

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MOEDA DIGITAL DE BANCO CENTRAL (CBDC): VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS

IMPLEMENTATION OF A CENTRAL BANK DIGITAL CURRENCY (CBDC): ADVANTAGES, DISADVANTAGES AND CHALLENGES

WELLINGTON NUNES MORAES
ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FERNANDO JOSÉ BARBIN LAURINDO
USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Comunicação:

O XII SINGEP foi realizado em conjunto com a 12th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) e com o Casablanca Climate Leadership Forum (CCLF 2024), em formato híbrido, com sede presencial na ESCA Ecole de Management, no Marrocos.

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MOEDA DIGITAL DE BANCO CENTRAL (CBDC): VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS

Objetivo do estudo

Este artigo tem como objetivo, através da revisão inicial e não exaustiva da literatura, identificar os conceitos, vantagens, desvantagens e desafios na implementação de uma CBDC.

Relevância/originalidade

Consolidado de conceitos e exemplos em um único texto.

Metodologia/abordagem

Revisão da Literatura.

Principais resultados

A adoção das CBDCs representa uma transformação significativa no sistema monetário global, impulsionada pela evolução tecnológica e pela necessidade crescente de modernização dos sistemas de pagamento.

Contribuições teóricas/metodológicas

Definições, desafios e vantagens de uma CBDC.

Contribuições sociais/para a gestão

Identificação dos principais pontos de atenção em relação à Implementação de uma CBDC.

Palavras-chave: CBDC, Blockchain, DLT, Moeda Digital, Implementação

*IMPLEMENTATION OF A CENTRAL BANK DIGITAL CURRENCY (CBDC):
ADVANTAGES, DISADVANTAGES AND CHALLENGES*

Study purpose

This article aims, through an initial and non-exhaustive review of the literature, to identify the concepts, advantages, disadvantages and challenges in the implementation of a CBDC.

Relevance / originality

Consolidation of concepts and examples in a single text.

Methodology / approach

Literature review.

Main results

The adoption of CBDCs represents a significant transformation in the global monetary system, driven by technological evolution and the growing need to modernize payment systems.

Theoretical / methodological contributions

Definitions, challenges and advantages of a CBDC.

Social / management contributions

Identification of the main points of attention regarding the Implementation of a CBDC.

Keywords: CBDC, Blockchain, DLT, Digital Currency, Implementation

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MOEDA DIGITAL DE BANCO CENTRAL (CBDC): VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS

1 Introdução

O avanço tecnológico e a crescente digitalização da sociedade têm impulsionado transformações significativas no sistema monetário global. A emergência das Moeda Digital de Banco Central ou *Central Bank Digital Currencies* (CBDC) refletem essa mudança, promovendo debates sobre os benefícios e os desafios associados à sua implementação. Nos últimos anos, a discussão sobre a implementação de uma Moeda Digital de Banco Central tem ganhado destaque entre economistas, bancos centrais e governos ao redor do mundo. A CBDC representa a versão digital da moeda fiduciária emitida por um banco central, destinada a facilitar transações e armazenar valor de forma segura e eficiente.

A criação de um novo sistema de pagamento digital apresenta várias vantagens e desafios. As moedas digitais podem reduzir custos de transação, pois eliminam a necessidade de intermediários, como bancos e empresas de cartão de crédito. Além disso, não requerem conexão à Internet para todas as transações, aumentando a acessibilidade e a conveniência. As moedas digitais também são mais seguras e higiênicas que o dinheiro físico, especialmente em um contexto de pandemia (Antal-Molnár, 2022; Tapscott & Tapscott, 2016).

No entanto, as moedas digitais enfrentam questões significativas de proteção de dados e privacidade. Como todas as transações são registradas em um livro-razão digital, existe o risco de que informações pessoais possam ser acessadas por terceiros. Além disso, os governos que controlam essas moedas terão acesso a informações detalhadas sobre as finanças de seus cidadãos, o que pode levar a abusos de poder e vigilância excessiva (Antal-Molnár, 2022).

A transição para moedas digitais também pode ter implicações econômicas amplas. A substituição de moedas tradicionais por moedas digitais pode impactar o papel dos bancos comerciais, que atualmente atuam como intermediários nas transações financeiras. Isso pode levar a mudanças no modelo de negócios dos bancos e na forma como eles geram receitas (Baeriswyl et al., 2024). Este artigo tem como objetivo, através da revisão inicial e não exaustiva da literatura, identificar os conceitos, vantagens, desvantagens e desafios na implementação de uma CBDC. Além disso, serão descritos alguns exemplos de CBDC: a Moeda Digital da China (Yuan Digital / e-CNY), da Suécia (e-Krona) e Bahamas (SandDollar), que permitirá a identificação de características comuns entre elas. Deve-se destacar que este trabalho gerará, uma base inicial para a identificação de novas pesquisas para evolução do tema.

2 Referencial Teórico

2.1 Blockchain

O conceito de *blockchain* foi proposta por Nakamoto em 2008 e consiste em uma estrutura de dados descentralizada e distribuída que armazena informações de forma imutável, garantindo alta segurança e integridade dos dados (Khan et al., 2022). Ela é composta por uma cadeia de blocos interligados, onde cada um deles contém os registros das transações, e é mantida por uma rede de computadores (nós) que validam e registram novas informações por meio de algoritmos de consenso. A estrutura resultante, designada livro-razão (*ledger*), é virtualmente inalterável. (Arner et al., 2020; Khan et al., 2022; Nakamoto, 2008; Silva et al., 2022). Os registros podem ser dos mais variados tipos: eventos, transações, ativos intangíveis, ou contratos. Dentre as suas propriedades pode-se destacar: descentralização, persistência, auditabilidade, registro de proveniência e anonimato em *blockchains* não permissionadas. Dado estas características ela torna-se atrativa para uma variedade de aplicações (Tapscott &

Tapscott, 2016; Xu et al., 2017; Zheng et al., 2018). Entre os exemplos, fora dos serviços financeiros, temos: logística (rastreadabilidade etc.), proteção de propriedade intelectual, segurança alimentar, sistemas de reputação e de certificação, ou serviços públicos (por exemplo, registros digitais de Propriedade de bens Imóveis).

