BLOCKCHAIN E CONTRATOS INTELIGENTES PARA INTEROPERABILIDADE ENTRE REDES HOMOGÊNEAS E HETEROGÊNEAS

João Victor Zachêo, Maurício Aronne Pillon

INTRODUÇÃO

A procura por interoperabilidade entre blockchains está em constante crescimento acompanhando o aumento no interesse global por essa área de pesquisa (Belchior *et al.*, 2021). Atualmente, existem diversas plataformas de blockchain que se destacam por características específicas. Sendo assim, aplicações com maior complexidade dependem de mais de uma tecnologia para fazer uso de cada uma delas (Zecchini *et al.*, 2023). Nesse contexto, a interoperabilidade entra em foco, possibilitando a comunicação entre blockchains homogêneas e heterogêneas dentro do mesmo sistema. Visando esse contexto, a pesquisa aqui apresentada investiga o modo Asset Exchange do Hyperledger Cacti como alternativa para essa demanda.

DESENVOLVIMENTO

Associada ao projeto USP University Blockchain Research Initiative, a pesquisa teve como objetivo desenvolver uma prova de conceito (PoC) a fim de avaliar o modo de interoperabilidade Asset Exchange da tecnologia Hyperledger Cacti. As mudanças e avanços tecnológicos dos últimos tempos têm como consequência o surgimento de grandes cadeias de suprimentos que dependem de muitos serviços. Uma *supply chain* automotiva, por exemplo, precisa administrar desde a compra de peças e logística de transporte até o fim da vida e descarte de peças do veículo. Uma única plataforma blockchain não é capaz de cuidar de todo esse fluxo. Além disso, transmitir dados entre ambientes diferentes é um grande desafio, uma vez que cada tecnologia possui suas próprias características e arquiteturas. Sendo assim, nasce a necessidade de associar ferramentas divergentes de uma forma com que as informações sejam transmitidas sem obstáculos e de maneira fluida. A interoperabilidade emerge como uma possível solução para esse problema. De acordo com Wilson *et al.* (2026), a interoperabilidade pode ser entendida como a habilidade de plataformas blockchain de transmitir *assets* e dados através de redes homogêneas ou heterogêneas, garantindo consistência e verificabilidade das informações. Atualmente existe uma gama de opções de plataformas que permitem esse fluxo entre redes. Contudo, o trabalho aqui descrito se especializou em investigar a plataforma Hyperledger Cacti. Hyperledger Foundation é um ecossistema aberto para desenvolvimento de tecnologias blockchain principalmente voltada a empresas. Ela possui inúmeras ferramentas que facilitam os sistemas que desejam desenvolver nesse contexto. Entre seus projetos está o Cacti (Hyperledger Cacti, 2026), uma junção do Hyperledger Cactus com o Hyperledger Weaver que promete fornecer a capacidade de interoperabilidade entre blockchains homogêneas e heterogêneas aos clientes. O Cacti possui três modalidades de interoperabilidade, sendo elas: Asset Exchange, Asset Transfer e Data Sharing. Asset Transfer é o modo que habilita a transferência de ativos, tanto fungíveis quanto não-fungíveis, entre redes. Já o Data Sharing é um modo que permite o compartilhamento de informações específicas entre diferentes blockchains. Por fim, o modo Asset Exchange (também conhecido como Atomic Swap) utiliza o protocolo HTLC (Hashed Timelock Contract) para fazer uma troca simultânea e atômica de *assets* entre usuários diferentes em redes distintas. Considere o seguinte contexto: Alice é uma produtora de café que deseja vender suas produções como meio de renda. Bob é um cliente que deseja comprar o café de Alice. A proposta da PoC deste trabalho de pesquisa foi desenvolver esse cenário em pequena escala a fim de avaliar o funcionamento e viabilidade da tecnologia Cacti v2.1.0. Conforme ilustra a Figura 1, a estrutura consiste em utilizar uma rede Hyperledger Fabric como sistema de administração de lotes de café

(*assets* não-fungíveis) e uma rede Hyperledger Besu para gerenciamento financeiro (*assets* fungíveis). Nessa estrutura, Alice e Bob precisam ser usuários de ambas as redes e, assim que a venda ocorrer, o lote de café passa da Alice para o Bob e o dinheiro de Bob é transferido para a Alice. Como mencionado, o protocolo garante que essa troca seja atômica, ou seja, se algo falhar durante o processo a transação é cancelada e os *assets* voltam para seus proprietários originais.

