

Gt-Inter Cross-Chain Instrumentando Blockchains com Interoperabilidade

Alex Borges - Ronan Dutra

UFJF/Professor - UFV/Professor

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Introdução

Originalmente, blockchains foram concebidas para garantir segurança às transações financeiras da criptomoeda Bitcoin. Porém, o potencial dessa tecnologia extrapola transações financeiras e há, assim, um crescente interesse por novas aplicações.



Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Introdução

Entretanto, as redes blockchain permitem a execução de diferentes conjuntos de transações por meio de **implementações distintas** e normalmente **isoladas** entre si.

Essa particularidade das blockchains acaba gerando **sistemas heterogêneos**, onde há grande dificuldade para troca de informações entre as diversas redes existentes.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Introdução

Um dos principais problemas é a integração entre uma blockchain permissionada (privada) e uma não permissionada (pública).

Blockchains **permissionadas** exigem **autenticação** e **permissões** de acesso, dificultando a confiança e a verificação de transações por clientes de blockchains não permissionadas.



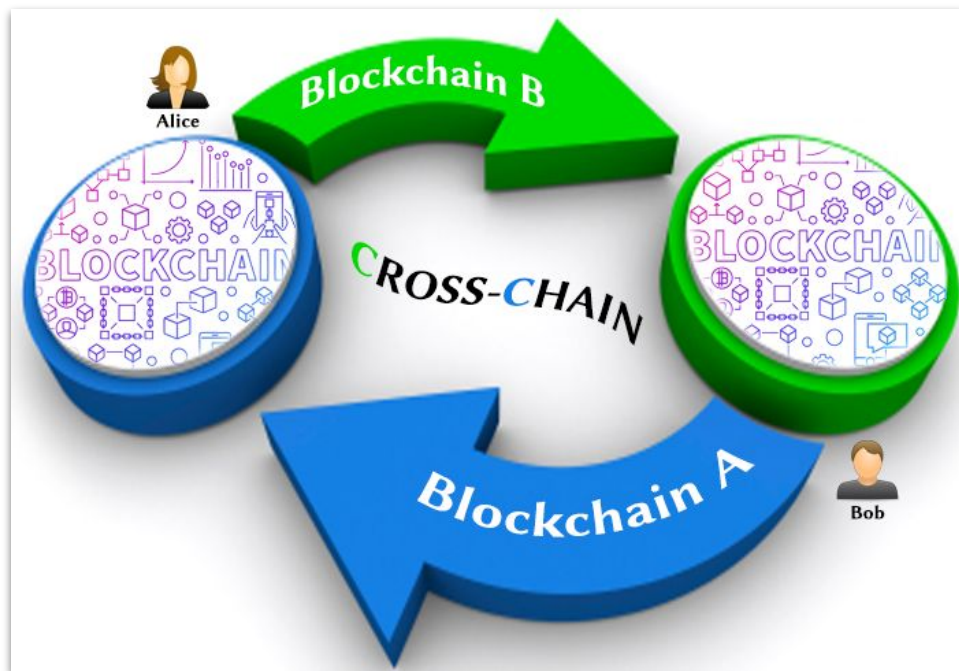
26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Objetivo





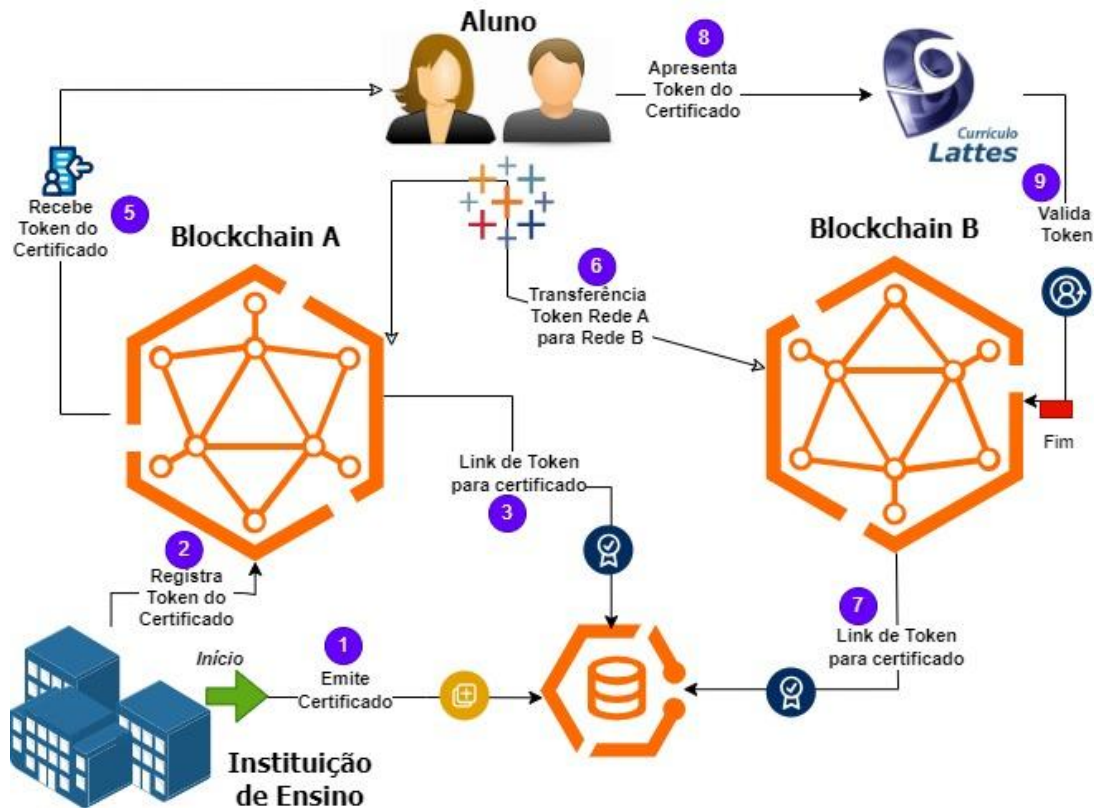
26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Objetivo





