verificação dos votos. Eles se tornam comprovação para os resultados publicados pelo Tribunal Superior Eleitoral e estão disponíveis para conferência. No boletim de urna constam os nomes e os números dos candidatos votados (COIMBRA, 2014).

A apuração compete às juntas eleitorais nas eleições municipais, aos TREs nas eleições para governador, vice-governador, senador, deputado federal e estadual, e ao TSE, nas eleições para a presidência e vice-presidência da República. Os resultados parciais são remetidos pelas juntas eleitorais aos TREs e, posteriormente, pelos TREs ao TSE. Há três conceitos fundamentais para entender como ocorre a apuração e o cálculo dos resultados: zêresima, registro digital do voto e boletim de urna, este último explicado anteriormente.

Antes de iniciar a votação, é realizada uma impressão que lista todos os candidatos. Esse documento é chamado de zerésima e tem como objetivo demonstrar que não há votos nas urnas e que todos os candidatos regularmente registrados constam como votos zerados. Além disso, a zerésima confirma que todos os candidatos estão devidamente listados na urna. Esse procedimento é realizado pelo presidente da seção eleitoral e conta com a participação dos mesários e dos fiscais de partidos políticos; todos os presentes devem assinar o documento de relatório da zerésima para garantir que não há fraude (TSE, 2020).

A zerésima é produzida por meio de um registro digital do voto, como não há conexão da urna com a internet, há um arquivo no qual os votos de todos os eleitores são registrados. Ao final da votação, por meio de um registro digital, o boletim de urna é gerado. O boletim de urna é uma espécie de extrato dos votos que foram depositados, para cada candidato e para cada legenda, mas não há informações sobre os eleitores. Com esse documento, é possível conferir o total de votos recebidos por candidato e por partido, e o boletim informa a seção eleitoral que o emitiu, a urna e os eleitores votantes. Nesse extrato, votos brancos e nulos também são contabilizados. Além de impresso, o boletim é gravado em uma mídia, um *flashcard*, porque a urna não tem acesso à internet. As mídias são encaminhadas ao local próprio para transmissão. Em algumas localidades, como em aldeias indígenas e comunidades ribeirinhas, é feita a transmissão via satélite para o respectivo TRE. Após receber os dados, os TRES iniciam o procedimento de totalização dos votos, para posteriormente divulgá-los (TSE, 2020).

Cada boletim de urna gravado nessa mídia possui uma assinatura criptografada e é encaminhado para o Cartório Eleitoral e, posteriormente, tem os resultados encaminhados para o TRE e o TSE. Com os boletins da urna, disponíveis para os fiscais dos partidos, é possível conferir a congruência entre o resultado impresso no boletim de urna e o resultado divulgado pelo TRE. Destaca-se que os dados só são lidos nos dispositivos da Justiça Eleitoral e possuem diversas camadas de criptografia; são transmitidos, por canais próprios, ao TRE, que os reencaminha ao TSE para inclusão na totalização dos votos.

2 Blockchain eleitoral via TSE

Muitas iniciativas para implementar *blockchain* no processo eleitoral têm sido discutidas no Brasil e internacionalmente. O TSE tem realizado testes para o projeto “Eleições do futuro”,³ que consistem em soluções para aperfeiçoar as etapas do processo eleitoral e, possivelmente, permitir o e-voto. Em 2020, no primeiro turno das eleições municipais, as cidades de Curitiba (PR), Valparaíso de Goiás (GO) e São Paulo (SP) receberam demonstrações das propostas inovadoras para o sistema de votação. A Justiça Eleitoral monitorou essa etapa de testes. O projeto consiste em estudar e avaliar propostas para aperfeiçoamento do sistema. Os interessados se inscreveram através de um chamamento público, tendo sido selecionadas vinte e seis empresas, entre as quais, destacam-se aquelas que lidam diretamente com *blockchain*. Segundo o próprio TSE (2020), as urnas são seguras e auditáveis, então a ideia do projeto “Eleições do Futuro” não é conferir segurança para o processo eleitoral, mas sim aperfeiçoar as estratégias inovadoras para as eleições, sem perder a segurança no sistema de votação.

