Uso das tecnologias disruptivas nos portos do Rio de Janeiro para otimizar o processo de embarque e desembarque de mercadorias

Michelle Santos Ferreira (UERJ) *ferreira.michelle@graduacao.uerj.br*
Daiane Rodrigues dos Santos (UERJ) *daianesantoseco@gmail.com*

Resumo

O comércio marítimo no Estado do Rio de Janeiro pode ser considerado um pilar a economia local. O Estado conta com quatro portos principais: Angra dos Reis, Itaguaí, Niterói e o porto do Rio de Janeiro. Este último é reconhecido por sua versatilidade, lidando com uma ampla gama de cargas, como grãos, petróleo, contêineres, produtos químicos e carga geral. A introdução da tecnologia blockchain nas operações portuárias do Rio de Janeiro oferece oportunidade de melhoria no processo de Exportação e Importação da região. Essa inovação tecnológica pode elevar a maior transparência, a segurança e a eficiência nos procedimentos portuários. Este estudo foca na aplicação do blockchain no porto do Rio de Janeiro, explorando como ele pode otimizar os processos de embarque e desembarque. O foco do presente artigo recai sobre a capacidade do blockchain de reestruturar a alocação de custos e reduzir significativamente o tempo despendido em atividades logísticas e administrativas, promovendo assim uma operação portuária mais eficaz e competitiva.

Palavras-Chaves: *Mercadorias, Exportação, Importação, Portos, Tecnologia, Blockchain.*

1. Introdução

O comércio marítimo do Rio de Janeiro é importante para a economia estadual, refletindo-se em grandes volumes de importação e exportação. Em 2022, as importações atingiram US$ 15,08 bilhões, enquanto as exportações somaram US$ 43,46 bilhões. Em 2023, as importações caíram ligeiramente para US$ 14,92 bilhões, mas as exportações subiram para US$ 43,78 bilhões. Até agosto de 2024, as importações foram de US$ 9,74 bilhões e as exportações, US$ 29,91 bilhões. Esses dados destacam os portos do estado como um centro logístico essencial. Os principais portos incluem Angra dos Reis, Itaguaí, Niterói e Rio de Janeiro. Em 2024, Itaguaí liderou com 36 milhões de toneladas movimentadas, 81,9% do total, enquanto o Porto do Rio de Janeiro movimentou 7,8 milhões de toneladas. Em

comparação com 2023, quando o volume total foi de 40,5 milhões de toneladas, houve um crescimento considerável.

O avanço acelerado das tecnologias de informação e telecomunicações está impulsionando a digitalização da complexa burocracia de países e governos, afetando também as relações comerciais multilaterais. Este processo de transformação está redefinindo os padrões e protocolos de certificação internacional. Em outras palavras, os critérios de reconhecimento mútuo entre países estão sendo reorganizados. À medida que processos analógicos se tornam digitais, há uma aceleração no fluxo das cadeias produtivas e logísticas, proporcionando maior segurança, transparência e eficiência nas transações. Esta rápida evolução tecnológica leva a uma padronização mais rigorosa nas relações comerciais. Espera-se que as Aduanas em todo o mundo, em um futuro próximo, adotem uma estrutura digital uniforme de documentos e um formato padronizado para o controle de operações de carga.

A tecnologia blockchain, conhecida por sua aplicação em criptomoedas, surge como uma peça-chave para o setor portuário moderno e integrado as cadeias produtivas mundiais. Sua natureza descentralizada e imutável oferece novas soluções para questões de confiança e transparência. No contexto dos portos do Rio de Janeiro, o blockchain pode melhorar a cadeia de suprimentos, simplificando o rastreamento de mercadorias e documentos. Este artigo investiga essa aplicação, utilizando pesquisa bibliográfica para fundamentação teórica. Organizado em cinco seções, o estudo aborda a importância econômica dos portos, o potencial do blockchain e sua implementação do comercio internacional.

2. Referencial Teórico

ANTAQ (2024), relata que o Estado do Rio de Janeiro abriga quatro portos de significativa importância: Angra dos Reis, Itaguaí, Niterói e o Porto do Rio de Janeiro, cada um contribuindo de maneira única para a infraestrutura portuária do estado. Observa-se que o Porto do Rio de Janeiro, importante por sua capacidade multipropósito, movimenta uma vasta gama de cargas, como grãos, petróleo, contêineres, produtos químicos e carga geral. Este porto se posiciona entre os maiores do Brasil em movimentação de contêineres, desempenhando um papel crucial nas operações de exportação e importação do país. O Porto de Itaguaí destaca-se pela exportação de minérios, especialmente minério de ferro, além de ter expandido suas operações para incluir contêineres e granéis líquidos. Já o Porto de Niterói é importante para o suporte às atividades *offshore* de petróleo e gás, oferecendo serviços

logísticos especializados, dada sua proximidade com as bacias petrolíferas do pré-sal. Por fim, o Porto de Angra dos Reis, localizado no litoral sul, serve como apoio logístico para operações offshore e movimenta cargas gerais, consolidando-se como um ponto essencial para a indústria de óleo e gás. Esses portos, com suas funcionalidades interligadas, formam um complexo logístico singular que fortalece a economia estadual e nacional, destacando o Rio de Janeiro como um eixo central no comércio marítimo brasileiro.

