

Construindo uma estrutura de experimentação para desenvolvimento de pesquisas com Blockchain

Luiz Eduardo Folly de Campos¹, Reinaldo Cézar de Moraes Gomes¹, Kauane Cordeiro¹

¹Rede Nacional de Pesquisa (RNP), Brasilia – DF – Brasil

luiz.campos@rnp.br, reinaldo.gomes@rnp.br, kauane.cordeiro@rnp.br

Abstract. *Online Trust is essential for digital interactions, and blockchains currently represent a trust solution based on data integrity and decentralization, creating opportunities for new applications and technological innovation. This article presents the experimentation framework for blockchain research and development currently being built under the scope of the RNP's ILIADA project.*

Resumo. *A confiança na internet é essencial para as interações online, e blockchains representam hoje uma solução de confiança baseada na integridade dos dados e descentralização, abrindo oportunidades para novas aplicações e inovação tecnológica. Este artigo apresenta a estrutura de experimentação voltada para pesquisa e desenvolvimento com Blockchain atualmente sendo construída no âmbito do projeto ILIADA da RNP.*

1. Introdução

A confiança na Internet é um dos desafios mais críticos da era digital. Com a crescente digitalização de serviços, transações financeiras, comunicação e compartilhamento de informações, garantir que os dados sejam confiáveis e estejam íntegros e seguros é essencial para a credibilidade e a evolução das interações online. Especialmente no contexto das aplicações Web 3.0, formas mais sofisticadas de estabelecer confiança entre pares e garantir que os dados sejam verificáveis e não adulteráveis estão sendo desenvolvidas.

A tecnologia Blockchain, ou Cadeia de Blocos, tem gerado interesse da indústria, academia e governos por ser uma tecnologia altamente sofisticada para proporcionar um modelo de confiança baseado na imutabilidade dos dados registrados, garantindo a integridade dos mesmos pela proteção contra alterações indevidas, acidentais ou maliciosas, evitando falhas, fraudes e falsificações de informações. Tecnologias como tokens de identidade digital baseados em blockchain também podem garantir a rastreabilidade e controle do usuário sobre seus dados, assim como o estabelecimento de confiança entre pares interessados, sem a necessidade de intermediários ou autoridades centrais certificadoras. Finalmente, o uso de criptografia forte e redes descentralizadas pode reduzir o impacto de ataques cibernéticos, tornando o sistema e seu conjunto de informações muito mais resilientes. Dessa forma, um sistema blockchain permite que informações sejam armazenadas de forma segura, descentralizada, com tolerância a falhas, transparência e auditabilidade.

Entretanto, o desenvolvimento de sistemas blockchain envolve a aplicação e integração de diversas técnicas avançadas, criando oportunidades de pesquisa e desenvolvimento tecnológicos, negócios e governança. Destacam-se o desenvolvimento de soluções que assegurem escalabilidade, segurança, descentralização, auditabilidade e tolerância a falhas, bem como a elaboração de modelos de gestão e regulamentação.

Considerando tais oportunidades e a importância dessa tecnologia em estratégias de transformação digital, vários atores vêm elaborando planos estratégicos para a construção de ecossistemas blockchain que possam auxiliar no desenvolvimento econômico e social.

O projeto ILIADA (Integrando Livros-razão/ledgers, Infraestrutura e Aplicações Descentralizadas) visa estimular a pesquisa e desenvolvimento em artefatos tecnológicos, aplicações e plataformas computacionais baseadas em blockchain, para contribuir no amadurecimento dessa tecnologia no Brasil. Para tanto, uma das principais ações é a construção de uma estrutura de experimentação para P&D com blockchain, ofertando ambientes a pesquisadores que desejem usar tecnologias blockchain em suas pesquisas.