Os projetos com soluções em *blockchain*⁴ apresentados para o “Eleições do futuro” focam em implementar um sistema de votação em que o cidadão possa votar a distância, com validação via identidade digital ou escaneamento de um QR Code. Ao mesmo tempo, essas propostas das empresas IBM, Waves, OriginalMy visam permitir que o cidadão faça a confirmação dos seus votos e acesse informações gerais públicas sobre as votações. Ressalta-se que modificações sobre o voto não são permitidas em nenhuma das aplicações-protótipo.

Como destacam Rodríguez-Perez, Valletbó-Montfort e Cucurrull (2019), grande parte das iniciativas que pensam o uso de *blockchain* para sistemas eleitorais focam na etapa do ciclo eleitoral que envolve a votação em si. Essas proposições partem do princípio da rapidez e do fácil acesso do cidadão ao sistema eleitoral, com votação mediante

³ TSE. Projeto “Eleições do Futuro”: empresas farão demonstração de propostas de inovações no dia 15 de novembro. Tribunal Superior Eleitoral [online], 10 nov 2020. Disponível em: <https://www.tse.jus.br/comunicacao/noticias/2020/Novembro/projeto-201celeicoes-do-futuro201d-empresas-farao-demonstracao-de-propostas-de-inovacoes-no-dia-15-de-novembro>. Acesso em: 23 jul 2022.

⁴ EXAME. TSE testa projetos para eleições do futuro baseados em blockchain. Revista Exame [online], 16 nov 2020. Disponível em: <https://exame.com/blockchain-e-dlts/tse-testa-projetos-para-eleicoes-do-futuro-baseados-em-blockchain/> Acesso em: 23 jul 2022.

acesso à internet e afins. Essas propostas são fundamentais, mas há outras etapas do ciclo eleitoral que carecem de análise, como a contagem e transmissão dos resultados das eleições. Para apresentar a possibilidade da aplicação dessa tecnologia no ciclo eleitoral, é fundamental posicionar como a tecnologia funciona e suas características principais.

Uma *blockchain* é um livro-razão que registra, de forma sequencial e em blocos, os dados das transações efetuadas por todos os componentes que participam da rede. Denomina-se *blockchain* porque é, em tradução livre, uma “cadeia de blocos”. Os dados são compilados em blocos de informações que formam uma cadeia, pois cada bloco criado é diretamente vinculado ao bloco anterior. Cada bloco possui uma impressão digital ou “*hash*”. Exceto o primeiro bloco, todos os blocos de informações criados posteriormente fazem conexão com o bloco anterior, por compilar duas informações: a sua própria *hash* e a *hash* do bloco anterior. O bloco criado em seguida terá, portanto, sempre sua impressão digital formada pela combinação entre a sua informação própria e a informação do bloco anterior (UHDRE, 2021). Essa vinculação é o que torna a tecnologia particularmente resistente.

As *blockchains* são arquiteturas de registro descentralizadas que organizam as informações de forma distribuída, ou seja, a rede é mantida por todos os computadores conectados que sustentam a sua existência. Não há um servidor centralizado que abriga todo o poder computacional. Por conta disso, há maior segurança para as informações disponíveis, já que um nó comprometido não gera impacto sobre a rede como um todo. A *blockchain* combina uma série de tecnologias e tem informações criptografadas. As tecnologias incluem arquitetura ponto a ponto, em que cada um dos computadores da rede funciona tanto como cliente quanto como servidor, não há, portanto, um servidor central. Essa tecnologia de descentralização é fundamental para a manutenção da rede (UHDRE, 2021).

Outra tecnologia, a criptografia de chave público-privada, é um sistema que possui um par de chaves: uma chave pública, amplamente disseminada, que praticamente qualquer pessoa pode acessar com facilidade; e uma chave privada, disponível apenas para o proprietário individual. Essa tecnologia permite que informações gerais, como os participantes da *blockchain*, sejam públicas, mas informações confidenciais, que cabem especificamente para as pessoas envolvidas em uma transação, permaneçam sigilosas. Um elemento fundamental

da *blockchain* é o *consensus mechanism*, também conhecido como consenso distribuído, mecanismo de consenso ou protocolo de consenso. Esse elemento existe para que o sistema alcance uma confiabilidade geral, para evitar que processos defeituosos corrompam a rede. Há diversos subtipos de mecanismos de consenso, mas, no geral, eles são utilizados para obter a legitimação necessária por parte da maioria dos nós da rede (DE FILIPPI; WRIGHT, 2018). Dessa forma, a *blockchain* é uma combinação de diversas tecnologias para promover segurança nas transações nessa base de dados. Com base na descrição das tecnologias que envolvem a *blockchain*, é possível explicar suas características e vantagens para o seu uso no sistema eleitoral.