26

Workshop
RNP

*Onde o futuro
se encontra.*

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Proposta

Assim, a proposta trata da **interoperabilidade** de tokens entre redes blockchain heterogêneas e homogêneas.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

De forma geral, os tipos de interoperabilidade em blockchain mais comuns são:

- (i) interoperabilidade entre redes blockchain (homogêneas),
- (ii) interoperabilidade entre dApps usando diferentes redes blockchain
- (iii) interoperabilidade de redes blockchain com outras tecnologias de blockchain (heterogêneas)



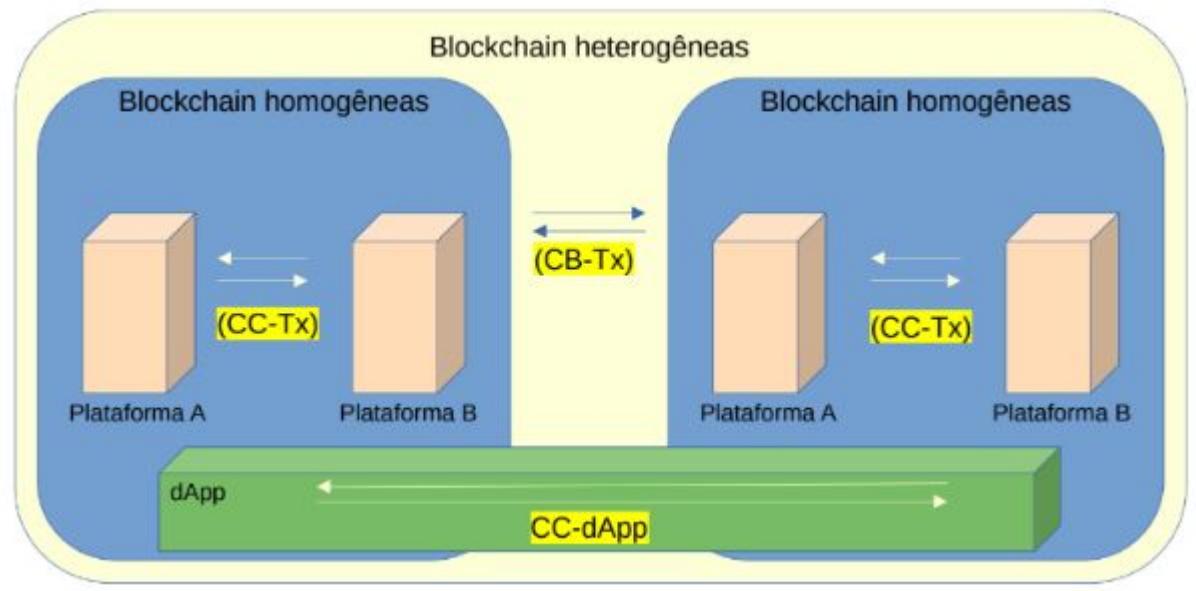
26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Tipos de interoperabilidade em blockchains



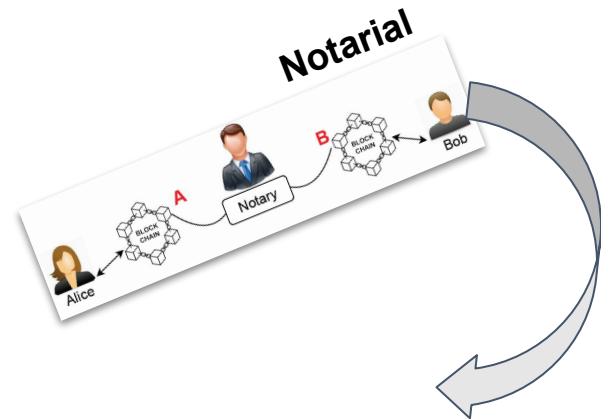
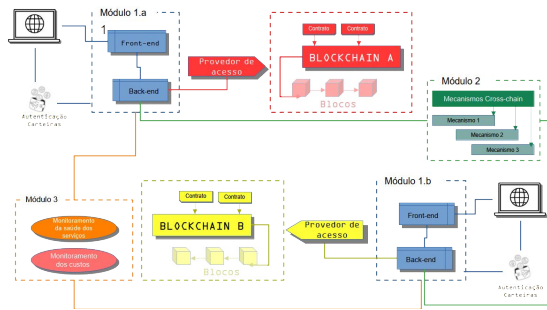


26

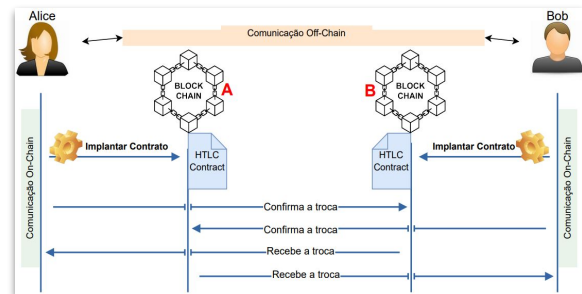
Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains



Hash Time Lock Contract (HTLC)