2.2 Tecnologia de Registro Distribuído ou *Distributed Ledger Technology* (DLT)

A tecnologia de registro distribuído (DLT), especialmente a blockchain, é a base tecnológica das criptomoedas. A DLT consiste em uma combinação sinérgica de teoria dos jogos, criptografia computacional e engenharia de software, criando uma arquitetura tecnológica com três componentes principais: um livro criptográfico descentralizado e criptografado, um protocolo que define os processos internos da rede e um ativo a ser transacionado e modificado. Esta inovação tecnológica tem o potencial de modificar profundamente os sistemas de pagamento e as práticas do mercado financeiro (Alonso et al., 2021; *Bank for International Settlements* [BIS], 2018; Carvalho et al., 2021;).

A *blockchain* é uma configuração específica da DLT, onde as transações são registradas em blocos que são criptograficamente vinculados, formando uma cadeia contínua e imutável de registros. Esta estrutura assegura que as transações sejam seguras, transparentes e verificáveis, sem a necessidade de uma autoridade central para validar as transações. Além de proporcionar segurança, a blockchain permite a descentralização do controle das transações, uma característica essencial para a filosofia subjacente às criptomoedas (BIS 2018, 2020; Carvalho et al., 2021);

Para Tapscott & Tapscott (2016) e Silva et al. (2022), considerando-se os seus atributos, essa inovação tecnológica poderá trazer mudanças econômicas e sociais em escala global. Por se tratar de uma tecnologia mais recente, ainda existe um longo caminho a ser percorrido para a sua adoção em massa, apesar disso, vários benefícios como o rastreamento da origem de produtos, a redução dos custos das transações e tempo de duração de alguns processos poderão vir de forma imediata.

2.3 Central Banks Digital Currencies (CBDC)

Uma CBDC pode ser definida como uma forma digital da moeda fiduciária, emitida pelo banco central de um país e denominando-se na unidade de conta nacional. Elas servem como um meio de troca, reserva de valor e unidade de conta, funções essenciais do dinheiro tradicional (Alonso et al., 2020; Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais [Anbima], 2022; BIS, 2021; Boaventura et al., 2023; Gomes et al., 2023). Para Boaventura et al. (2023) elas se diferenciam dos cartões de crédito e transferências bancárias, por possuírem um curso legal e não apresentarem riscos de solvência, pois são passivos diretos do banco central. As CBDCs, justamente por serem moedas fiduciárias emitidas pelo banco central, diferem-se das criptomoedas privadas (como *Bitcoin*, *Ether*) por serem menos voláteis e mais amplamente aceitas (Alonso et al., 2021).

Em linhas gerais, o objetivo das CBDC é complementar o sistema de pagamentos com uma moeda digital que possui a vantagem de ser passivo direto perto do Banco Central. Para o Banco Central do Brasil (BACEN): “é uma nova forma de representação da moeda já emitida pela autoridade monetária nacional, ou seja, faz parte da política monetária do país de emissão e conta com a garantia dada por essa política”. Os bancos centrais a podem desenvolver uma moeda digital destinada às transações de varejo e disponível ao público em geral (semelhante ao papel-moeda) ou uma moeda digital restrita às transações de atacado entre instituições financeiras - como atuais reservas bancárias. (Anbima, 2022; Bench e Garratt, 2017; Ceylan, 2024; Gomes et al., 2023; Richards et al., 2020; World Bank, 2021). Sendo assim, não há um

modelo único de CBDC, as opções variam desde o público (atacado ou varejo) até a tecnologia utilizada para sua emissão (emissão centralizada ou DLT).

Através análise dos autores (Anbima, 2022; Bech & Garratt, 2017; Ceylan, 2024; Gomes et al., 2023; Oliveira, 2019; Richards et al., 2020; World Bank, 2021) é possível identificar as seguintes características das CBDCs de varejo e atacado:

CBDC de Varejo (Uso Geral):

- **Acessibilidade:** A CBDC de varejo é amplamente acessível ao público em geral, ou seja, qualquer pessoa pode utilizar esse tipo de moeda digital.
- **Objetivo Principal:** Projetada para ser utilizada em transações cotidianas por indivíduos e empresas, servindo como uma alternativa digital ao dinheiro físico.
- **Segurança e Resiliência:** Visa proporcionar um instrumento seguro de banco central, especialmente em contextos em que o uso de dinheiro está diminuindo. Pode aumentar a resiliência do sistema de pagamentos, garantindo que as pessoas ainda possam fazer pagamentos digitais mesmo se os sistemas privados enfrentarem interrupções.
- **Desafios de AML/CFT:** Deve cumprir requisitos rigorosos de prevenção à lavagem de dinheiro (AML) e combate ao financiamento do terrorismo (CFT), o que pode envolver equilibrar a privacidade dos usuários com a necessidade de rastreabilidade das transações.
- **Impacto nos Bancos Comerciais:** Pode afetar significativamente os bancos comerciais, pois os depósitos de varejo podem ser transferidos para a CBDC, reduzindo o financiamento estável e de baixo custo para os bancos, forçando-os a buscar fontes de financiamento alternativas e potencialmente mais caras.

CBDC de Atacado:

- **Acessibilidade:** A CBDC de atacado tem acesso restrito e é limitada a um grupo predefinido de usuários, como bancos e outras instituições financeiras que participam de transações de grande valor.
- **Objetivo Principal:** Projetada para ser utilizada em transações interbancárias e na liquidação de transações financeiras, como a liquidação de títulos e derivativos.
- **Eficiência e Segurança:** Pode melhorar a eficiência operacional e a gestão de riscos na liquidação de transações financeiras, reduzindo os custos operacionais e o uso de colateral e liquidez.
- **Tecnologia de Ledger Distribuído (DLT):** A CBDC de atacado pode utilizar tecnologias de *ledger* distribuído para facilitar a liquidação direta entre as partes, aumentando a transparência e a segurança das transações.
- **Impacto nos Mercados Financeiros:** Pode afetar a estrutura dos mercados financeiros, incluindo sistemas de liquidação de títulos e centrais de contrapartes, potencialmente abrindo mais a liquidação direta para não-bancos e facilitando o uso de novas tecnologias para transferências de ativos.