2. Iniciativas no mundo

Na última década, presenciamos o surgimento de diversas iniciativas que se baseiam na segurança e auditabilidade da tecnologia de blockchain em diversos países. Dentre essas ações, algumas visam estimular a adoção da tecnologia blockchain e fomentar projetos para construção de novas soluções. Entre as principais iniciativas, podemos destacar:

- European Blockchain Services Infrastructure [EBSI 2025]: iniciativa conjunta da Comissão Europeia e 29 países da Europa que resultou na criação da European Blockchain Partnership (EBP), com o objetivo de utilizar a tecnologia blockchain para aprimorar os serviços e negócios em toda a Europa;
- LACChain [LACChain 2025]: Aliança liderada pelo Laboratório de Inovação do Banco Interamericano de Desenvolvimento para incentivar o desenvolvimento e a adoção de tecnologias blockchain na América Latina e no Caribe através da oferta de uma infraestrutura blockchain público-permissionada para que governos, empresas e organizações desenvolvam soluções descentralizadas de forma confiável;
- Rede Brasileira de Blockchain [RBB 2025]: Iniciativa fundada pelo TCU e o BNDES para formar uma rede de instituições e construir uma infraestrutura tecnológica e de governança que viabilize a adoção da tecnologia blockchain no desenvolvimento de novas aplicações de interesse público. Atualmente, diversas instituições fazem parte da iniciativa, como Dataprev, Serpro, CPqD e RNP.

3. Planejamento do Testbed

Ao longo do planejamento do projeto ILIADA, foram consideradas questões relacionadas a 3 aspectos principais: cenários de experimentação, padronização do ambiente, e desenvolvimento e utilização de ferramentas de suporte a experimentação.

Em relação aos cenários de experimentação em blockchain, foram considerados aspectos relacionados às plataformas e à arquitetura, aos ambientes de teste e à infraestrutura computacional subjacente. A análise abrangeu tanto arquiteturas centralizadas (em um único host) quanto distribuídas geograficamente, incluindo ambientes dedicados e compartilhados, em um modelo descentralizado, semelhante a redes corporativas reais.

Também foram definidos padrões de configurações para demandas de pesquisa distintas, como complexidade da rede blockchain, pesquisas voltadas para aspectos distintos (infraestrutura da rede blockchain ou aplicações), e também o ciclo de vida de redes (efêmeras para testes sucessivos de curto prazo ou persistentes para estudos de longo prazo). A partir desses aspectos foram escolhidas as plataformas blockchain a serem

suportadas e seus parâmetros de operação para estimar a capacidade e desempenho esperado para os projetos a serem atendidos, o que influenciou na definição dos tipos de virtualização a serem usados, modelos de máquinas virtuais (VMs), recursos necessários à operação geral do testbed, e funções centralizadas e individualizadas por rede. Adicionalmente, contemplou-se o desenvolvimento e o uso de ferramentas de suporte aos experimentos, incluindo soluções de implantação e de monitoramento de blockchains.

4. Arquitetura dos ambientes de experimentação

O Testbed desenvolvido no escopo do projeto ILIADA prevê dois tipos de ambientes para experimentação em blockchain: o das Redes Dedicadas e o das Redes Descentralizadas.

4.1. Ambientes para Redes Blockchain Dedicadas

Os ambientes de experimentação com redes blockchain dedicados (Figura 1) oferecem uma infraestrutura exclusiva para a implantação de redes blockchain sob controle e governança do usuário, garantindo flexibilidade e personalização. Os ambientes são projetados para atender às necessidades de pesquisadores e projetos que demandam autonomia na configuração, gestão e operação de todo o ciclo de suas redes blockchain e são implantados em infraestrutura fornecida pela RNP.