ANTAQ (2024), analisou que o Porto do Rio de Janeiro destaca-se no Brasil devido à sua localização estratégica e à diversidade de operações que realiza. Localizado na Baía de Guanabara, o porto exerce grande influência no comércio internacional e no desenvolvimento econômico da região sudeste do país, que é uma das mais industrializadas. Além disso, o porto oferece acesso a várias rotas marítimas internacionais, sendo indispensável para o escoamento de produtos industriais, petróleo, químicos e contêineres. O porto é considerado multipropósito com uma ampla movimentação de cargas, lidando com produtos como grãos, petróleo, contêineres, produtos químicos e carga geral, ele se destaca entre os maiores do país em movimentação de contêineres, o que o torna um elo para as exportações e importações do Brasil. Os principais produtos exportados incluem minerais, automóveis, aço e produtos agrícolas, enquanto as importações envolvem principalmente máquinas, equipamentos e produtos químicos.

O impacto econômico do Porto do Rio de Janeiro é significativo, gerando milhares de empregos diretos e indiretos e sendo um polo para a exportação e importação do Estado. A modernização contínua do porto é vista como um fator importante para o crescimento industrial e comercial, não apenas no Rio de Janeiro, mas também em outras regiões do Brasil que dependem das suas operações. A adoção de novas tecnologias e melhorias na infraestrutura são cruciais para que o porto mantenha sua relevância e competitividade no comércio global.

3. A tecnologia disruptiva Blockchain e o seu potencial nos portos

A revolução industrial da digitalização e automação está prestes a reinventar as operações portuárias. Com a automação, por exemplo, os portos têm a chance de se tornarem muito mais adaptáveis e eficientes em termos de custo na administração de grandes embarcações e no manejo do crescente fluxo de comércio marítimo. No futuro serão possíveis operações

portuárias que sejam sustentáveis e livres de acidentes, aumentando sua competitividade por meio de uma confiabilidade mais elevada, previsibilidade e uso otimizado de recursos.

A tecnologia blockchain é uma inovação disruptiva que introduziu uma nova forma de registrar e armazenar dados de maneira segura, descentralizada e transparente. (Tokumoto, 2023). Seu impacto já é sentido em diversas áreas, principalmente nas finanças, mas ela possui potencial de transformação em diversos setores. Essencialmente, o blockchain é um livro-razão digital distribuído, que permite o registro de transações de forma imutável e compartilhada entre vários participantes. Essas transações são organizadas em blocos, que são conectados uns aos outros, formando uma cadeia de blocos, a principal característica dessa tecnologia é sua descentralização, ou seja, ela não depende de uma entidade central, como bancos ou empresas, em vez disso, o registro é mantido por uma rede de computadores distribuídos globalmente, chamados de nós, que possuem uma cópia completa do sistema. (Mougayar, 2017).

Outra propriedade do blockchain é a imutabilidade: uma vez que uma transação é gravada, não pode ser alterada, isso acontece porque cada bloco contém um código criptográfico do bloco anterior, tornando a cadeia resistente a modificações. Além disto, o sistema é transparente, permitindo que todas as transações sejam visíveis para os participantes da rede, mesmo que as identidades sejam protegidas por endereços criptográficos, qualquer pessoa pode auditar essas transações. A segurança também é um ponto forte, uma vez que os dados são validados por múltiplos nós, tornando extremamente difícil corromper a rede, a criptografia empregada garante que os dados e as transações estejam protegidos contra adulterações (Deascale, 2024 e Phemex, 2024).

A tecnologia blockchain, ao longo dos últimos anos, tornou-se evidente como uma tecnologia potencial de transformar a gestão e a partilha de dados nos portos, criando uma abordagem para governança tecnológica e digital, por ser um sistema de registro distribuído, o blockchain proporciona segurança, imutabilidade e transparência às transações, o que pode beneficiar diretamente as operações portuárias, ao garantir que os dados sejam confiáveis e acessíveis a todas as partes envolvidas, como autoridades alfandegárias, operadores logísticos e companhias de transporte. Esse nível de transparência e segurança pode reduzir o risco de fraudes e adulterações nos documentos e processos, além de melhorar a confiança entre os participantes da cadeia logística.