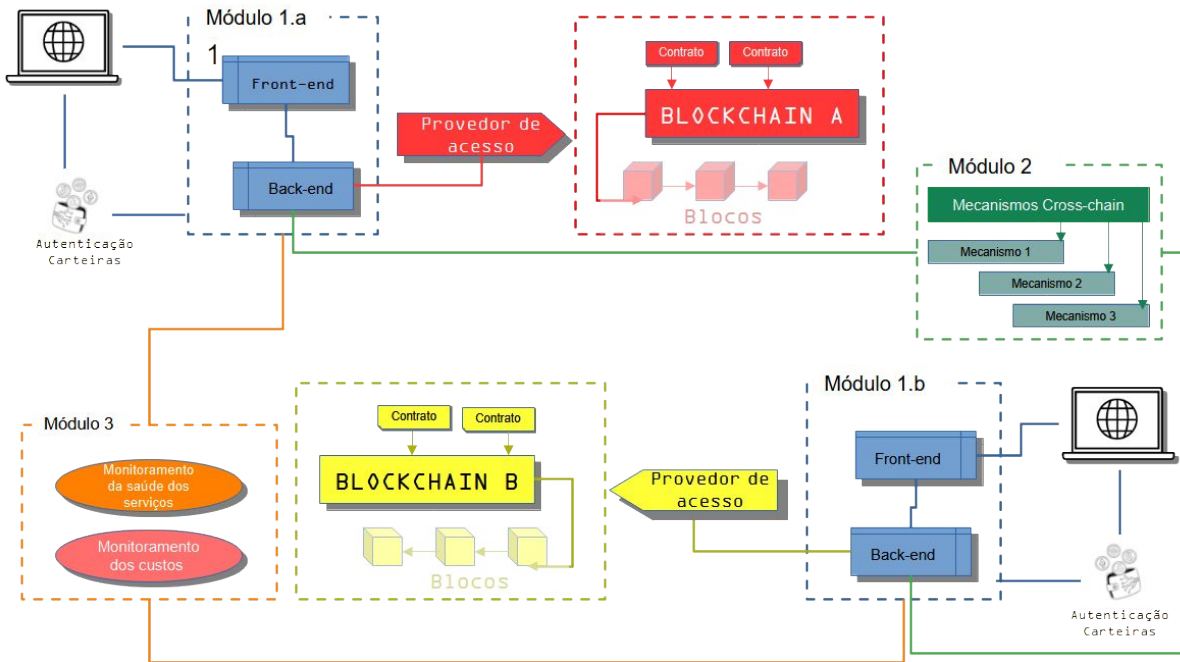


26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains



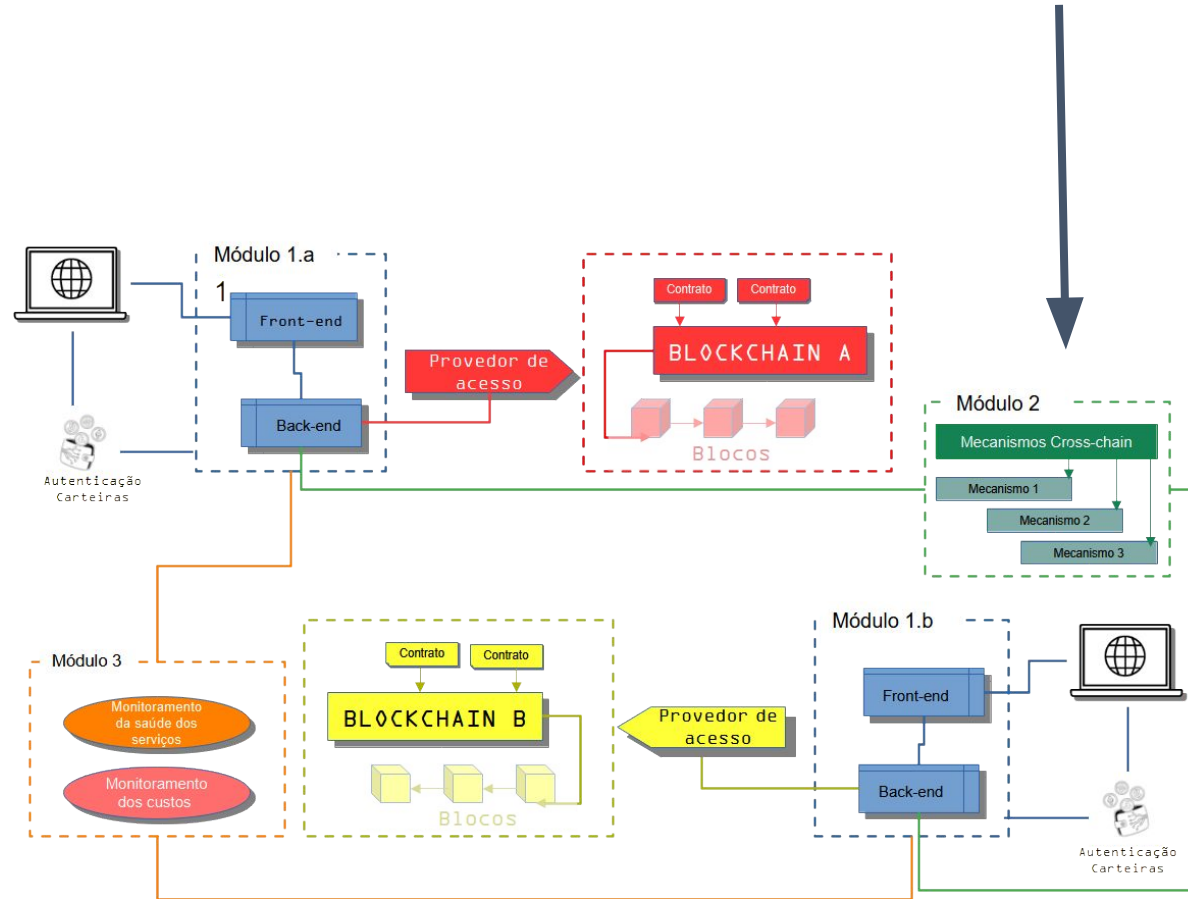


26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains



Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Arquitetura implementada

Simulação de redes em ambiente de desenvolvimento

- Ganache → simulação de ambiente Ethereum em modo desenvolvimento
- Hyperledger Fabric e Besu → redes permissionadas
- Redes de teste ethereum → como rede pública de origem e destino

Bibliotecas e linguagens para implementações

- Web3.js → integração com contratos inteligentes
- Hardhat → integração com contratos inteligentes
- Solidity e JavaScript para contratos inteligentes