Em resumo, a CBDC de varejo é destinada ao uso geral pelo público e visa substituir ou complementar o dinheiro físico, enquanto a CBDC de atacado é destinada a um grupo restrito de instituições financeiras e visa melhorar a eficiência e a segurança das transações interbancárias e financeiras.

Em relação a utilização da tecnologia DLT, essa é considerada a melhor opção para uma CBDC por várias razões fundamentais que se relacionam com a segurança, descentralização, transparência e eficiência, pois facilitam transações rápidas e rastreáveis, ao mesmo tempo que potencializa a privacidade e a segurança contra fraudes e *ciberataques* (Alonso et al. 2021; Bech & Garratt, 2017; Carvalho et al., 2021; Schwiderowski et al. 2023).

A segurança é um dos principais benefícios da DLT, especialmente no contexto das CBDCs:

- **Criptografia:** As transações são protegidas por técnicas criptográficas, garantindo que apenas os detentores de chaves privadas possam acessar e transferir os fundos.
- **Prova de Trabalho/Participação:** Mecanismos como *Proof of Work* (PoW) e *Proof of Stake* (PoS) ajudam a proteger a rede contra ataques, validando transações e evitando a "gastos duplos" (*double spending*).

A DLT permite que os dados sejam armazenados e gerenciados de forma descentralizada, sem a necessidade de uma autoridade central. Em vez de um único ponto de falha, a informação é distribuída através de uma rede de nós (computadores), tornando a rede mais robusta e resistente a falhas e ataques:

- **Segurança contra-ataques:** Em uma rede descentralizada, é muito mais difícil para um atacante comprometer o sistema inteiro, pois isso exigiria controle sobre a maioria dos nós da rede.
- **Resiliência:** A descentralização garante que a rede continue a operar mesmo que alguns nós falhem ou sejam comprometidos.

Considerando-se a Transparência e a Imutabilidade, a DLT especialmente na forma de *blockchain*, fornece um registro transparente e imutável de todas as transações:

- **Transparência:** Todas as transações são visíveis e podem ser verificadas por qualquer participante da rede, promovendo a confiança entre os usuários.
- **Imutabilidade:** Uma vez que uma transação é registrada no *blockchain*, ela não pode ser alterada ou excluída. Isso previne fraudes e garante a integridade dos dados.

Para a melhoria da eficiência dos sistemas de transações, pode-se destacar:

- **Redução de Intermediários:** As transações podem ser realizadas diretamente entre as partes envolvidas, sem a necessidade de intermediários, o que pode reduzir custos e tempos de processamento. Todas as transações são visíveis e podem ser verificadas por qualquer participante da rede, promovendo a confiança entre os usuários.
- **Automação através de Contratos Inteligentes (*smart contracts*):** Os *smart contracts* podem ser programados para executar automaticamente transações quando certas condições são atendidas, aumentando ainda mais a eficiência e a confiança no sistema.

A DLT permite a criação de redes altamente escaláveis e flexíveis que podem se adaptar às necessidades crescentes e diversificadas de diferentes aplicações:

- **Soluções de segunda camada:** Tecnologias como *Lightning Network* (para *Bitcoin*) permitem que transações sejam processadas fora da cadeia principal, aumentando a capacidade de transação e reduzindo os tempos de confirmação.
- **Diversidade de aplicações:** A DLT pode ser adaptada para diferentes casos de uso além das criptomoedas, incluindo sistemas de votação, gestão de cadeias de suprimentos, registros médicos etc.

Outro ponto importante destacados pelos autores, especificamente por Carvalho et al. (2021), é o fato de a DLT estar em constante evolução, com novas soluções e melhorias sendo desenvolvidas continuamente através de:

- **Atualizações e Forks:** Redes de criptomoedas podem implementar atualizações e bifurcações (*forks*) para melhorar funcionalidades, segurança e eficiência.
- **Comunidade ativa:** Uma comunidade ativa de desenvolvedores e pesquisadores continua a explorar novos usos e aprimoramentos para a DLT, garantindo que a tecnologia permaneça na vanguarda da inovação.

Sendo assim, os diversos designs variam de acordo com os objetivos do Banco Central de cada País (inclusão financeira, melhorar sistema de pagamentos nacional ou internacional,

controle etc.) essas escolhas impactam em temas como performance, privacidade e outros (Carvalho et al., 2021; Bech & Garratt, 2017; Opore & Kim, 2020; Richards et al., 2020; World Bank, 2021).

Deve-se destacar que a CBDC que está em desenvolvimento pelo BACEN (Real Digital – DREX) utilizará a rede *Hyperledger Besu* que consiste em uma DLT (*Distributed Ledger Technology*) focada no atacado. Por se tratar de uma aplicação, a *Hyperledger Besu*, permite a implementação e desenvolvimento da *blockchain* do *Ethereum* dentro da sua própria DLT. Cabe destacar, que ao utilizar o *Ethereum*, os *tokens* são implementados como contratos inteligentes que mantêm os saldos de cada endereço e podem ser programados de acordo com padrões previamente definidos (Arantes et al. 2018), fazendo com que o sistema tenha uma amplitude maior de atuação. Sendo assim, o Real Digital terá a característica de uma estrutura de *blockchain* (segurança, confiabilidade etc.) porém em uma rede permissionada e com acesso restrito. O seu desenvolvimento foi iniciado em agosto de 2020, com a publicação da portaria nº 108.092, do Banco Central, tratando das primeiras diretrizes do projeto do real digital. Em 2023, a moeda foi renomeada “Drex” e, no mesmo ano, através da criação do Comitê Executivo de Gestão (CEG) do projeto-piloto da Plataforma do Real Digital e do regulamento do projeto, de acordo com a Resolução BC nº 315, de 27 de abril de 2023.

3 Metodologia de Pesquisa

Tendo em vista o objetivo da pesquisa, optou-se por uma revisão da literatura disponível no Google Scholar e Portal Capes (Pesquisa Realizada entre Jan/24 e Jul/24), conforme descrito na tabela abaixo.