A tecnologia blockchain nos portos permite a inovação da automação de processos burocráticos por meio de contratos inteligentes, esses contratos são programas que executam

automaticamente transações ou ações quando determinadas condições são atendidas, sem a necessidade de intervenção humana. Nos portos, eles podem ser utilizados para automatizar processos como o desembaraço aduaneiro, pagamento de taxas e inspeções, o que economiza tempo e recursos, além de eliminar intermediários e reduzir erros manuais, isso acelera significativamente as operações portuárias e diminui os custos associados a procedimentos administrativos.

Outro aspecto relevante do blockchain é a capacidade de rastrear e monitorar cargas em tempo real, desde a origem até seu destino, essa visibilidade total sobre a cadeia de suprimentos pode elevar a eficiência logística e promover a autenticidade e a integridade dos produtos, o que é um ponto chave para setores que lidam com mercadorias sensíveis, como alimentos e medicamentos, a rastreabilidade traz maior confiança ao processo, além de permitir uma resposta rápida em casos de irregularidades ou problemas logísticos, (Costa, 2023).

A interoperabilidade entre diferentes sistemas e a colaboração entre diversos interessados são outros benefícios do blockchain nos portos, ao centralizar as informações em uma rede distribuída e segura, o blockchain facilita a comunicação entre empresas, autoridades e outros agentes envolvidos, permitindo que todos acessem os mesmos dados de forma confiável e em tempo real, isso melhora a coordenação das atividades e a eficiência global das operações portuárias, além de reduzir a fragmentação dos sistemas de informação, (Al-Rakhami e Al-Mashari, 2022).

4. Metodologia

O presente estudo adota uma abordagem qualitativa e exploratória, fundamentada em pesquisa bibliográfica e documental, com o objetivo de analisar os impactos econômicos e operacionais da implementação da tecnologia blockchain nos processos de exportação e importação dos Portos do Rio de Janeiro. Para isso, foram consultadas fontes acadêmicas, relatórios institucionais e normativas governamentais, especialmente documentos da Receita Federal, da ANTAQ e de organismos internacionais ligados ao comércio exterior.

Segundo Piovesan e Temporini (2025), a investigação exploratória representa um método qualitativo essencial para o desenvolvimento de ferramentas de pesquisa que espelhem a realidade analisada. Essa estratégia possibilita o reconhecimento de elementos humanos, como convicções, princípios e costumes, que impactam as ações do grupo em estudo, garantindo que o mecanismo de coleta de dados esteja alinhado com a linguagem e o

ambiente experiencial dos envolvidos. Já Martelli *et al.* (2025) definem a pesquisa exploratória como uma abordagem que viabiliza ao investigador a descoberta de soluções para questões em áreas pouco compreendidas ou exploradas, podendo ser associada a outros métodos, como revisão bibliográfica, estudo de caso e entrevista. Ela simplifica a obtenção de informações, delimita dados, direciona elementos textuais, formula hipóteses, estabelece objetivos e concentra-se no tema da pesquisa.

De acordo com MacDonald (2012), a metodologia qualitativa de pesquisa busca integrar métodos e técnicas para observar, documentar, analisar e interpretar características, padrões, atributos e significados de fenômenos humanos sob estudo, com o objetivo de descrever e compreender. Métodos qualitativos focam na totalidade da experiência humana e os significados atribuídos por indivíduos vivendo a experiência, levando a uma compreensão mais ampla e profunda de comportamentos humanos complexos.

Inclusivamente, a pesquisa incorpora uma análise comparativa com portos internacionais que já implementaram o blockchain em suas operações, como Roterdã, Singapura e Xangai. Essa comparação permite identificar boas práticas, obstáculos regulatórios e o potencial impacto econômico da tecnologia no contexto brasileiro. A partir dessa base teórica e empírica, o estudo busca avaliar como o blockchain pode reduzir custos transacionais, minimizar assimetrias de informação e otimizar processos logísticos, aumentando a eficiência e competitividade do Porto do Rio de Janeiro. Lijphart (1971) destacou que a análise comparativa é um dos métodos básicos, ao lado dos métodos experimental, estatístico e de estudo de caso, para estabelecer proposições empíricas gerais. Ela visa à explicação científica, que consiste em estabelecer relações empíricas gerais entre duas ou mais variáveis, enquanto todas as outras variáveis são controladas, ou seja, mantidas constantes. Para o autor, a análise comparativa se assemelha ao método estatístico, mas difere porque o número de casos é pequeno demais para permitir o controle sistemático por meio de correlações parciais.