Base para interoperabilidade

- Protocolos de interoperabilidade (HTLC e Notarial)



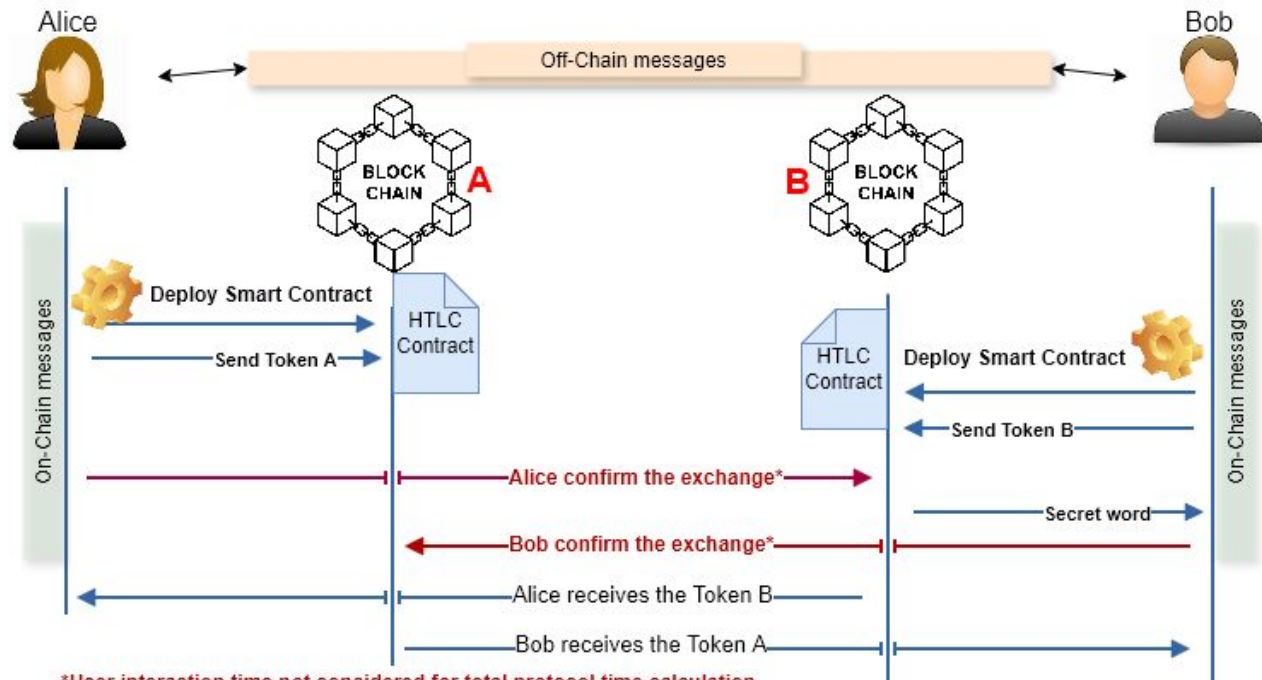
26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Arquitetura implementada do Mecanismo Hash-Time Lock



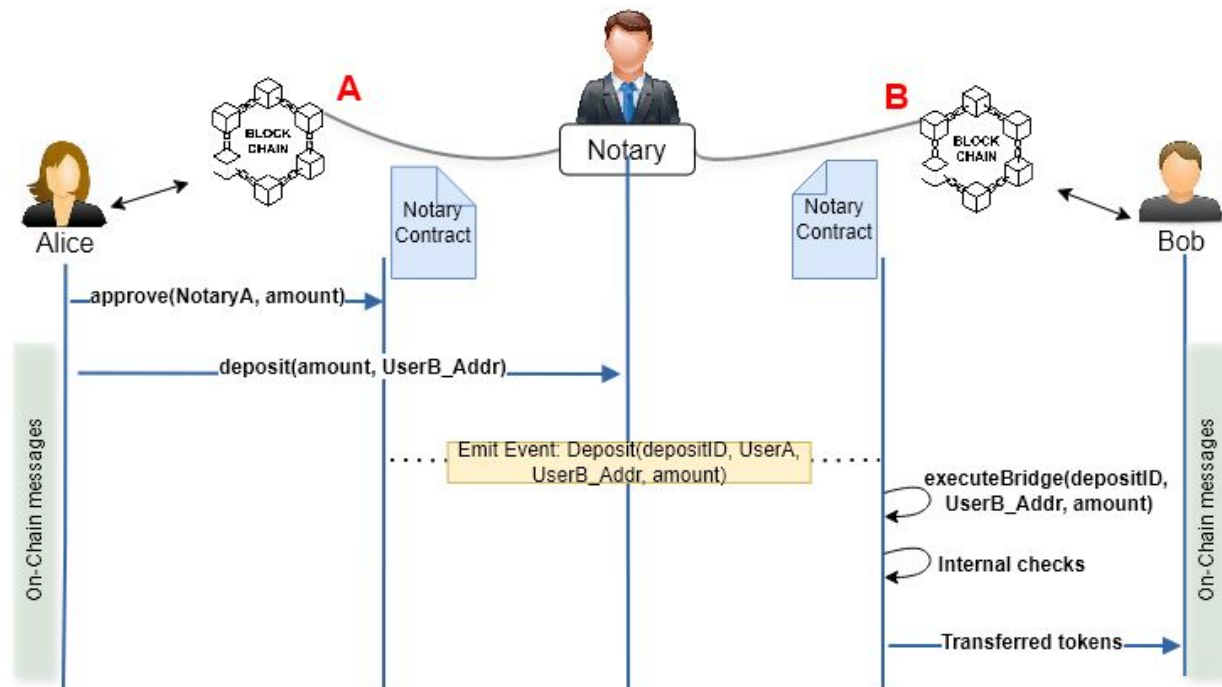


26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Arquitetura implementada para o Mecanismo Notarial