Tabela 1 – Resultados da Pesquisa

Portal Capes	Qtde
CBDC	956
CBDC somente artigos	840
CBDC somente artigos 2008 a 2024	713
CBDC somente artigos 2008 a 2024 AND Blockchain	345
CBDC somente artigos 2008 a 2024 AND Blockchain AND Bank	329
CBDC somente artigos 2008 a 2024 AND Blockchain AND Bank AND currency	325
CBDC somente artigos 2008 a 2024 AND Blockchain AND Bank AND currency AND Acesso Aberto	188
Google Academico (somente Artigos)	Qtde
CBDC no titulo do arquivo	634
CBDC no titulo do arquivo OR Central OR Bank OR Digital OR Currency OR Currencies	240
CBDC no titulo do arquivo OR Central OR Bank OR Digital OR Currency	122
CBDC no titulo do arquivo OR Central Bank Digital Currency	121
CBDC no titulo do arquivo OR Central Bank Digital Currencies	18

Após a análise e cruzamento dos Resultados observou-se uma grande duplicidade de resultados e, portanto, optou-se por analisar 195 artigos que possuíam o Acesso Aberto. Destes ainda forma identificados nas suas Referências Bibliográficas mais 5 Teses de Doutorado e 3 Dissertações. A partir desse material, após análise, optou-se por utilizar 41 arquivos (artigos, *working papers* e dissertação) como referências bibliográficas para compor o artigo.

4 Implementação de uma CBDC – Fatores a serem considerados

Como toda tecnologia, na implementação de uma CBDC, deve-se levar em consideração as vantagens, desvantagens e desafios encontrados. A análise de Carvalho et al. (2021); Ceylan (2024); Tapscott (2020); Zhang et al., (2021); Zhang & Huang, (2022) entre outros, permite destacar que muitas dessas vantagens e desvantagens são mais atribuídas às características inerente à tecnologia (*Blockchain*, DLT) do que a sua regulação pelo Banco Central do país emissor e, portanto, também estão presentes em outros tipos de Criptomoedas.

4.1 Vantagens

A implementação de uma CBDC oferece várias vantagens potenciais, a saber:

- inclusão financeira
- redução de custos de transação
- melhoria na eficiência dos pagamentos
- combate à economia informal e ilícita
- política monetária e estabilidade financeira
- redução do risco de contraparte
- inovação tecnológica
- facilitação de políticas de transferência direta
- redução da evasão fiscal
- aumento da confiança no sistema financeiro

Uma CBDC pode melhorar a inclusão financeira ao fornecer acesso a serviços financeiros para populações desbancarizadas ou sub-bancarizadas. Isso é particularmente relevante em regiões onde o acesso a bancos tradicionais é limitado. Por exemplo, em áreas rurais de países em desenvolvimento, onde os serviços bancários são escassos, uma CBDC pode permitir que as pessoas participem da economia digital sem a necessidade de infraestrutura bancária tradicional (Aragão, 2021).

A utilização de uma CBDC pode reduzir significativamente os custos de transação associados ao uso de dinheiro físico, como impressão, transporte e segurança. Além disso, pode diminuir as taxas de transação cobradas por intermediários financeiros em pagamentos digitais. Estudos mostram que, em países onde a digitalização dos pagamentos foi implementada com sucesso, houve uma redução significativa nos custos operacionais dos bancos e uma maior eficiência nas transações (BIS, 2021; Griffoli et al., 2018).

A CBDC pode tornar os sistemas de pagamento mais rápidos e eficientes, permitindo a liquidação em tempo real de transações domésticas e internacionais. Isso pode reduzir a dependência de intermediários e agilizar o processo de pagamento. Em países como a Suécia, onde o uso de dinheiro físico está em declínio, a implementação de uma CBDC pode complementar a infraestrutura de pagamentos existente e proporcionar uma alternativa segura e eficiente ao dinheiro físico (BIS, 2021; Cunha et al., 2021; Griffoli et al., 2018).

A digitalização da moeda pode dificultar atividades ilegais, como lavagem de dinheiro e financiamento do terrorismo, ao permitir maior rastreabilidade das transações. A implementação de uma CBDC pode facilitar o monitoramento e a detecção de transações suspeitas, ajudando os reguladores a combater atividades ilícitas de maneira mais eficaz (Alonso et al., 2021; Aragão, 2021; Ceylan, 2024). Entretanto o BIS (2018), alega que o tema de combate à lavagem de dinheiro e do terrorismo, apresentam um desafio quando conjugado com o tema da privacidade. Alguns projetos de CBDC propõem níveis variados de anonimato

para diferentes tipos de transações, permitindo um controle mais eficaz sem comprometer a privacidade legítima dos usuários (BIS, 2018).

A CBDC pode fornecer aos bancos centrais uma nova ferramenta para implementar políticas monetárias de forma mais direta e eficaz. Isso pode incluir a possibilidade de aplicar taxas de juros negativas diretamente nos saldos digitais para incentivar o consumo em períodos de recessão. Além disso, uma CBDC pode ajudar a manter a estabilidade financeira ao proporcionar um meio de pagamento seguro e confiável em tempos de crise (Aragão, 2021, Cunha et al., 2021).

Em transações financeiras, o risco de contraparte refere-se à possibilidade de uma das partes na transação não cumprir suas obrigações. A CBDC, sendo uma forma de moeda emitida e garantida pelo banco central, pode reduzir significativamente esse risco, proporcionando uma maior confiança nas transações digitais (Bech & Garratt, 2017).

A implementação de uma CBDC pode estimular a inovação tecnológica nos sistemas financeiros. Isso pode incluir o desenvolvimento de novas tecnologias para segurança cibernética, processamento de transações e integração de sistemas financeiros. A adoção de tecnologias como *blockchain* pode proporcionar maior transparência e segurança nas transações financeiras (Aragão, 2021; Tapscott, 2020).

Em emergências, como a pandemia de COVID-19, a capacidade de realizar transferências diretas de fundos para cidadãos de forma rápida e eficiente é crucial. Uma CBDC pode facilitar essas transferências, permitindo que os governos distribuam auxílio financeiro diretamente para as carteiras digitais dos cidadãos (Aragão, 2021; Tapscott, 2020).

A rastreabilidade das transações digitais pode ajudar a reduzir a evasão fiscal, garantindo que todas as transações sejam registradas e tributadas de acordo com as leis fiscais. Isso pode aumentar a receita do governo e permitir uma melhor alocação de recursos públicos (Bech & Garratt, 2017; Aragão, 2021).