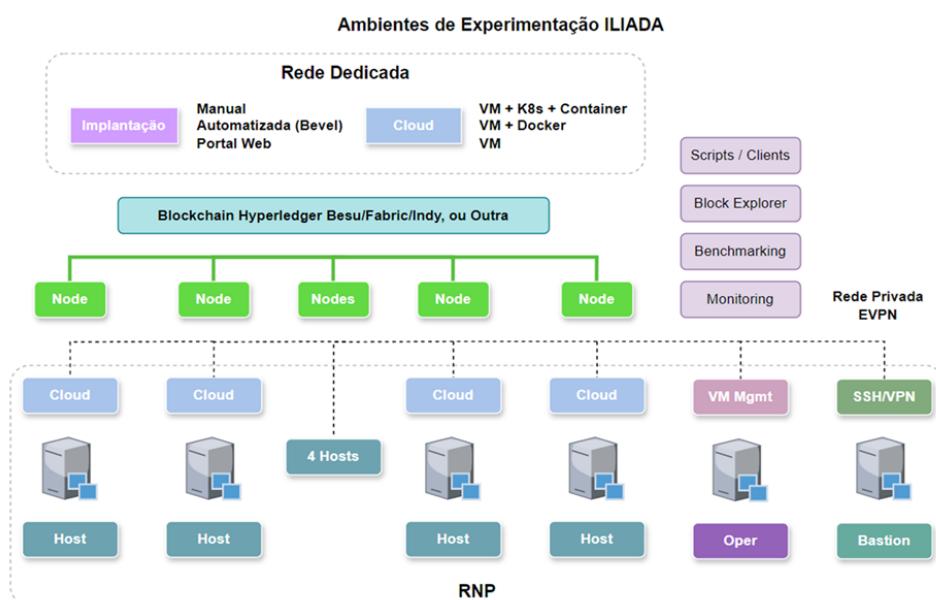


Figura 1. Arquitetura do ambiente para redes dedicadas

4.1.1. Componentes da Arquitetura

Nessa arquitetura temos: **Bastion**: equipamento que controla o acesso ao testbed por meio de uma VPN, garantindo o isolamento e a segurança dos ambientes internos; **Oper**: equipamento dedicado às VMs de gerência e operação, responsável pelo suporte e automação das operações de todo um ambiente de experimentação; **VM Mgmt**: máquina virtual de gerência e operação do ambiente, destinada a hospedar ferramentas de suporte como monitoramento, benchmarking e exploradores de blocos, permitindo também a instalação

de aplicações próprias dos pesquisadores como clientes da rede, códigos desenvolvidos em seus projetos, e o armazenamento e manipulação de dados coletados dos experimentos; **Hosts**: servidores físicos distribuídos geograficamente em PoPs da RNP localizados em estados distintos. São responsáveis pela execução da infraestrutura de nuvem e das plataformas de blockchain utilizadas nos experimentos, sendo seus recursos utilizados de forma compartilhada entre os ambientes em execução; **Cloud**: infraestrutura de nuvem composta principalmente por um conjunto de VMs preparadas para a execução de aplicações em contêiner e clusters Kubernetes, com flexibilidade para personalização de software e recursos de computação conforme a demanda. Cada VM possui sua própria interface gateway para acesso à internet, assim como uma interface conectada a uma Rede Privada EVPN em camada 2 para comunicação direta entre as VMs do mesmo projeto de experimentação; **Nodes**: nós de uma dada plataforma blockchain instalada no conjunto de VMs Cloud do ambiente, podendo conter 1 ou mais nós, de acordo com as demandas do projeto de pesquisa; **Rede Privada EVPN**: Rede interna de um ambiente de experimentação, que conecta VPN, VMs Cloud e VM Mgmt, garantindo segurança e comunicação eficiente entre nós da rede blockchain e outras VMs do projeto.

Dessa forma, cada Ambiente de Experimentação de Rede Dedicada é formado por um Acesso na VPN, uma Rede Privada EVPN, uma VM Mgmt, e uma quantidade de VMs Cloud distribuídas nos equipamentos Host.