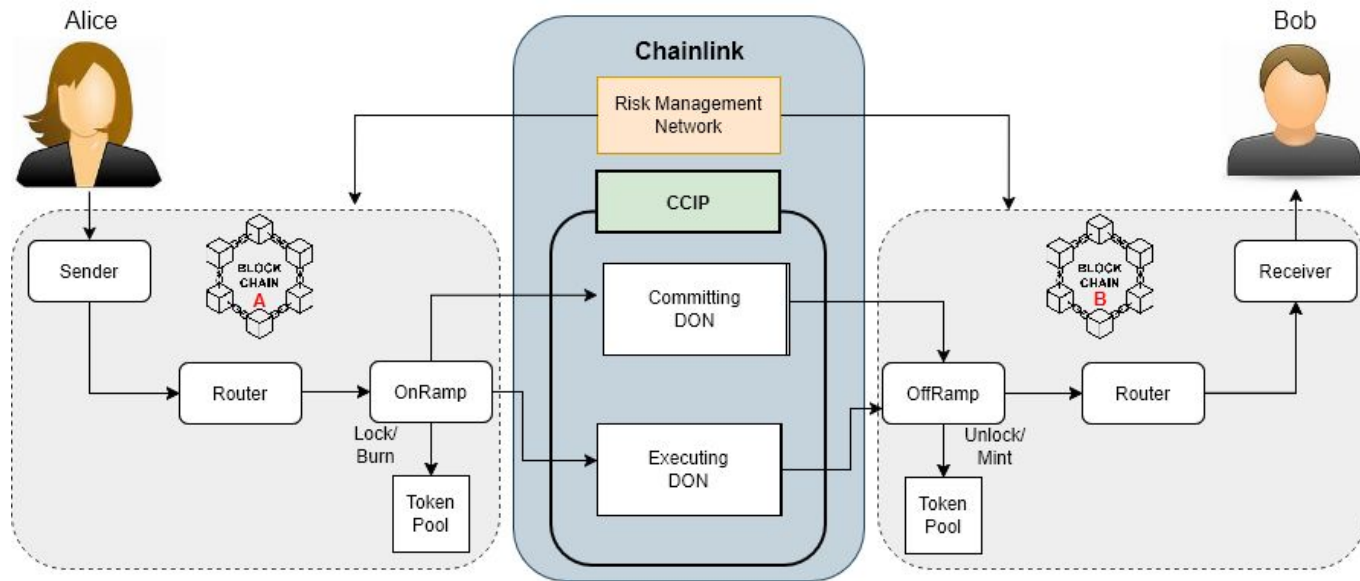
26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Chainlink





26

Workshop
RNP

*Onde o futuro
se encontra.*

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Experimentos

Redes principais Polygon e Avalanche

Redes de testes Amoy e Fuji.



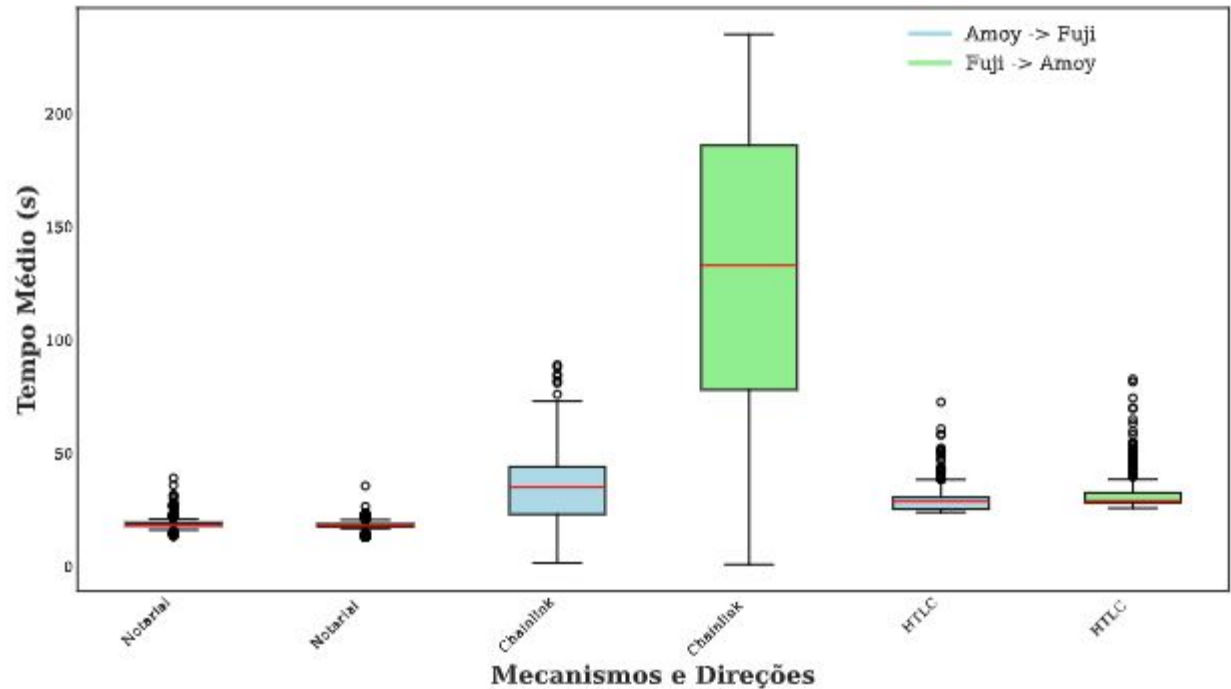
26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Resultados da avaliação