A existência de uma CBDC, garantida pelo banco central, pode aumentar a confiança do público no sistema financeiro, especialmente em tempos de crise. Saber que há uma forma de moeda digital segura e confiável pode proporcionar uma maior estabilidade financeira e evitar corridas aos bancos (Aragão, 2021; Bech & Garratt, 2017; BIS, 2018).

4.2 Desvantagens

Apesar das vantagens, a implementação de uma CBDC também apresenta várias desvantagens e riscos potenciais:

- riscos à privacidade
- impacto nos bancos comerciais
- segurança cibernética:
- custo de implementação e manutenção
- riscos de tecnologia obsoleta
- impacto econômico

A digitalização total das transações financeiras pode levantar preocupações significativas sobre privacidade e vigilância. A possibilidade de monitoramento estatal de todas as transações financeiras pode ser vista como uma invasão de privacidade. É crucial encontrar um equilíbrio entre a necessidade de rastreamento de transações para fins de segurança e a proteção dos direitos individuais à privacidade (Aragão, 2021; Boaventura et al., 2023; BIS, 2018, 2020; Zhang et al., 2021, Zhang & Huang, 2022).

A adoção de uma CBDC pode reduzir a dependência dos consumidores em relação aos bancos comerciais, afetando a intermediação financeira. Isso pode levar a uma diminuição dos depósitos bancários e aumentar a volatilidade no sistema financeiro. Os bancos comerciais

podem enfrentar desafios significativos para se adaptarem a um novo ambiente financeiro onde a CBDC desempenha um papel central (BIS, 2020; Cunha et al., 2021).

A implementação de uma CBDC requer robustos sistemas de segurança cibernética para proteger contra-ataques e fraudes. A vulnerabilidade a ataques cibernéticos pode representar um risco significativo para a estabilidade financeira. A segurança da CBDC deve ser uma prioridade máxima para garantir a confiança do público e a integridade do sistema financeiro (Aragão, 2021; BIS, 2018, 2020; Cunha et al., 2021).

Desenvolver, implementar e manter uma infraestrutura de CBDC pode ser caro e complexo. Uma vez que essa nova tecnologia deverá ser adicionada sobre a infraestrutura envelhecida e desordenada (Tapscott & Tapscott, 2016). Além disso, serão necessários investimentos em tecnologia, segurança e educação do público e das instituições financeiras sobre o uso da nova moeda digital. Os custos contínuos de atualização e manutenção dos sistemas também devem ser considerados (BIS, 2018, 2020; Cunha et al., 2021).

A rápida evolução da tecnologia pode tornar os sistemas de CBDC obsoletos rapidamente. É crucial que os bancos centrais invistam em tecnologias flexíveis e escaláveis que possam se adaptar às mudanças e inovações futuras (BIS, 2023; Cunha et al., 2021).

A introdução de uma CBDC pode ter impactos econômicos imprevistos. Por exemplo, pode alterar a dinâmica da oferta e demanda de dinheiro, afetando as taxas de juros e a política monetária. É essencial realizar uma análise econômica abrangente antes da implementação para prever e mitigar possíveis impactos negativos (BIS, 2021; Boaventura et al., 2023; Griffoli et al., 2018).

4.3 Desafios

A implementação de uma CBDC enfrenta diversos desafios técnicos, econômicos e regulatórios que precisam ser superados:

- riscos à privacidade
- interoperabilidade e padrões globais
- arquitetura técnica
- regulamentação e governança
- adaptação do sistema financeiro
- confiança do público
- segurança e resiliência
- integração com infraestruturas existentes

A criação de uma CBDC eficaz requer a interoperabilidade entre diferentes sistemas de pagamento nacionais e internacionais. Estabelecer padrões globais e garantir a compatibilidade entre sistemas é um desafio significativo. Sem interoperabilidade, a CBDC pode se tornar fragmentada e ineficaz (BIS, 2018, 2023; Boaventura et al., 2023; Ceylan, 2024).

Escolher a arquitetura técnica correta é crucial. Decisões sobre se a CBDC deve ser baseada em tecnologia de registro distribuído (DLT) ou em um sistema centralizado têm implicações importantes para a segurança, escalabilidade e eficiência do sistema. A arquitetura deve ser projetada para suportar altos volumes de transações, garantir a segurança e ser flexível para futuras inovações (BIS, 2023; Ceylan, 2024; Tsareva & Komarov, 2024).

Desenvolver um arcabouço regulatório que assegure a segurança e a estabilidade do sistema financeiro, enquanto protege os direitos dos consumidores, é essencial. Isso inclui a criação de políticas claras sobre privacidade, proteção de dados e prevenção de crimes financeiros. A governança eficaz da CBDC requer a colaboração entre diferentes autoridades regulatórias e financeiras (BIS, 2018, 2023; Cunha et al., 2021; Lyu et al., 2023; Zhang et al., 2021).

Bancos comerciais e outras instituições financeiras precisam se adaptar às mudanças trazidas pela implementação de uma CBDC. Isso inclui ajustar seus modelos de negócios e sistemas operacionais para integrar a nova moeda digital. A transição para a CBDC deve ser gerida de forma a minimizar a interrupção dos serviços financeiros existentes (BIS, 2018; Ceylan, 2024; Cunha et al., 2021).

A aceitação e adoção de uma CBDC pelo público dependem da confiança na moeda digital e no sistema financeiro que a suporta. Educar o público sobre os benefícios e as medidas de segurança da CBDC é crucial para sua adoção bem-sucedida. A transparência na implementação e operação da CBDC pode ajudar a construir e manter a confiança do público (BIS, 2018, 2023; Cunha et al., 2021; Boaventura et al., 2023; Ceylan, 2024).

Garantir a segurança e a resiliência do sistema de CBDC é um desafio contínuo. A proteção contra fraudes, ataques cibernéticos e falhas do sistema é essencial para manter a integridade e a confiança na moeda digital. Isso inclui a implementação de medidas robustas de segurança cibernética e a realização de testes regulares para identificar e corrigir vulnerabilidades (BIS, 2018, 2023; Boaventura et al., 2023; Ceylan, 2024; Cunha et al., 2021).