Adicionalmente, a pesquisa considera o papel das instituições e regulamentações na adoção dessa tecnologia, analisando o arcabouço normativo vigente e as possíveis barreiras à implementação no Brasil. Por fim, o estudo utiliza uma abordagem crítica para discutir os desafios operacionais e institucionais da digitalização dos portos, destacando a necessidade de investimentos em infraestrutura, capacitação profissional e adaptação regulatória. Dessa forma, a pesquisa contribui para o debate sobre modernização portuária, eficiência econômica e competitividade no comércio exterior, oferecendo insights para gestores públicos, operadores logísticos e formuladores de políticas.

5. Implementação do Blockchain - Planejamento e Execução

O processo de exportação e importação nos portos do Rio de Janeiro, é estruturado para garantir controle, segurança e eficiência na movimentação de cargas, eles são gerenciados pela Autoridade Portuária, envolve a colaboração de órgãos como Receita Federal, Polícia Federal, Ministério da Agricultura e Anvisa, além de empresas de logística e transporte.

Na exportação, o processo começa com o planejamento e documentação prévia, onde as empresas exportadoras preenchem a Declaração de Exportação (DU-E) no Portal Único de Comércio Exterior (Siscomex). São organizados também contratos de frete, certificados de origem e faturas comerciais, a carga passa por uma inspeção inicial e análise documental feita pela Receita Federal e outros órgãos, que verificam a conformidade com regulamentações de exportação, após o registro da DU-E no Siscomex, a carga é transportada para o porto e armazenada em áreas alfandegadas até o momento do embarque. O transportador confirma a reserva no terminal e organiza o agendamento do embarque com a equipe portuária. No momento do embarque, as mercadorias são carregadas no navio conforme uma programação estabelecida, com a Receita Federal realizando inspeções adicionais, caso necessário. Depois do embarque, o transportador emite o Conhecimento de Embarque, que é usado para controle e monitoramento da carga até seu destino.

No caso da importação, o processo começa com o pedido e contratação de frete internacional pelo importador, que organiza documentos como fatura comercial, *packing list,* (é um documento que lista todas as mercadorias de uma carga), e certificado de origem. Quando a carga chega ao porto, o importador registra a mercadoria no Siscomex com a Declaração de Importação (DI). A Receita Federal analisa os documentos e determina o nível de inspeção por meio de um canal de parametrização (verde, amarelo, vermelho ou cinza), indicando o tipo de conferência, que pode variar de inspeção documental a física após aprovação no despacho aduaneiro, o importador paga os tributos (IPI, ICMS, PIS, COFINS) e, com a liberação, obtém o Termo de Liberação de Carga, então a carga é retirada do terminal e transportada até o destino final no Brasil, geralmente por transportadoras especializadas.

Para aplicar o blockchain diretamente nos processos atuais de exportação e importação nos portos do Rio de Janeiro, é necessário desenvolver uma estratégia de implementação faseada, com o objetivo de minimizar interrupções e adaptar todos os envolvidos à nova tecnologia. O primeiro passo é identificar as áreas-chave para a implementação do blockchain, como a documentação e despacho aduaneiro, onde o blockchain pode substituir o papel e simplificar a

troca de documentos, como a Declaração Única de Exportação (DU-E), Declaração de Importação (DI) e Conhecimento de Embarque (Kouhizadeh e Sarkis, 2018). Outro ponto é o rastreamento de carga, onde o blockchain pode registrar e rastrear cada etapa de movimentação da carga, desde a entrada no porto até o embarque ou desembarque final. A automação de pagamentos e a liberação de cargas também podem ser beneficiadas com contratos inteligentes que facilitem o pagamento de taxas e a liberação automática de mercadorias ao atender todas as condições de regulamentação (World Economic Forum, 2018).

Em seguida, desenvolvimento de uma plataforma de blockchain integrada, que conecte todos os *stakeholders*, (grupos ou entidades que têm interesse ou são afetados pelas atividades e decisões de uma empresa ou projeto), incluindo Receita Federal, Anvisa, Ministério da Agricultura, operadores portuários, transportadoras e empresas de logística (Antaq, 2020). A plataforma em questão deve permitir a inserção de dados por todos os participantes e garantir que informações sensíveis sejam protegidas e acessíveis apenas às partes autorizadas. Além disso, é importante digitalizar documentos e certificados, registrando documentos de exportação e importação, como faturas, certificados de origem e autorizações de embarque no blockchain, para que fiquem acessíveis de forma segura e auditável (PwC, 2018), cada documento terá um *hash*, (função criptográfica que transforma um conjunto de dados em uma sequência fixa de caracteres), criptográfico único, garantindo autenticidade e prevenindo fraudes.