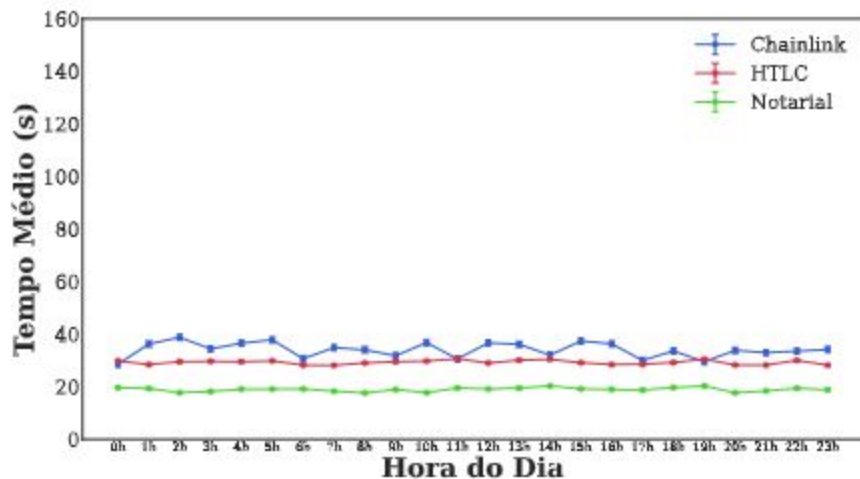


26

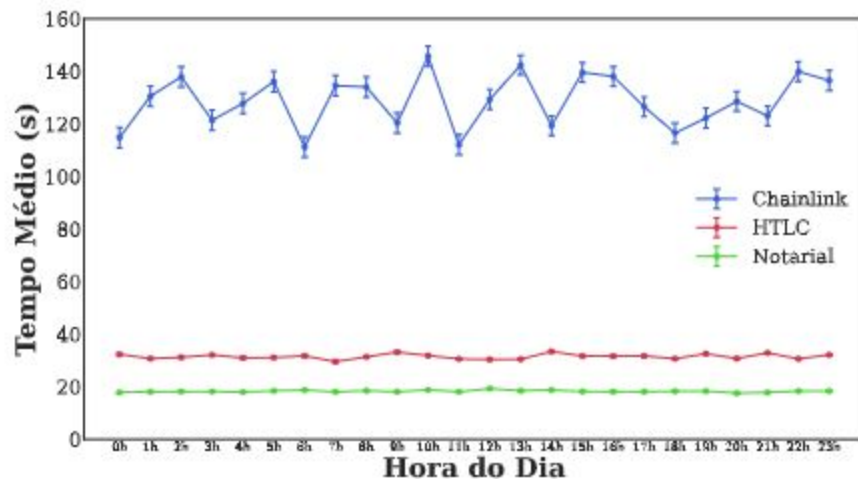
Workshop
RNP

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Resultados da avaliação



(a) Amoy para Fuji



(b) Fuji para Amoy

Tempo médio de operação ao longo do dia com erro da média em confiança de 95%.



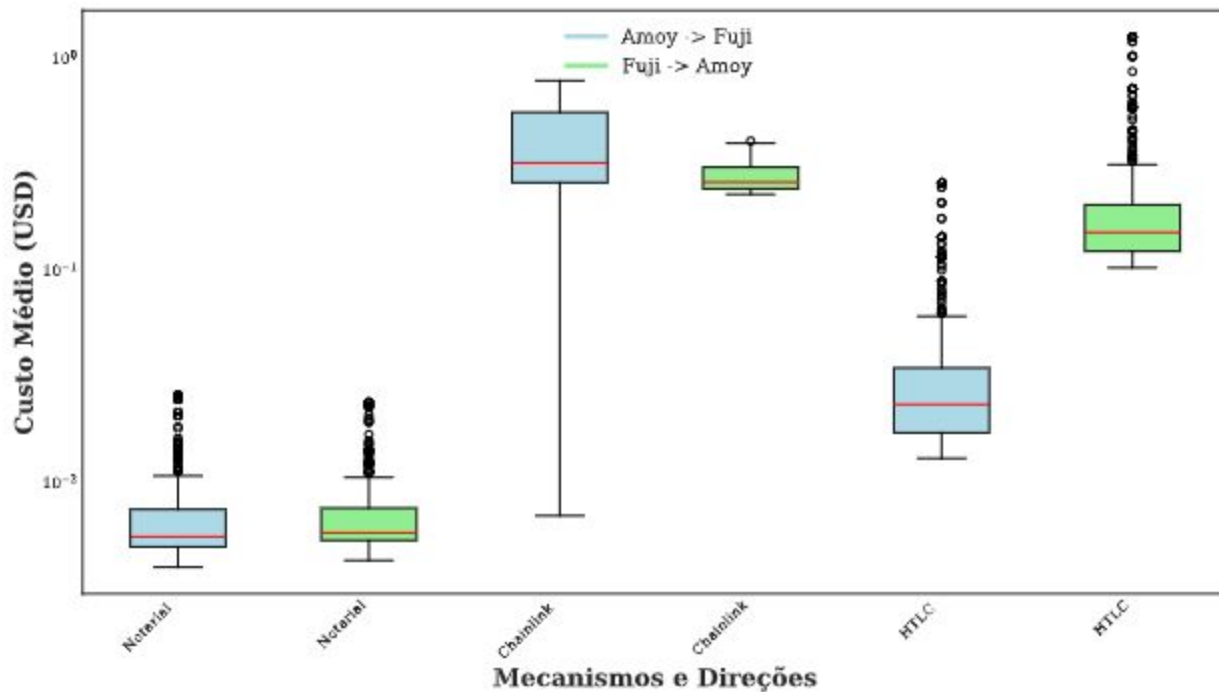
26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Resultados da avaliação



Distribuição do custo de operação.