A CBDC deve ser integrada de forma harmoniosa com as infraestruturas de pagamento e bancárias existentes. Isso inclui a interoperabilidade com sistemas de pagamento tradicionais e a capacidade de coexistir com o dinheiro físico e outras formas de moeda digital. A integração eficaz requer planejamento cuidadoso e colaboração entre diferentes partes interessadas (BIS, 2018, 2023; Boaventura et al., 2023; Ceylan, 2024; Cunha et al., 2021).

4.4 Exemplos de CBDCs

A fim de ilustrar as vantagens, desvantagens e desafios da implementação de uma CBDC, foi desenvolvido um resumo considerando-se as motivações e objetivos, arquitetura e tecnologia, desafios e resposta encontradas no desenvolvimento das CBDCs da China (Yuan Digital / e-CNY), Suécia (e-Krona) e Bahamas (SandDollar).

4.4.1 China - Yuan Digital (E-CNY)

A China é um dos líderes na implementação de uma CBDC com seu Yuan Digital (e-CNY). O Banco Popular da China ou *People's Bank of China* (PBOC) iniciou os testes do e-CNY em várias cidades em 2020. Abaixo estão alguns dos pontos chave da implementação do e-CNY:

- **Motivações e Objetivos:** O e-CNY visa aumentar a inclusão financeira, reduzir a dependência do sistema de pagamento dominado por grandes empresas de tecnologia e melhorar a eficiência do sistema financeiro (BIS, 2021; Boaventura et al., 2023; Cunha et al., 2021; Lyu et al., 2023; PBOC, 2021;).
- **Arquitetura e Tecnologia:** O e-CNY utiliza uma arquitetura de duas camadas onde o PBOC emite a moeda digital e bancos comerciais e provedores de pagamento distribuem para o público. A tecnologia utilizada inclui funcionalidades offline que permitem transações mesmo sem conexão à internet (BIS, 2021; PBOC, 2021).
- **Desafios e Respostas:** Um dos principais desafios enfrentados foi a necessidade de equilibrar a privacidade com a necessidade de prevenção de atividades ilícitas. O PBOC adotou um modelo de anonimato controlado para resolver essa questão (BIS, 2021; PBOC, 2021). A aceitação pelo público também configura um outro desafio (Lyu et al., 2023).

4.4.2 Suécia (e-Krona)

A Suécia, através do seu Banco Central (*Riksbank* ou *Sveriges Riksbank*), está avançando na implementação de sua própria CBDC, a e-Krona. Abaixo estão alguns detalhes do projeto E-Krona:

- **Motivações e Objetivos:** A Suécia busca manter a estabilidade e a eficiência do sistema de pagamento em um cenário de declínio no uso de dinheiro físico. A E-Krona visa complementar os métodos de pagamento existentes e garantir o acesso a uma moeda digital segura e eficiente (Armelius et al., 2020; Riksbank, 2017).
- **Arquitetura e Tecnologia:** A e-Krona utiliza uma arquitetura centralizada e está sendo testada em várias fases. A tecnologia de registro distribuído (DLT) está sendo explorada para garantir a segurança e a resiliência do sistema (Armelius et al., 2020; Griffoli et al., 2018; Riksbank, 2017, 2020).
- **Desafios e Respostas:** Um dos principais desafios é garantir a acessibilidade e a usabilidade da e-Krona para todos os segmentos da população, incluindo os menos familiarizados com a tecnologia digital. O Riksbank está conduzindo extensas campanhas de educação pública para abordar essa questão (Griffoli et al., 2018; Riksbank, 2017, 2020).

4.4.3 Bahamas (SandDollar)

As Bahamas foram um dos primeiros países a lançar uma CBDC, conhecida como SandDollar. Abaixo estão alguns detalhes do projeto SandDollar:

Motivações e Objetivos: O SandDollar foi lançado para melhorar a inclusão financeira, especialmente em ilhas remotas onde o acesso aos serviços bancários tradicionais é limitado. O projeto também visa aumentar a eficiência do sistema de pagamento e reduzir os custos de transação (Branch et al., 2023; Rolle, 2019).

Arquitetura e Tecnologia: O SandDollar utiliza uma arquitetura híbrida onde o Banco Central das Bahamas emite a moeda digital e provedores de serviços financeiros a distribuem para o público. A tecnologia inclui carteiras digitais que podem ser acessadas por meio de dispositivos móveis (BIS, 2021; Branch et al., 2023; Rolle, 2019).

Desafios e Respostas: Um dos principais desafios enfrentados foi a necessidade de garantir a segurança das transações e a proteção dos dados dos usuários. O Banco Central das Bahamas implementou medidas robustas de segurança cibernética e trabalha em estreita colaboração com provedores de serviços financeiros para garantir a conformidade com as normas de segurança (Branch et al., 2023; Rolle, 2019).

5. Considerações finais

A adoção das CBDCs representa uma transformação significativa no sistema monetário global, impulsionada pela evolução tecnológica e pela necessidade crescente de modernização dos sistemas de pagamento. As vantagens incluem a inclusão financeira, a redução dos custos de transação, a melhoria na eficiência dos pagamentos, a facilidade na implementação de políticas monetárias e a redução da evasão fiscal. Além disso, a segurança proporcionada pela tecnologia de registro distribuído (DLT) e a possibilidade de maior rastreabilidade das transações são aspectos positivos que destacam o potencial das CBDCs

Por outro lado, os desafios não são menos importantes. Questões relacionadas à privacidade, à segurança cibernética, ao impacto nos bancos comerciais e ao custo de implementação são obstáculos que precisam ser cuidadosamente considerados. A necessidade de uma arquitetura técnica robusta e de regulamentações eficazes também é crucial para garantir a segurança e a confiança do público na nova moeda digital.

Os exemplos de implementação das CBDCs na China, Suécia e Bahamas oferecem uma visão prática das diversas abordagens e soluções adotadas para enfrentar esses desafios. O Yuan Digital da China, a e-Krona da Suécia e o SandDollar das Bahamas mostram como diferentes países estão lidando com a introdução de suas moedas digitais, cada um com suas próprias motivações, tecnologias e respostas aos desafios encontrados.