A regulamentação do uso da tecnologia blockchain no Brasil inicia sua formalização com a publicação do decreto 10.550, de 24 de Novembro de 2020, no Diário Oficial da União, prevendo suas aplicações no comércio exterior brasileiro. Diz o texto do artigo 562: "A Secretaria Especial da Receita Federal do Brasil, do Ministério da Economia, poderá dispor, em relação à fatura comercial, sobre: (…) IV — formas de assinatura mecânica ou eletrônica, permitida a confirmação de autoria e autenticidade do documento, inclusive na hipótese de utilização de blockchain.

Com base no decreto, o SERPRO, órgão vinculado à Receita Federal do Brasil, lançou a rede blockchain oficial chamada "bConnect". Essa rede tem como objetivo manter a participação do Brasil em uma rede integrada no âmbito do Mercosul, facilitando a comunicação entre as aduanas que fazem parte do Operador Econômico Autorizado (OEA) de maneira ágil e segura. Além disso, a bConnect visa o compartilhamento de dados relacionados às declarações aduaneiras entre os países do bloco. De acordo com a CNI (2021), a iniciativa

garante a autenticidade dos dados compartilhados entre os países signatários do Mercosul, recebendo elogios de órgãos internacionais, como o CTPAT, dos EUA, que promove uma aliança do comércio exterior contra práticas terroristas. Um dos efeitos dessa regulamentação é a substituição de assinaturas manuais por certificados digitais, eliminando incompatibilidades entre os diferentes sistemas usados por cada país. Com a adoção da rede blockchain, todas as assinaturas criptografadas seguirão um padrão de protocolo uniforme. No que tange à integração de dados, a rede bConnect permite a troca automatizada de informações aduaneiras entre os países, substituindo planilhas trocadas por e-mail. É uma rede permissionada, desenvolvida na plataforma *Fabric Hyperledger* da IBM, onde a participação é exclusiva por convite e aprovação dos membros existentes. A bConnect atende à necessidade de integração de informações apontada pela Organização Mundial de Aduanas (OMA) e, embora inicialmente focada no Mercosul, tem a capacidade de interagir com outros blocos comerciais e países, (CNI, 2021).

O bConnect foi desenvolvido para atender à demanda internacional de troca automatizada de dados aduaneiros entre empresas de diferentes países autorizadas a realizar comércio exterior, conhecidas como Operador Econômico Autorizado (OEA). Antes dessa solução, a troca de dados era feita principalmente através de planilhas criadas ou extraídas dos sistemas de cada nação e enviadas por e-mail. Com a chegada do bConnect, a autenticidade e segurança dos dados compartilhados passaram a ser garantidas.

Os certificados OEA são concedidos pelas aduanas a empresas que demonstram capacidade de gerenciar satisfatoriamente os riscos relacionados à segurança física das cargas e à conformidade tributária e aduaneira, conferindo-lhes o status de seguras e confiáveis. Entre os principais benefícios para as empresas certificadas estão a isenção de garantia na admissão temporária para uso econômico, o registro antecipado da declaração, a redução do percentual de canais de conferência na importação e a prioridade na conferência das declarações de exportação e importação.

Vale ressaltar que o uso do blockchain é especialmente indicado em contextos em que a confiança entre os participantes da rede é limitada. A tecnologia garante que todos os dados transacionados sigam as mesmas regras de negócio e sejam gravados e distribuídos de forma uniforme, sem possibilidade de alteração por qualquer país sem o conhecimento e consentimento dos demais. Assim, a arquitetura distribuída do blockchain assegura que todos

os participantes do consórcio possuam exatamente os mesmos dados em seus nós, promovendo a integridade e a confiabilidade das informações compartilhadas.

A rede federativa é uma estrutura colaborativa onde nenhum país exerce domínio sobre os outros, garantindo igualdade entre os participantes. Essa configuração permite uma implementação rápida e eficaz, uma vez que a propriedade é coletiva e não centralizada. O conceito de canais criptográficos é central, proporcionando um ambiente seguro para a troca de informações. A rede é projetada para suportar diferentes regras de sigilo e troca de dados, adaptando-se às necessidades específicas de cada participante. Um dos principais benefícios dessa rede é que a confiança não precisa ser estabelecida entre os países, mas sim na própria rede. Isso é alcançado através da imutabilidade e rastreabilidade dos dados, características fundamentais da tecnologia blockchain. Os registros são permanentes e podem ser auditados a qualquer momento, garantindo transparência e segurança. Além disso, o baixo custo de operação torna a rede acessível e viável para todos os membros. Por ser uma rede permissionada, o acesso é controlado e restrito aos participantes autorizados, o que reforça a segurança e a confiança no sistema. Essa configuração permite que as informações sejam compartilhadas de forma segura e eficiente, mantendo a integridade dos dados e assegurando que apenas os membros autorizados tenham acesso às informações sensíveis. Assim, a rede federativa se apresenta como uma solução robusta e confiável para a gestão colaborativa de dados entre países[1].