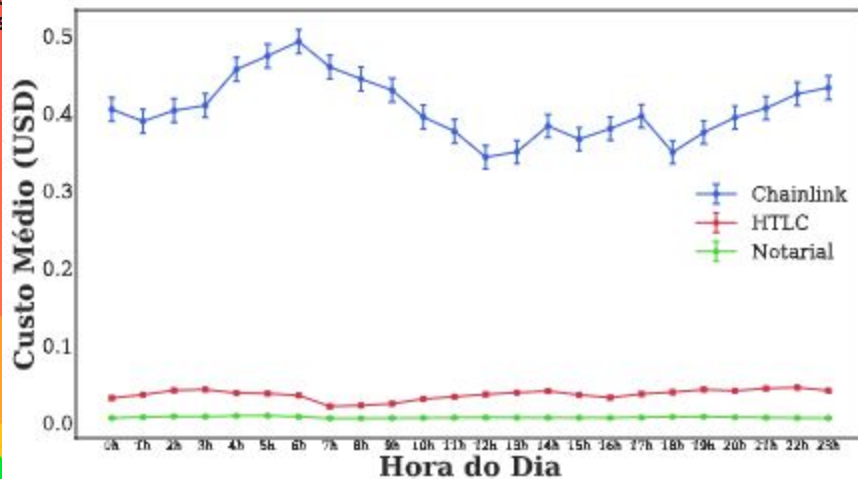


26

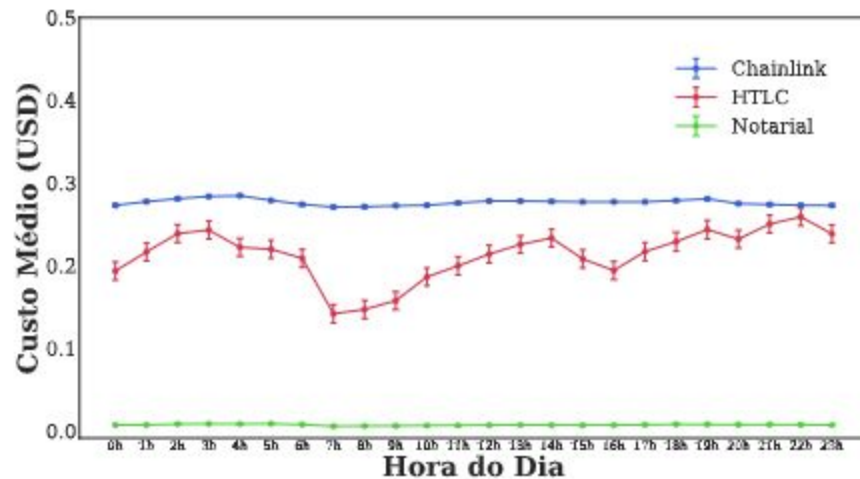
Workshop
RNP

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Resultados da avaliação



(a) Amoy para Fuji



(b) Fuji para Amoy

Custo médio de operação ao longo do dia com erro da média em confiança de 95%.



*Onde o futuro
se encontra.*

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Análise de Custo e Desempenho de Protocolos para Interoperabilidade de Tokens em Redes Blockchain

Fredison Muniz, Ronan D. Mendonça, Emanuel F. de Miranda, Ítalo W. F. Cardoso, Rafael Coelho, Alex B. Vieira, José A. M. Nacif, Glauber D. Gonçalves