De forma geral, nenhuma parte envolvida em uma *blockchain* controla os dados. Não há centralização da operação e os usuários são ligados mediante um protocolo de *software* inicial, onde todas as diretrizes são incluídas. Com cada vez mais aplicações de código aberto, qualquer pessoa com uma conexão com a internet pode obter informações arquivadas em uma *blockchain* simplesmente fazendo o *download* dos dados de acesso livre. Diversos serviços podem ser realizados via *blockchain*, sem a necessidade de passar por um ente centralizado que organiza a operação. O mecanismo de consenso funciona como esse ente intermediário, mas é suportado por toda a rede. Essas características dão à *blockchain* o potencial para realizar, de forma global, diversas operações e as partes podem se engajar de qualquer lugar do mundo e para uma série de transações. De uma perspectiva nacional e, sobretudo, jurídica, essa transnacionalidade pode não ser um elemento fácil de lidar, mas é possível driblar essa característica com o uso de contratos inteligentes, a serem mencionados posteriormente (DE FILIPPI; WRIGHT, 2018).

Uma das características mais relevantes da *blockchain* para o uso no sistema eleitoral, além dos elementos já destacados, refere-se à auditabilidade. Com o uso da tecnologia ponto a ponto, os dados armazenados são transparentes e auditáveis. Uma vez que uma informação é autenticada em uma *blockchain*, todas as informações contextuais estão disponíveis publicamente. Em linhas gerais, uma *blockchain* pode servir como uma trilha de auditabilidade da rede. Há que se considerar que parte das informações armazenadas no livro-razão é criptografada, mas dados gerais são públicos. Além de serem auditáveis, todas as transações envolvidas em uma *blockchain*

são autenticadas e não repudiáveis.⁵ Com a tecnologia de criptografia de chave público-privada, a pessoa envolvida na transação deve, primeiro, assinar a transação com a sua chave privada. Essa chave funciona como uma assinatura digital e uma evidência de que aquela transação foi realizada pelo indivíduo. Essa combinação profícua entre transparência, resiliência e inviolabilidade da rede é a natureza da *blockchain* e auxilia a promover confiança na rede (DE FILIPPI; WRIGHT, 2018).

De fato, o uso da tecnologia é, por vezes, encorajado justamente pelo interesse de pessoas em publicizar dados e disseminar informações de forma autenticada. Os usos governamentais, por exemplo, são intencionais para promover a participação dos cidadãos no acesso à cidadania. As partes envolvidas no uso da tecnologia podem escolher revelar as transações que realizam. Nesse sentido, o uso da tecnologia é um registro intencional de informações (DE FILIPPI; WRIGHT, 2018). Embora a votação com base em *blockchain* possa ter mais complexidade por conta dos requisitos de privacidade e segurança, o que torna os projetos preliminares mais longos, outras etapas do processo eleitoral podem não necessitar de tamanha preocupação. Ressalta-se especialmente o uso de *blockchain* para consolidar resultados eleitorais (RODRÍGUEZ-PÉREZ; VALLETBÓ-MONTFORT; CUCURULL, 2019).

O aperfeiçoamento de sistemas para assegurar o voto é um avanço, uma confluência entre o já avançado sistema e as novas tecnologias digitais (COPETTI; CELLA, 2015). O próprio ensaio de uma votação via *blockchain* não deve ter como argumento central a insegurança das urnas. Em mais de vinte anos de história, a urna eletrônica nunca foi alvo de fraude. Qualquer iniciativa que vise implementar novas tecnologias digitais no sistema eleitoral deve ser considerada como um apoio, auxílio para que o cidadão tenha acesso mais fácil ao seu direito de votar, assim como propostas que viabilizem menor custo e afins, mas não devem estar ancoradas na suposta insegurança das urnas.