4.1.2. Cenários de Instalação

A instalação das plataformas blockchain a serem utilizadas nos experimentos pode ser realizada diretamente pelo pesquisador em seu ambiente dedicado, ou pela equipe técnica do projeto ILIADA, de acordo com as necessidades de cada experimento. O projeto ILIADA oferece suporte à instalação das principais plataformas Hyperledger, mantidas e desenvolvidas pela Linux Foundation Decentralized Trust [LFDT 2025] e reconhecidas como padrões de plataformas blockchain de código aberto, garantindo flexibilidade e eficiência na configuração do ambiente de testes, de acordo duas opções de cenários:

- Cenário 1: Instalação de uma blockchain inteira, com todos os seus nós (Nodes) hospedados em um único Host, o que simplifica o gerenciamento e a configuração da rede, sendo ideal para experimentos que requerem menor complexidade.
- Cenário 2: Instalação de uma blockchain distribuída sobre múltiplos Hosts. Esse cenário é útil para simulações de redes reais, com distribuição geográfica e onde as organizações precisam interagir em um ambiente descentralizado.

Essa flexibilidade nas opções de instalação visa atender às diferentes necessidades dos pesquisadores, permitindo que eles escolham o método mais apropriado de acordo com os requisitos de cada experimento e o nível de complexidade desejado. O ILIADA busca garantir um ambiente adequado para os projetos de pesquisa, provendo tanto ambientes com redes mais simples quanto complexas e distribuídas.

4.1.3. Tipos de Instalação

De acordo com a tecnologia da rede blockchain, tipos distintos de instalação estão sendo considerados. Para o caso do Hyperledger Fabric e Hyperledger Besu, as seguintes opções

são consideradas para os Cenários 1 e 2:

- 1 Scripts e Containeres: Abordagem simples e direta, utilizando scripts automatizados e containers docker, facilitando a replicabilidade do ambiente e a implantação das redes de forma rápida, acessível e de fácil manipulação;
- 2 Cluster Kubernetes: Implantação da plataforma blockchain sobre cluster Kubernetes, proporcionando um ambiente de orquestração de containers altamente escalável e resiliente, com suporte à distribuição e gestão automatizada de recursos;
- 3 Hyperledger Bevel: Utilização do framework Hyperledger Bevel para uma instalação modular e adaptável, alinhando-se às melhores práticas de deployment de plataformas Hyperledger e a redes mais complexas;
- 4 Portal blockchain EasyLedger: Plataforma intuitiva, modular e extensível desenvolvida pelo projeto ILIADA, para a instalação automatizada e gerenciamento de redes blockchain Hyperledger, com uma interface gráfica web de fácil utilização, permitindo que os pesquisadores construam blockchains personalizadas e efêmeras sem a necessidade de manipulações complexas.

Já o Hyperledger Indy está sendo planejada a oferta apenas para o Cenário 1 via Hyperledger Bevel.

4.2. Ambientes para Redes Descentralizadas

Os ambientes para Redes Descentralizadas serão ambientes multi-institucionais, servindo como infraestrutura para redes blockchain sob domínio e governança colaborativa entre a RNP, CPqD e outras instituições participantes das redes em execução, sendo estas implantadas de forma distribuída, onde cada organização contribuirá com a manutenção de 2 ou mais nós “validadores” para cada rede distribuída em que ela é participante.