A tecnologia em questão baseada no AEO *Master Dataset Derived Information Package* (DIP) destaca uma série de aspectos importantes relativos à implementação de uma rede federativa para a troca de informações aduaneiras. A rede é construída com base em princípios de governança colaborativa, onde nenhum país tem controle absoluto, promovendo uma estrutura de propriedade coletiva. Isso facilita a celeridade na implementação, pois todos os participantes têm voz igual no desenvolvimento e operação da rede. O conceito de canais criptográficos é central para a operação da rede, permitindo a troca segura de informações sensíveis. Esses canais suportam diferentes regras de sigilo e troca de dados, adaptando-se às necessidades específicas de cada participante. A confiança é depositada na rede em si, graças às propriedades de imutabilidade e rastreabilidade do blockchain, que garantem que todos os registros sejam permanentes e auditáveis.

[1] https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/aduana-e-comercio-exterior/importacao-e-exportacao/oea/arquivos-e-imagens/arquivos/procomex-2020-apresentacoes/apresentacao_-bconnect-avancos-no-programa-oea_novembro-2020_sergio-alencar.pdf

Quadro 1 - AEO Master Dataset Derived Information Package (DIP) em JSON

JSON (JavaScript Object Notation)

```
{
 "MasterData": {
  "FunctionCode": 9,
  // {9 | 4} = 9: transmissão de inclusão, 4: atualização de dados, 1: cancelamento
  "FunctionalReferenceID": "AR123e4567-e89b-12d3-a456-426655440000",
  // Código específico de bConnect
  "TypeCode": "AEO",
  // Código específico de bConnect
  "MasterDataRecipient": {
   "TypeCode": 5,
   // {5} = EDIFACT 9415, deve ser sempre 5 (http://www.unece.org/trade/untdid/d11a/tred/tred9415.htm)
   "ID": "ARC"
   // {UN}{ISO3166-1}, deve ser a capital do país | ISO 3166-1 para país, ISO 3166-2 para província
(https://es.wikipedia.org/wiki/ISO_3166-2)
  },
  "MasterDataSender": {
   "TypeCode": 5,
   // {5} = igual que MasterDataRecipient / TypeCode
   "ID": "ARC"
   // {UN}{ISO3166-1}, igual que MasterDataRecipient / ID
  },
  "MasterDataParty": {
   "IdentificationIssuingCountryCode": "AR",
   // Código do país ISO 3166-1
   "ID": "30507293175",
   "Name": "ARCOR S.A.I.C.",
   "ShortName": "ARCOR",
   "RoleCode": "IM",
   // {"IM" | "EX" | "CA" | "FW" | "WH" | "TR" | "CB"} EDIFACT 3035
   "Address": {
    "TypeCode": "3",
    // {1 | 2 | 3} = 1: Direção postal, 2: Direção fiscal, 3: Direção física
    "StreetAndNumber": "AV FULVIO S PAGANI 487",
    "CountryCode": "AR",
    // Código do país ISO 3166 | 2 caracteres = ISO 3166 ONU / ECE Recomendação 3
(https://www.unece.org)
    "CountrySubdivisionCode": "AR-X",
    // {AR-X} = EDIFACT 3229 ISO 3166-2
    "City": "ARROYITO",
    "PostcodeID": "2434"
   }
  },
  "AdditionalDocument": [
   {
    "ID": "1",
    // Incremental, número de ordem de certificação
    "EffectiveDateTime": "20190501",
    // EDIFACT 2379 Código 102 formato CCYYMMDD
    "ExpirationDateTime": "20210501",
    // EDIFACT 2379 Código 102 formato CCYYMMDD
    "StatusCode": "10",
    // {"10" | "40" | "41"} EDIFACT 1373
    "DocumentType": "878"
    // {"878" | "879" | "831"} EDIFACT 1001
   }
  ]
 }
```

```
}
```

Fonte: Adaptado de: BCONNECT Solução blockchain para suportar ARMs OEA[2]