Há algumas possibilidades com o uso de *blockchain* para consolidar os resultados eleitorais. Um primeiro uso vincula a execução de um contrato inteligente para consolidar os resultados, como um banco de

⁵ O termo não repúdio significa, dentro das tecnologias de autenticação, a existência de um serviço que fornece duas características principais: integridade e a origem dos dados. Como as transações ocorrem por meio de assinaturas digitais, De Filippi e Wright (2019) afirmam que há evidências de que as partes se engajaram em uma transação, então as pessoas podem ter dificuldade posteriormente para refutar a sua participação em determinada operação.

dados de contagem, de forma descentralizada, sem a vinculação pessoal dos votos (RODRÍGUEZ-PÉREZ; VALLETBÓ-MONTFORT; CUCURULL, 2019). Os contratos inteligentes são programas armazenados em uma *blockchain* que indicam o que deve acontecer a partir de condições pré-determinadas. Ou seja, eles são executados de forma automática com base nas cláusulas que estão contidas no contrato e gravadas naquele rede (KAHN *et al.*, 2021).

É possível supor, por exemplo, que a contagem dos votos pode ser armazenada em uma *blockchain*, mas só deve tornar-se pública após a contabilização total, ou uma vinculação ao horário. Há uma série de comandos possíveis que vinculam a ação da *blockchain* mediante a estruturação de um código. Na prática, como afirma Uhdre (2021), os contratos inteligentes são formas de reforçar as negociações, proporcionar desempenho rápido e colocar certas “regras” na cadeia de blocos. Uma *blockchain* com programas, ou *smart contracts*, que vinculam a sua ação possui maior resistência à violação, já que executa comandos com base nas propriedades que foram armazenadas. Os contratos inteligentes têm algumas funções, como oferecer confiança ao processo, mas podem igualmente ser codificados para apresentar mais rigidez em algumas transações – a rigidez necessária, por exemplo, para um banco de dados de contagem dos votos no sistema eleitoral.

No caso de uma *blockchain* eleitoral para consolidação dos resultados eleitorais, alguns requisitos são necessários para o contrato inteligente que rege a *blockchain*: cadastro das mesas de votação, com um registro das áreas e identificadores do local de votação, assim como o registro do responsável eleitoral por inserir os dados nas folhas de apuração. Uma vez que todos os locais de votação estiverem cadastrados, as atas oriundas dos endereços devem ser aceitas pelo sistema. Há, também, o carregamento dos dados da folha de apuração: o responsável no local de votação deve transmitir e registrar os resultados das determinadas folhas de apuração e a urna associada àquela folha. Quando a folha de registro for recebida, há várias validações obrigatórias. Como a validação da identidade do responsável direto por aquela etapa, para que um terceiro não possa macular o sistema. Isso pode ser realizado através da validação da assinatura digital na folha de registro (RODRÍGUEZ-PÉREZ; VALLETBÓ-MONTFORT; CUCURULL, 2019).

Outras validações envolvem as singularidades das regras eleitorais brasileiras e devem ser minuciosamente estudadas e descritas no código. Por fim, o contrato deve prever as condições para

que os resultados sejam consolidados – por exemplo, com base num número determinado de folhas de apuração recebidas, validadas pelos responsáveis e registradas no sistema. A consolidação pode ocorrer de forma regionalizada, seguindo um número de folhas das zonas eleitorais. Na consolidação dos resultados, as planilhas de apuração são agregadas e os resultados publicados. Por conta do fluxo de trabalho registrado na *blockchain* via contrato inteligente, a integridade do processo é garantida e é possível rastrear todas as ações que ocorreram durante a consolidação dos resultados (RODRÍGUEZ-PÉREZ; VALLETBÓ-MONTFORT; CUCURULL, 2019).

Há pelo menos duas funções para o controle de acesso aos dados na apuração, isso porque o contrato inteligente deve prever o papel de cada responsável pelas etapas da contagem dos votos, seja o presidente da mesa receptora, que ocupa uma função administrativa fundamental nas eleições, sejam os presidentes das juntas apuradoras. Dessa forma, os contratos inteligentes devem suportar as responsabilidades diferentes que cabem a cada uma das funções, para oferecer confiabilidade à condução das tarefas. Uma vez que os dados estiverem consolidados, a arquitetura da *blockchain* não permite mudanças, portanto entende-se que sua utilização pode ser útil para a segurança, a transparência e a auditabilidade no processo eleitoral (RODRÍGUEZ-PÉREZ; VALLETBÓ-MONTFORT; CUCURULL, 2019).