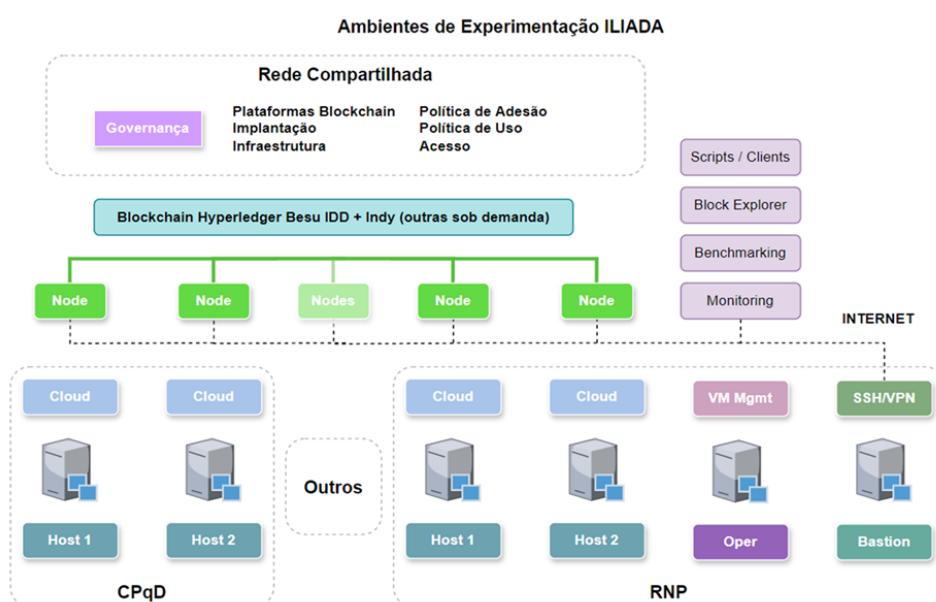


Figura 2. Arquitetura do ambiente para redes descentralizadas

Essa abordagem tem o intuito e a vantagem de oferecer um cenário de blockchain descentralizada próximo a um ambiente de produção real, onde questões relacionadas à

governança, disputas entre pares, permissionamento de nós e contas, assim como processos e procedimentos síncronos entre instituições participantes, podem ser corretamente percebidos, analisados, modelados e testados em um ambiente de testes que é próximo aos ambientes corporativos reais. Múltiplas redes blockchain podem ser executadas simultaneamente sobre essa infraestrutura, e instituições de ensino e pesquisa podem se tornar participantes desse ambiente, contribuindo com sua infraestrutura.

A primeira rede descentralizada implantada (Figura 2) usa a plataforma Hyperledger Besu, e visa experimentação nessa plataforma, assim como em IDD (Identidade Digital Descentralizada), tendo algumas funcionalidades extras instaladas para este fim. Para as Redes Descentralizadas, estão previstos os seguintes componentes: **Bastion**, **VPN**, **Oper** e **VM Mgmt** seguindo os mesmos princípios dos ambientes de redes dedicadas; **Hosts** são equipamentos de cada instituição participante da rede, usados para executar seus próprios nós das redes Blockchain, sendo de responsabilidade e acesso exclusivo do participante; **Cloud** representa a infraestrutura de nuvem utilizada pelo participante para prover os recursos computacionais necessários para a execução de seus Nodes. Também é de responsabilidade e acesso exclusivo do respectivo participante, porém seguindo modelos de pilha de software e configurações definidas na governança da rede em questão; **Nodes** nós de uma dada plataforma blockchain instalada sobre todo o conjunto de VMs Cloud de todos os participantes aderentes à respectiva rede blockchain. Cada conjunto de VMs pode suportar 1 ou mais plataformas blockchain, estando suas definições a cargo do grupo de governança formado pelos seus participantes; **Internet** representa a comunicação entre os nós das redes descentralizadas se dá via internet, protegida por firewalls. O acesso aos nós blockchain pode se dar via VM Mgmt na RNP, ou através da internet sendo acordado previamente na governança.

A implantação de cada rede blockchain é feita seguindo o modelo definido pelo grupo de governança, assim como regras de adesão e políticas de uso pelos pesquisadores.

5. Conclusão

Este artigo apresentou a estrutura de experimentação para P&D em Blockchain em construção no projeto ILIADA. Com recursos que permitem a alta personalização das redes e seus protocolos, e a replicação de testes para diferentes configurações, o testbed ILIADA oferece a oportunidade de explorar soluções tecnológicas em blockchain, validar modelos de governança e desenvolver aplicações inovadoras.

Referências

- EBSI (2025). European Blockchain Services Infrastructure. Acessível em: <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/sites/display/EBSI>.
- LACChain (2025). LACChain. Acessível em: <https://www.lacchain.net/home>.
- LFDT (2025). Linux Foundation Decentralized Trust. Acessível em: <https://www.lfdecentralizedtrust.org/>.
- RBB (2025). Rede Brasileira de Blockchain. Acessível em: <https://github.com/RBBNet/rbb>.