Em resumo, a implementação das CBDCs é uma iniciativa promissora que pode trazer benefícios significativos para os sistemas financeiros globais. No entanto, para que essas vantagens sejam plenamente realizadas, é necessário um planejamento cuidadoso, uma execução precisa, uma comunicação eficaz e uma colaboração estreita entre bancos centrais, instituições financeiras e órgãos reguladores. A adaptação às mudanças tecnológicas e a preparação para os desafios futuros serão fundamentais para o sucesso das Moedas Digitais de Bancos Centrais.

A partir deste trabalho inicial de identificação dos conceitos, vantagens, desvantagens e desafios na implementação de uma CBDC, os próximos passos da pesquisa serão entender como solucionar os desafios apresentados, quais novas tecnologias podem ser utilizadas em conjunto para atenuar as desvantagens, além de realizar um levantamento detalhado das atuais iniciativas de CBDC no mundo. Outra pergunta interessante, a ser analisada em pesquisas posteriores, seria em relação à divulgação (constantemente apresentada como um dos desafios recorrentes nos exemplos das moedas apresentadas): é um problema de pouca e/ou comunicação inadequada ou os benefícios para a população não são tão diferentes dos pagamentos eletrônicos disponíveis nos Países? Ou ainda, o benefício seria mais focado na administração e gerenciamento do Regulador no sistema financeiro (redução de custos, agilidade, transparência etc.) e menos para o cidadão comum? Ou em termos tecnológicos, falta para o cidadão comum uma *Killer Application*? Como dito anteriormente, o artigo tem por objetivo um levantamento inicial dos conceitos relativos às CBDCs e com isso servir de base para novas pesquisas.

6. Referências

Alonso, S. L. N., Fernandez, M. A. E., Bas, D. S., & Kaczmarek, J. (2020). Reasons Fostering or Discouraging the Implementation of Central Bank-Backed Digital Currency: A Review. *Economies*. 2020; 8(2):41. <https://doi.org/10.3390/economies8020041>.

Alonso, S. L. N., Vazquez, J. J., & Forradelas, R. F. R. (2021). Central Banks Digital Currency: Detection of Optimal Countries for the Implementation of a CBDC and the Implication for Payment Industry Open Innovation, *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex., MDPI, Vol. 7(1), 1-23*. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010072>.

Arantes, G. M., Jr., D'Almeida, J. N., Jr., Onodera, M. T., Moreno, S. M. B. M., & Rocha Almeida, V. R. S. (2018). Improving the Process of Lending, Monitoring and Evaluating Through Blockchain Technologies: An Application of Blockchain in the Brazilian Development Bank (BNDES). *IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, Halifax, NS, Canada. https://doi.org/10.1109/Cybermatics_2018.2018.00211.

Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais. (2022). *Tokenização de ativos: Conceitos iniciais e experimentos em curso*. Recuperado em 20 de novembro de 2023, de

<https://www.anbima.com.br/data/files/02/30/82/CB/68001810C27A8F08882BA2A8/Tokenizacao%20de%20ativos.pdf>.

Antal-Molnár, N. (2022). The Evolution of the Digital Currency. *International Journal of Contemporary Business and Entrepreneurship (IJCBE)*, Vol. III (1), 1 – 11. <https://doi.org/10.47954/ijcbe.3.1.1>.

Aragão, M. A. T. (2021). A Few Things You Wanted to Know about the Economics of CBDCs but were Afraid to Model: A Survey of What We Can Learn from Who Has Done (*Working Paper 554*). Banco Central do Brasil, Brasília, DF.

Armeliu, H. Guibourg, G., Johansson, S., & Schmalholz, J. (2020). Ekrona design models: pros, cons and trade-offs. *Sveriges Riksbank Economic Review*, 2, 80-96.

Arner, D., Auer, R., & Frost, J. (2020). Stablecoins: Risks, potential and regulation. *BIS Working Papers*, (905). Recuperado em 15 de abril de 2024, de <https://www.bis.org/publ/work905.htm>.

Baeriswyl, R., Reynard, S., & Swoboda, A. (2024) Retail CBDC purposes and risk transfers to the central bank. *Swiss Journal of Economics and Statistics*. Vol. 160(7) <https://doi.org/10.1186/s41937-024-00124-3>.

Bech, M. L., & Garratt, R. (2017). Central bank cryptocurrencies. *BIS Quarterly Review*, September. Recuperado em 20 de março de 2024, de <https://ssrn.com/abstract=3041906>.

Bank for International Settlements (2018). Central bank digital currencies. *Committee on Payments and Market Infrastructures*. Recuperado em 02 de fevereiro de 2024, de <https://www.bis.org/cpmi/publ/d174.htm>.

Bank for International Settlements (2020). Central bank digital currencies: foundational principles and core features. *Report n. 1*. Recuperado em 02 de fevereiro de 2024, de <https://www.bis.org/publ/othp33.htm>.

Bank for International Settlements (2021). Central bank digital currencies for cross-border payments – Report to G20. *Committee on Payments and Market Infrastructures*. Recuperado em 02 de fevereiro de 2024, de <https://www.bis.org/cpmi/publ/d174.htm>.

Bank for International Settlements (2023). Central bank digital currency (CBDC) information security and operational risks to central banks. *Consultive Group on Risk Management*. Recuperado em 02 de fevereiro de 2024, de <https://www.bis.org/publ/othp81.htm>.

Boaventura, V., Morais, L., & Conti, R. (2023). A moeda digital chinesa: um confronto com o poder estrutural do dólar? *Revista Conjuntura Austral*, Vol. 14(65), 7-20. ISSN: 2178-8839.

Branch, S., Ward L., & Wright A. (2023). "The Evolution of SandDollar," *Intereconomics: Review of European Economic Policy, Sciendo*, Vol. 58(4), 178-184. <https://doi.org/10.2478/ie-2023-0038>.

Carvalho, C. E., Pires, D. A., Artioli, M., & Oliveira, G. C. (2021). Cryptocurrencies: technology, initiatives of banks and central banks, and regulatory challenges. *Economia e Sociedade, Vol. 30(2)*, 467-496. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-3533.2021v30n2art08>.

Ceylan, F. (2024). A Review of Central Bank Digital Currency: Current Status and Changing Trends. *İzmir İktisat Dergisi, 39(2)*, 568-589. <https://doi.org/10.24988/ije.1422562>.