O pseudocódigo apresentado no Quadro 1 refere-se à estruturação de dados no contexto da certificação e comunicação de informações aduaneiras via blockchain (bConnect). Ele organiza os dados de maneira padronizada para facilitar o intercâmbio entre diferentes sistemas e países. Como pode ser visto, O campo FunctionCode define o tipo de operação a ser realizada, onde, por exemplo, o código "9" indica inclusão, enquanto outros valores podem representar atualização ou cancelamento de dados. O FunctionalReferenceID atua como um identificador único (UUID) associado ao país e à operação realizada, enquanto o TypeCode, neste caso "AEO", especifica que os dados estão relacionados ao Operador Econômico Autorizado. As partes envolvidas no processo são descritas por meio dos campos MasterDataRecipient e MasterDataSender, que identificam as entidades que recebem e enviam os dados, utilizando códigos padronizados. Já o campo MasterDataParty detalha informações sobre a entidade, como país de origem (código ISO 3166), identificação fiscal, nome, papel desempenhado (como importador ou exportador) e endereço completo. O endereço físico da entidade é especificado no campo Address, incluindo rua, número, cidade, código postal e subdivisão do país, seguindo padrões internacionais reconhecidos. Além disso, a seção AdditionalDocument contém informações sobre documentos e certificados relacionados, como datas de emissão e validade, status e tipo do documento, estruturados de acordo com normas EDIFACT. Essa organização garante que os dados sejam compartilhados de forma padronizada, segura e eficiente entre os países participantes.

[2] https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/aduana-e-comercio-exterior/importacao-e-exportacao/oea/arquivos-e-imagens/arquivos/procomex-2020-apresentacoes/apresentacao_-bconnect-avancos-no-programa-oea_novembro-2020_sergio-alencar.pdf

A solução oferecida pelo BConnect busca padronizar a estrutura das tabelas de domínio, permitindo que todos os países participantes compartilhem seus dados de forma a serem automaticamente reconhecidos e processados pelos sistemas internos de cada nação. Isso eliminará a necessidade de comparações manuais de códigos, agilizando o processo de fiscalização aduaneira. Além disso, o BConnect tem o potencial de automatizar a troca de informações aduaneiras. Embora inicialmente a integração esteja focada nos países do Mercosul, o objetivo é expandir essa rede para incluir outros blocos econômicos, aprimorando assim os procedimentos aduaneiros com nações adicionais (Medeiros *et al.* 2024).

A integração da tecnologia Blockchain com a rede BConnect tem demonstrado benefícios significativos em diversos contextos, destacando-se como uma ferramenta revolucionária para a condução de negócios, gerenciamento de dados e execução de transações. A imutabilidade e segurança inerentes ao Blockchain, combinadas com a infraestrutura e funcionalidades da rede BConnect, formam os pilares essenciais para melhorar a eficiência e integridade nas operações comerciais. A transparência e confiabilidade proporcionadas pelo Blockchain abrem caminho para inúmeras aplicações inovadoras, que vão desde cadeias de suprimentos até áreas financeiras e de governança. A capacidade de rastrear transações de maneira transparente e imutável fomenta a confiança entre os participantes da rede, criando um ambiente adequado para colaboração e inovação, (Medeiros et al. 2024). A automação de processos através de contratos inteligentes na rede BConnect resulta em uma redução significativa nos custos operacionais e um aumento na eficiência. Isso não apenas otimiza os processos comerciais, mas também promove um ambiente que favorece a inovação e colaboração entre os participantes da rede.

6. Considerações Finais

O Porto do Rio de Janeiro, com sua capacidade multipropósito, destaca-se na movimentação de contêineres e na exportação e importação de uma variedade de cargas. Itaguaí se especializa na exportação de minérios, enquanto Niterói e Angra dos Reis fornecem suporte vital às operações offshore de petróleo e gás. Esses portos, combinados, formam um complexo logístico integrado que fortalece a posição do Rio de Janeiro no comércio marítimo brasileiro, com potencial elevado de contribuição para o desenvolvimento econômico do país. Diante disso, há uma preocupação crescente em considerar como esses portos continuarão a

evoluir e adaptar-se às necessidades futuras, em um mundo globalmente tecnológico, garantindo sua relevância e eficiência no comércio internacional.

A adoção da tecnologia blockchain no Porto do Rio de Janeiro é estratégico para modernizar as operações e ampliar sua competitividade no mercado global. Seguindo o modelo de portos líderes ao redor do mundo, a implementação de tecnologias disruptivas como o blockchain permite atender às crescentes demandas do comércio internacional, trazendo benefícios como expansão do comércio internacional.

Entre os principais ganhos, destacam-se a redução de custos operacionais e administrativos, alcançada pela eliminação de intermediários e pela automação de tarefas, permitindo maior eficiência e economia de recursos. Também, o aumento na velocidade dos processos proporciona significativa redução nos tempos de espera para liberação de mercadorias, garantindo maior agilidade e produtividade, ele melhora a transparência das operações, promovendo confiança entre as partes envolvidas por meio do compartilhamento seguro de dados e rastreamento em tempo real. Outro aspecto relevante é o impacto na segurança e conformidade regulatória, uma vez que o blockchain assegura a integridade das informações e facilita a inspeção de cargas perigosas, contribuindo para a redução de riscos operacionais, os casos de portos como Roterdã, Xangai e Singapura comprovam que essas inovações não apenas transformam as operações portuárias, mas também impulsionam o desenvolvimento de ecossistemas logísticos mais integrados, eficientes e sustentáveis.