RESULTADOS

Com a plataforma em estado operacional, foram elaborados testes para validação de seu desempenho. O modo Asset Exchange, por ser baseado no protocolo HTLC, possui diversas etapas que dependem de ambos os lados do sistema. O fluxo depende de quatro etapas: (i) O bloqueio (*lock*) do lote de café na rede Fabric; (ii) O *lock* da moeda na rede Besu; (iii) O resgate (*claim*) do *asset* na rede Fabric; e (iv) O *claim* do *asset* na rede Besu. Desta forma, a principal métrica avaliada foi a latência das transações com o objetivo de medir o tempo total estimado para a transferência completa dos *assets*. Para a avaliação foi considerado um cenário ideal com 500 execuções onde as transações ocorrem dentro dos limites de tempo definidos. Conforme apresentado pela Figura 2, os resultados mostram que cada etapa leva menos de 30 segundos e o Asset Exchange completo levou, no pior caso, 1 minuto para finalizar. Todas as transações foram executadas com sucesso de ponta a ponta, demonstrando a capacidade do sistema de realizar inúmeras operações durante o dia. Entretanto, a latência supera os milissegundos, sendo considerada alta e podendo resultar em problemas futuros ao ocorrer o aumento de transações e/ou o aumento de usuários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos testes foi verificada a viabilidade da tecnologia para transmissão síncrona de dados. Contudo, o sistema desenvolvido possui limitações estruturais, como o uso de apenas dois usuários, e apresentou alta latência nas transações. Sendo assim, apesar do sucesso na investigação preliminar do Hyperledger Cacti, completando com sucesso a interoperabilidade entre redes distintas, ainda ficam trabalhos futuros a fazer: (i) Avaliar a PoC em cenários não ideais; (ii) Desenvolver uma estrutura que suporte mais usuários para maior aproximação com cenários reais; e (iii) Ampliar a investigação para outros modos de interoperabilidade oferecidos pela plataforma.

Palavras-chave: blockchain; interoperabilidade; hyperledger.