Cunha, P. R., Melo, P., & Sebastião, H. (2021). "From Bitcoin to Central Bank Digital Currencies: Making Sense of the Digital Money Revolution," *Future Internet, MDPI, Vol. 13(7)*, 1-19. <https://doi.org/10.3390/fi13070165>.

Gomes, F. M. D. N., Menezes, R. P., & Benhossi, M. (2023). Desafios para implementação de sistemas CBDCs interoperáveis: Natureza do Real Digital e possibilidades para interoperabilidade. In *Moedas digitais de banco central, tokenização e criptoativos*. Banco Central do Brasil. Recuperado em 23 de maio de 2024, de https://www.bcb.gov.br/conteudo/eventos/Documents/moedas_digitais/tokenizacao/WorkTO-K-Mimeo-Direito_Multi_A_Desafios_para_Implementacao_de_Sistemas_CBDCs_interoperaveis_Real_Digital_e_possibilidades.pdf

Griffoli, T. M., Peria, M. S. M., Agur, I., Ari, A., Kiff, J., Popescu, A., & Rochon, C. (2018). "Casting Light on Central Bank Digital Currencies," *IMF Staff Discussion Notes 2018/008, International Monetary Fund*. Recuperado em 23 de maio de 2024, de <https://www.imf.org/en/Publications/Staff-Discussion-Notes/Issues/2018/11/13/Casting-Light-on-Central-Bank-Digital-Currencies-46233>

Khan, A.A., Shaikh, Z.A., Belinskaja, L., Baitenova, L., Vlasova, Y., Gerzelieva, Z. Laghari, A.A., Abro, A.A., & Barykin, S. (2022). A Blockchain and Metaheuristic-Enabled Distributed Architecture for Smart Agricultural Analysis and Ledger Preservation Solution: A Collaborative Approach. *Applied Sciences., MDPI, Vol. 12(1487)*. <https://doi.org/10.3390/app12031487>

Lyu W., Liu, Y., Jiang, Y., Su, H., & Zhang, K. (2023). E-CNY AND DIGITAL ECONOMY IN CHINA. *Journal of Advance Research in Social Science and Humanities (ISSN 2208-2387)*, 9(11), 1-26. <https://doi.org/10.61841/g15vgt84>

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. Recuperado em 20 de Janeiro de 2024, de <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.

Oliveira, V. A. A. (2019). *Moeda eletrônica do Banco Central: Uma introdução* [Dissertação de Mestrado]. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

Opare, E.A., & Kim, K. (2020). A Compendium of Practices for Central Bank Digital Currencies for Multinational Financial Infrastructures. *IEEE Access, 8*, 110810-110847. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001970>

People's Bank of China. (2021). Progress on Research and Development of E-CNY in China. *Working Group on E-CNY Research and Development of the People's Bank of China*.

Recuperado em 20 de junho de 2024, de <http://www.pbc.gov.cn/en/3688110/3688172/4157443/4293696/2021071614584691871.pdf>.

Richards, T., Thompson, C., & Dark, C. (2020). Retail central bank digital currency: Design considerations, rationales and implications. *Bulletin. Reserve Bank of Australia*. Recuperado em 27 de maio de 2024, de <https://www.rba.gov.au/publications/bulletin/2020/sep/retail-central-bank-digital-currency-design-considerations-rationales-and-implications.html>.

Rolle, J. A. (2019). The Bahamian Payment System Modernisation: Advancing Financial Inclusion Initiatives. *Central Bank of The Bahamas Blockchain Seminar*. Recuperado em 05 de Julho de 2024, de <https://www.bis.org/review/r190321a.pdf>.

Silva, C. F., Cunha, P., & Melo, P. (2022). O impacto organizacional e social das tecnologias emergentes: O caso das blockchains. In S. Ramos, R. D. Sousa, & R. Quaresma (Eds.), *Sistemas de informação: Diagnósticos e prospetivas* (pp. 165-192). Associação Portuguesa de Sistemas de Informação.

Sveriges Riksbank. (2017) *E-Krona Project, Report 1*. Recuperado em 21 de março de 2024, de <https://www.riksbank.se/en-gb/payments--cash/e-krona/e-krona-reports/e-krona-project-report-1/>.

Sveriges Riksbank. (2020). Second special issue on the e-kronaE-Krona Project, *Sveriges Riksbank Economic Review*. Recuperado em 21 de março de 2024, de <https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/pov/engelska/2020/economic-review-2-2020.pdf>.

Schwiderowski, J., Pedersen, A. B., & Beck, R. (2023). Crypto tokens and token systems. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-023-10382-w>

Tapscott, A. (2020). *Financial services revolution: How blockchain is transforming money, markets, and banking*. Barlow Books.

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain revolution: Como a tecnologia por trás do Bitcoin está mudando o dinheiro, os negócios e o mundo*. SENAI-SP.

Tsareva, A., & Komarov M. (2024). Retail Central Bank Digital Currency Design Choices: Guide for Policymakers. *IEEE Access*, Vol. 12, 66129-66146. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3399113>.

World Bank. (2021). *Central bank digital currency: Background technical note*. Recuperado em 15 de março de 2024, de <https://documents1.worldbank.org/curated/en/603451638869243764/pdf/Central-Bank-Digital-Currency-Background-Technical-Note.pdf>.

Xu, X., Weber, I., Staples, M., Zhu, L., Bosch, J., Bass, L., Pautasso, C., & Rimba, P. (2017). A taxonomy of blockchain-based systems for architecture design. In *ICSA'17: IEEE International Conference on Software Architecture*. <https://doi.org/10.1109/ICSA.2017.33>.

Zhang J., Tian, R., Cao, Y., Yuan, X., Yu, Z., Yan, X., & Zhang, X. (2021) A Hybrid Model for Central Bank Digital Currency Based on Blockchain. *IEEE Access*, Vol. 9, 53589-53601, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3071033>.

Zhang, T., & Huang, Z. (2022). Blockchain and central bank digital currency. *ICT Express*, 8 (2), 264-270. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ict.2021.09.014>.

Zheng, Z. Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: a survey. *International Journal of Web and Grid Services*, Vol. 14(4), 352-375. <https://doi.org/10.1504/IJWGS.2018.10016848>.