Os procedimentos de contagem de votos e apuração dos resultados nas eleições brasileiras ocorrem em tempo recorde. Esse estado da arte do sistema eleitoral brasileiro permite que, com a rapidez do processo, não haja espaço para contestações dos resultados que, em sistemas mais demorados, podem levantar suspeitas. Ao mesmo tempo, a transparência no processo de contagem e apuração parece ser uma lacuna a ser preenchida. A maior vantagem da aplicação de *blockchain* para esse ciclo eleitoral é a possibilidade de que os dados, após consolidados, sejam públicos para que os cidadãos e observadores interessados possam verificar todos os procedimentos de contagem e como essa contagem é verificada.

Para utilização de *blockchain* em votações, os nós capazes de verificar as transações não podem ser públicos. É necessário que se utilizem nós criptografados, acessados por todos aqueles envolvidos no processo, mas com a autorização prevista por uma autoridade central, que deve ser a única responsável por fazer as alterações (RODRÍGUEZ-PÉREZ; VALLETBÓ-MONTFORT; CUCURULL, 2019). Na manutenção da

blockchain, nos “nós da rede”, devem estar todos aqueles que têm a responsabilidade de fiscalizar o processo eleitoral, como os partidos, as coligações, os presidentes de mesas receptoras, o TSE e outros atores importantes do processo eleitoral, que validarão os dados. Após esse processo, os cidadãos possuem o direito de obter informações sobre os resultados. Os impactos dessa experimentação devem ser monitorados em um cenário real, mas é necessário assumir que as eleições do futuro podem ser ainda mais transparentes para os cidadãos.

3 Dados eleitorais públicos em *blockchain* e possíveis repercussões

Uma das acepções mais importantes do direito ao voto nas sociedades democráticas, segundo Baudier *et al.* (2021), é o exercício de empoderamento que os indivíduos realizam ao acessar o sistema eleitoral. Com o voto, cidadãos podem participar das tomadas de decisões e expressar suas vontades políticas e ideológicas para o futuro da vida pública. Com a ascensão de novas tecnologias, os processos de tomada de decisão ganham contornos digitais, e diversas iniciativas adquirem legitimidade, apresentando-se como boas soluções para aumentar o número de eleitores votantes, simplificar o processo de votação e promover mais transparência, como é o caso do uso de *blockchain* para fins eleitorais. Ressalta-se como essas tecnologias podem produzir impactos positivos sobre as instituições políticas (BAUDIER *et al.*, 2021).

Há promessas interessantes no uso das tecnologias para transformar o governo e proporcionar formas inovadoras de acesso e de participação cidadã no processo político. Com instrumentos de e-democracia, o uso tecnológico visa aumentar o engajamento político e ampliar a qualidade do processo democrático, especialmente para os cidadãos. Entende-se que os esforços para estabelecer a democracia digital pode aumentar a participação cívica, não apenas por meio das tecnologias de votação, mas também de outras ferramentas. Num ambiente global em que a participação eleitoral diminuiu consideravelmente nos países ocidentais, é preciso oferecer novas oportunidades de votação para os cidadãos (LEROUX; FUSI; BROWN, 2020).

Com o apoio das novas tecnologias, um tipo de incentivo à participação cidadã ganhou contornos digitais, com a proposição do acesso dos indivíduos a serviços governamentais de forma a participar

mais ativamente das decisões e da política como um todo, e o processo eleitoral é uma dessas chaves. Nessa perspectiva, especialmente com o uso das tecnologias *blockchain*, o conceito de “governança digital” ganha notoriedade. A *blockchain* surge especificamente com a ideia de descentralizar o poder de decisão e inutilizar a necessidade de intermediários diretos para que as pessoas realizem transações, coletem informações e participem de uma série de negociações entre si (BAUDIER *et al.*, 2021). Esses aspectos fundamentais da *blockchain* sugerem a sua relevância para uma governança inclusiva, da qual a sociedade brasileira pode se beneficiar. A ideia não é, necessariamente, que as pessoas votem em seus *smartphones* ou através de QR Code via *blockchain*, a ideia parece ser gerar maior acessibilidade a todos os cidadãos, de forma rápida, e ampliar o poder de participação cidadã.