ANEXOS

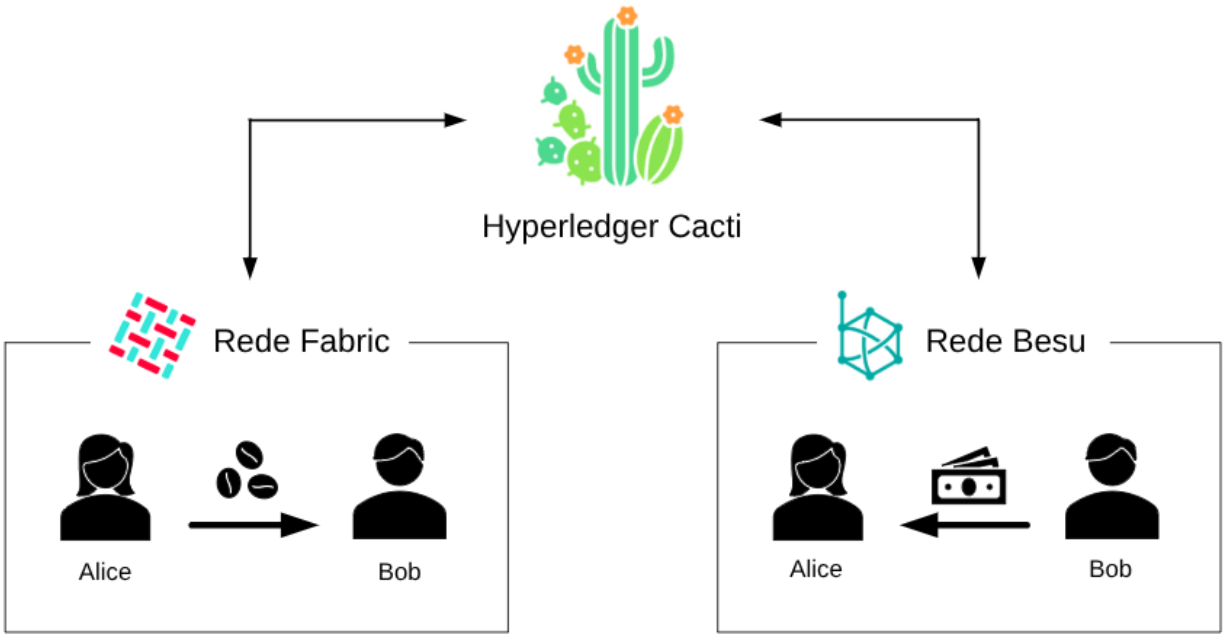


Figura 1. *Diagrama da prova de conceito (PoC) desenvolvida.*

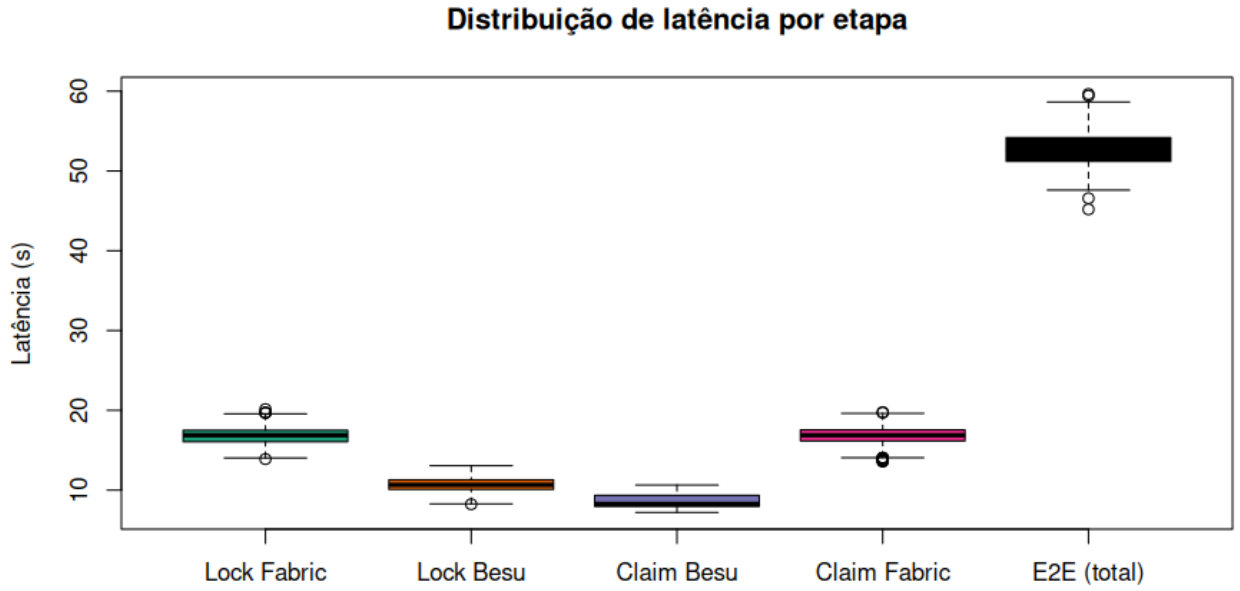


Figura 2. *Gráfico da distribuição de latência por etapa do exchange.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELCHIOR, R.; VASCONCELOS, A.; GUERREIRO, S.; CORREIA, M. A Survey on Blockchain Interoperability: Past, Present, and Future Trends. **ACM Computing Surveys**, v. 54, n. 8, p. 168:1–168:41, 2021. DOI: 10.1145/3471140.

HYPERLEDGER CACTI. **Hyperledger Cacti documentation**. [S. l.], 2026. Disponível em: https://hyperledger-cacti.github.io/cacti/latest/.

WILSON, S. et al. Exploring blockchain interoperability: frameworks, use cases, and future challenges. **Systems**, v. 14, n. 4, p.388, abr. 2026. DOI: 10.3390/systems14040388.

ZECCHINI, M.; SOBER, M.; SCHILTE, S.; VITALETTI, A. Building a Cross-Chain Identity: A Self-Sovereign Identity-Based Framework. In: **IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE IN DECENTRALIZED APPLICATIONS AND INFRASTRUCTURES (DAPPS)**, p. 149-156, 2023. DOI: 10.1109/DAPPS57946.2023.00029.