Dessa forma, a implementação dessas tecnologias nos portos do Rio de Janeiro oferece um caminho claro para a modernização de sua infraestrutura, tornando-os mais preparados para os desafios do futuro. Além de posicionar o Brasil como um *hub* estratégico no comércio global, essas soluções contribuem para a geração de valor econômico, o fortalecimento da competitividade nacional e a criação de um sistema logístico mais ágil, confiável e sustentável.

REFERÊNCIAS

AL-RAKHAMI, M.; AL-MASHARI, M. **Interoperability approaches of blockchain technology for supply chain systems**. Business Process Management Journal, v. 28, n. 5/6, p. 1251-1276, 2022. Disponível em: www.emerald.com. Acesso em: 21 jan. 2025.ANTAQ. Manual de procedimentos para exportação e importação. Disponível em: <www.gov.br> Acesso em: 04 nov. 2024. Acesso em 28 de fevereiro de 2025.

ANTAQ. **Relatório de movimentação de cargas nos portos brasileiros**. Brasília: ANTAQ, 2024. Disponível em: www.gov.br. Acesso em: 04 nov. 2024. CNI, Confederação Nacional da Indústria. A tecnologia blockchain e suas possíveis aplicações no Comércio Exterior. 2021. Disponível em: <sebrae.com.br https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/movport.html#pt> Acesso em: 04 jan. 2025.

COSTA, Stella Maryane de Oliveira et al. **Os principais impactos da tecnlogia de Blockchain como ferramenta para melhorar a governança de dados e a integridade das informações na administração pública**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Gestão Pública para o Desenvolvimento Econômico e Social do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ 2023. Disponível em: <pantheon.ufrj.br> Acesso em: 04 jan. 2025.

IDEASCALE. **O que é a tecnologia blockchain? Definição, como funciona e principais benefícios**. Disponível em: <ideascale.com> Acesso em: 04 nov. 2024.

IBM; MAERSK. **TradeLens** Overview. Disponível em: < https://www.ibm.com/mysupport/s/topic/0TO50000000IQPpGAO/tradelens?language=en_US> Acesso em 28 de fevereiro de 2025.

LIJPHART, Arend. **Comparative politics and the comparative method**. American political science review, v. 65, n. 3, p. 682-693, 1971. Disponível em: < https://www.cambridge.org/core/journals/american-political-science-review/article/abs/comparative-politics-and-the-comparative-method/A326138E114805EF7E1B72F60EBD4295> Acesso em 28 de fevereiro de 2025.

MACDONALD, Cathy. Understanding participatory action research: A qualitative research methodology option. **The Canadian Journal of Action Research**, v. 13, n. 2, p. 34-50, 2012. Disponível em: <https://journals.nipissingu.ca/index.php/cjar/article/view/37> Acesso em 28 de fevereiro de 2025.

MARTELLI, Anderson et al. **Análise de metodologias para execução de pesquisas tecnológicas**. Brazilian Applied Science Review, v. 4, n. 2, p. 468-477, 2020.

MEDEIROS, Camila Queiróz et al. **Blockchain no Comércio Exterior**. InGeTec-Inovação, Gestão & Tecnologia, v. 3, n. 6, p. 67-81, 2024.

MOUGAYAR, William. **The Business Blockchain: Promise, Practice, and the Application of the Next Internet Technology.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2017.

PHEMEX**. O que é Criptografia na Blockchain: A espinha dorsal da segurança Blockchain.** Disponível em: phemex.com. Acesso em: 04 nov. 2024. Disponível em: <https://phemex.com/pt/academy/what-is-blockchain-cryptography> Acesso em 28 de fevereiro de 2025.

PIOVESAN, ARMANDO; TEMPORINI, Edméa Rita. **Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública.** Revista de saúde pública, v. 29, p. 318-325, 1995.

PWC. **Blockchain is here. What's your next move?** 2018. Disponível em: <www.pwc.com> Acesso em: 08 jan. 2025. https://www.pwc.com/jg/en/publications/blockchain-is-here-next-move.html.

TOKUMOTO, Ronie Cesar**. Blockchain: compreendendo e utilizando uma nova tecnologia disruptiva**. In: Anais do Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Diamantina, 2023. Disponível em: <www.even3.com.br> Acesso em: 09 out. 2024.