Se os cidadãos tiverem a possibilidade de acessar remotamente informações confiáveis sobre dados eleitorais, esse mecanismo pode ser uma forma de construir uma cultura imersiva de participação. O foco da governança digital é utilizar tecnologias da informação para facilitar objetivos democráticos. É preciso significativa sofisticação tecnológica para que a participação dos cidadãos possa acontecer, de forma mais eficaz, *on-line*. Automatizar o acesso aos serviços públicos e às informações públicas deve facilitar o uso dos dados pelos cidadãos. Na prática, pode eliminar a burocracia do acesso e oferecer segurança, agilidade e transparência.

Os cidadãos devem ser capazes de participar ativamente do processo de implementação de novas tecnologias no processo eleitoral, não como meros espectadores, mas como atores principais. A governança digital promove democratização nos processos de tomada de decisão. Para que os cidadãos vivam, de fato, a experiência de imersão com os novos sistemas, devem ter o direito de participar. Alguns países que desenvolvem aplicações em governança eletrônica podem ter maior aceitação pública do uso das tecnologias *blockchains*. Os países, como o Brasil, que não possuem processos tão avançados em governança eletrônica podem enfrentar alguns problemas iniciais, de ordem educacional. É preciso que a população se familiarize, aos poucos, com o tipo de conhecimento que essa tecnologia produz e com a compreensão técnica necessária para entender como as aplicações funcionam. A ideia, nesse sentido, é suavizar as limitações de conhecimento técnico e permitir que os cidadãos tenham o treinamento adequado para utilizar e agir sobre essas tecnologias (BAUDIER *et al.*, 2021).

Há que se considerar como a apuração e consolidação de votos com uma ferramenta pública pode contribuir para o acesso às informações eleitorais, de forma facilitada. Os dados consolidados das eleições podem ser distribuídos para bancos de dados de acesso público mediante o uso de uma *application programming interface*, ou API, que consiste em um *software* que integra dados entre aplicativos ou sistemas, sem a necessidade de que essas aplicações requeiram instalação ou criação de outros recursos. Uma interface de programação de aplicações que possibilita a comunicação entre diferentes plataformas. A disponibilidade desses recursos pode aumentar não apenas a participação cidadã, mas o acesso a informações relevantes por parte de acadêmicos, estudiosos do processo político, jornalistas e pesquisadores em geral, possibilitando rápido acesso a dados que informam sobre o comportamento eleitoral no Brasil ao longo dos anos.

Considerações finais

A tecnologia *blockchain* pode ter diversas utilidades para o sistema eleitoral brasileiro. Pode se traduzir em uma aplicação de votação eletrônica experimental para aqueles que acessam tecnologia com maior facilidade e pode fazer parte de um projeto inicial, como o “Eleições do futuro”, que testou a tecnologia para a votação em si. Entende-se que a *blockchain* pode ser útil para diversas etapas do processo eleitoral, seja para transmitir informações aos cidadãos, de forma pública e autenticada, seja para votar ou apurar e contar votos. O sistema eleitoral brasileiro é um dos sistemas mais seguros e rápidos do mundo, graças ao uso de tecnologia de ponta para o exercício da democracia.

Entende-se, com base no histórico brasileiro, que o processo político no país é suscetível a mudanças, especialmente aquelas que envolvem novas tecnologias para ampliar o exercício da cidadania. A urna eletrônica possui diversas camadas de segurança criptográfica e fornece a segurança necessária ao processo eleitoral. Ao mesmo tempo, iniciativas mundiais demonstram a experimentação de tecnologias inovadoras, como a *blockchain*, para diversos setores públicos, inclusive o sistema eleitoral. Inicialmente, é possível aperfeiçoar o ciclo eleitoral de apuração e contagem dos votos, para gerar maior transparência sobre uma etapa do processo eleitoral que parece confusa e opaca para muitos cidadãos.

Com o uso da tecnologia *blockchain*, o sistema eleitoral brasileiro pode garantir segurança, transparência, imutabilidade dos resultados e auditabilidade da contagem dos votos – com dados acessíveis a todos os cidadãos, que podem ser utilizados pelos próprios cidadãos –, assim como pode servir para gerar mais conhecimento sobre o processo e o comportamento eleitoral no Brasil. O país pode experimentar esse uso nas próximas eleições e avaliar a participação cidadã no processo. Há que se considerar que pesquisas sobre esse tema devem ser realizadas nos próximos anos, com vistas a fornecer caminhos possíveis para ampliação da governança participativa no Brasil.