Wblockchain 2025



26

Workshop
RNP

*Onde o futuro
se encontra.*

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

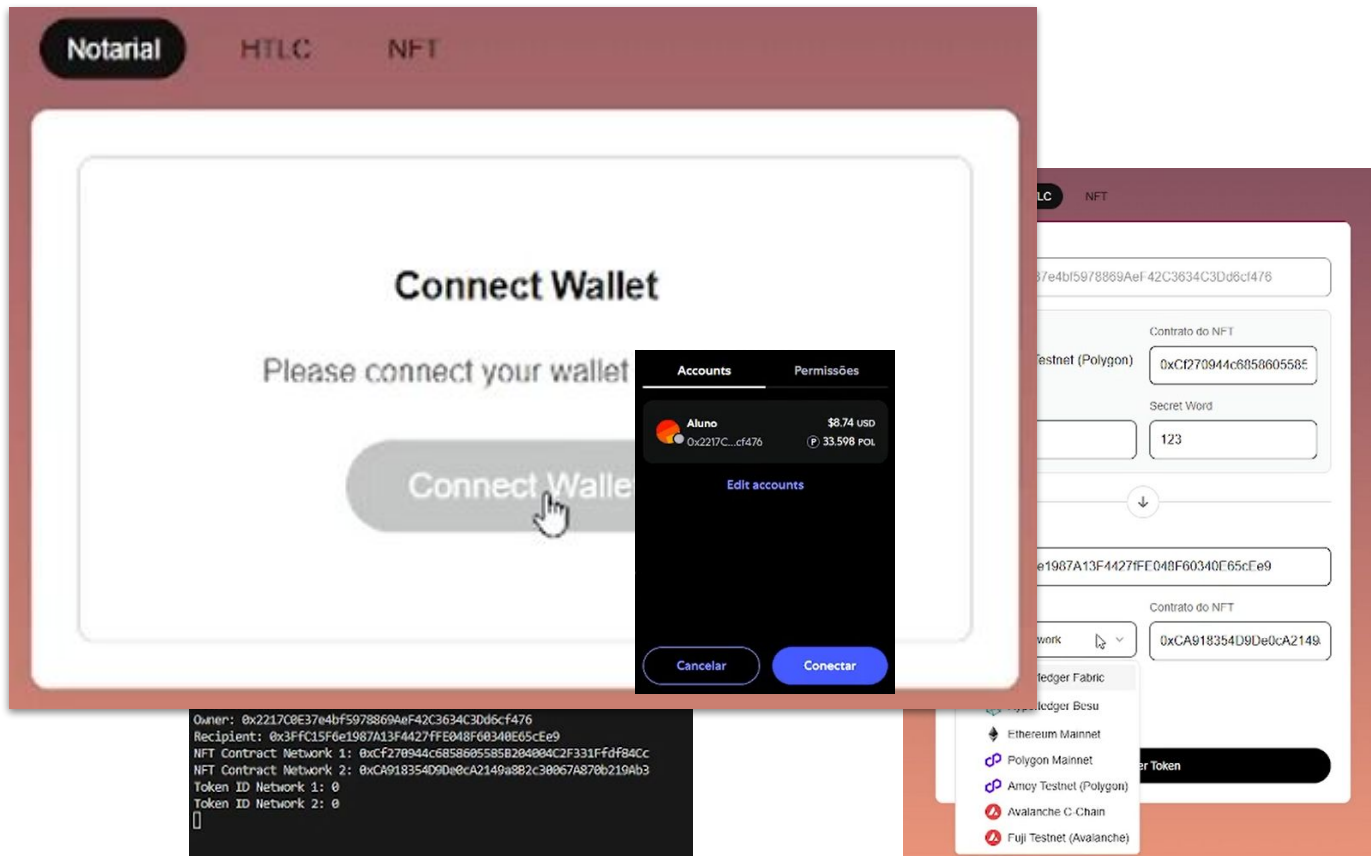


26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains





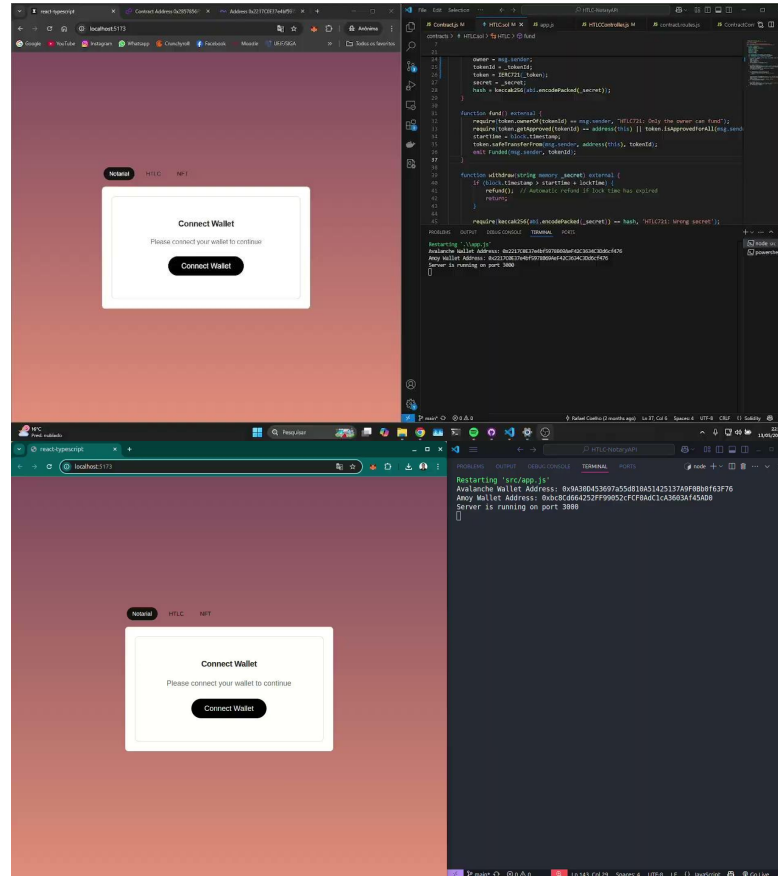
26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Vídeos



Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Interface para Mecanismos - HTLC e Notarial

Notarial HTLC NFT Diploma

User 1:

Network Amoy Testnet (Polygon) Contrato do NFT

Token ID Secret Word

↓

User 2:

Network Select the Network Contrato do NFT

Token ID

Notarial HTLC NFT Diploma

User 1:

Network Amoy Testnet (Polygon) Contrato do NFT

Token ID

↓

User 2:

Network Select the Network



26

Workshop
RNP

Onde o futuro
se encontra.

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Documentação API - Redes públicas e permissionadas

Swagger
powered by SMARTBEAR

EVM Interoperability API 1.0.0 OAS 3.0

Documentação da API para interoperabilidade de Tokens

Servers

default

- GET** /tokens Listar todos os Tokens
- POST** /tokens Criar um novo Token
- GET** /tokens/{id} Obter um Token por ID
- PUT** /tokens/{id} Atualizar um Token por ID
- DELETE** /tokens/{id} Deletar um Token por ID

Swagger
powered by SMARTBEAR

Hyperledger Fabric Gateway API 1.0.0 OAS 3.0

API REST para interação com contratos HTLC e NOTARY na rede Fabric

Servers

default

- POST** /htlc/{command} Executa comandos do contrato HTLC
- POST** /notary/{command} Executa comandos do contrato NOTARY

Gt-Inter - Interoperabilidade entre Blockchains

Aplicação cliente - Registro de diplomas


NotarialHTLCNFTDiploma

Emissão de Diploma Digital (Token)

Faculdade (Emissor)

0xc6Cd0Ed6c469fd1A2a!

Rede de Emissão

 Amoy Testnet (Polygon) ▼


Aluno (Destinatário)

0x... (Endereço da carteira do aluno)

Dados do Diploma

Nome Completo do Aluno

Nome do Curso

dd / mm / aaaa 

ID do Token do Diploma

Endereço do Contrato do Diploma (NFT)

Emite e Transferir Diploma



26

Workshop
RNP

*Onde o futuro
se encontra.*

Equipe

Alex Vieira - UFJF

Ronan Dutra - UFV

Ítallo Winícius - UFV

Jaelma Barbosa - UFPI

José Carlos - UFJF

Maria Cecília - UFJF

Rafael Coelho - UFJF



26

Workshop
RNP

***Onde o futuro
se encontra.***

OBRIGADO (A)!

Contato:



alex.borges@ufjf.br
ronan.dutra@ufv.br
<https://netlab.ice.ufjf.br/gt-inter>
<https://github.com/GT-Inter>



MINISTÉRIO DA
CULTURA

MINISTÉRIO DA
DEFESA

MINISTÉRIO DA
SAÚDE

MINISTÉRIO DAS
COMUNICAÇÕES

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