Referências

BALBE, R. S. Uso de tecnologias de informação e comunicação na gestão pública: exemplos no governo federal. **Revista do Serviço Público**, v. 61, n. 2, p. 189-209, 27 jan. 2014.

BAUDIER, P. *et al.* Peace engineering: the contribution of blockchain systems to the e-voting process. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 162, p. 120397, jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120397>. Acesso em: 24 jul. 2022.

BRASIL. Lei nº 9.504, de 30 de setembro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19504.htm. Acesso em: 27 nov 2022.

COIMBRA, R.C.M. Por que a urna eletrônica é segura. **Revista Eletrônica EJE**, n. 6, ano 4, out./nov. 2014. Disponível em: <https://www.tse.jus.br/o-tse/escola-judiciaria-eleitoral/publicacoes/revistas-da-eje/artigos/revista-eletronica-eje-n.-6-ano-4/por-que-a-urna-eletronica-e-segura>. Acesso em: 24 jul. 2022.

COPETTI, R; CELLA, J.R.G. Urnas eletrônicas e auditorias populares: votação paralela e divulgação de resultados. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO E CONTEMPORANEIDADE, 3., 2015, Santa Maria, RS. **Anais [...]**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2015. p. 1-15.

DE FILIPPI, P; WRIGHT, A. **Blockchain and the Law**. Cambridge, MA and London, England: Harvard University Press, 2018. (e-book). ISBN

9780674985933. Disponível em: <https://doi.org/10.4159/9780674985933>. Acesso em: 22 jul. 2022.

KHAN, S.N. *et al.* Blockchain smart contracts: applications, challenges, and future trends. **Peer-to-Peer Networking and Applications**, v. 14, n. 5, p. 2901-2925, 18 abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12083-021-01127-0>. Acesso em: 23 jul. 2022.

LEROUX, K.; FUSI, F.; BROWN, A.G. Assessing e-government capacity to increase voter participation: evidence from the U.S. **Government Information Quarterly**, v. 37, n. 3, Article 101483, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101483>. Acesso em: 25 jul. 2022.

LIMA, D. P. Sistema eleitoral brasileiro utilizando blockchain. 2021. 61 f. Monografia (Especialização em Rede de Computadores com Ênfase em Segurança) - Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2021.

MOROZOV, E.; BRIA, F. **A cidade inteligente: tecnologias urbanas e democracia**. São Paulo: Ubu, 2019.

RODRÍGUEZ-PÉREZ, A.; VALLETBÓ-MONTFORT, P.; CUCURULL, J. Bringing transparency and trust to elections. *In: ICEGOV2019: 12th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*. New York, NY, USA: ACM, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3326365.3326372>. Acesso em: 22 jul. 2022.

SALDANHA, D.M.F; SILVA, M.B. Transparência e accountability de algoritmos governamentais: o caso do sistema eletrônico de votação brasileiro. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 18, n. spe, p. 697-712, nov. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1679-395120190023>. Acesso em: 22 jul. 2022.

TAN, E.; MAHULA, S.; CROMPVOETS, J. Blockchain governance in the public sector: A conceptual framework for public management. **Government Information Quarterly**, p. 101625, Sept. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101625>. Acesso em: 27 Nov. 2022.

TSE NOTÍCIAS. **Você sabe o que é zerésima?**: O glossário explica. 25 nov. 2020. Disponível em: <https://www.tse.jus.br/comunicacao/>

noticias/2020/Novembro/voce-sabe-o-que-e-zeresima-o-glossario-explica Acesso em: 24 jul. 2022.

TSE NOTÍCIAS. **Projeto “Eleições do Futuro”**: empresas farão demonstração de propostas de inovações no dia 15 de novembro. 10 nov 2020. Disponível em: <https://www.tse.jus.br/comunicacao/noticias/2020/Novembro/projeto-201celeicoes-do-futuro201d-empresas-farao-demonstracao-de-propostas-de-inovacoes-no-dia-15-de-novembro>. Acesso em: 23 jul 2022.

UHDRE, D.C. **Blockchain, tokens e criptomoedas**: análise jurídica. São Paulo: Almedina, 2021.

Como citar este artigo:

CENCI, Daniel Rubens; BECK, Cesar. **Nova tecnologia para o sistema eleitoral brasileiro: *blockchain* e transparência nas eleições**. Brasília, DF, *Estudos Eleitorais*, v. 16, n. 1, p. 284-303, jan./jul. 2022.