

Ferramentas de Automação de Gerenciamento de Redes Blockchain Permissionadas: Uma Análise Quantitativa de Métricas de Desenvolvimento

Julyany Lisboa

04164382@sempreunama.com.br
Universidade da Amazônia
Belém, Pará, Brasil

Diego Abreu

diego.abreu@itec.ufpa.br
Universidade Federal do Pará
Belém, Pará, Brasil

Mateus Bastos

mateus.araujo@icen.ufpa.br
Universidade Federal do Pará
Belém, Pará, Brasil

Alan Veloso

040602189@prof.unama.br
Universidade da Amazônia
Belém, Pará, Brasil

Resumo

Este artigo analisa repositórios de código aberto relacionados a tecnologias blockchain hospedados no GitHub, concentrando-se em métricas como número de *commits*, *Pull Requests* (PRs), tempo médio de resposta e utilização de ferramentas de Integração/Entrega Contínua (CI/CD). Os resultados evidenciam disparidades na maturidade e na adoção de automação entre diferentes iniciativas, indicando que estratégias eficazes de CI/CD e processos revisados de governança contribuem para maior eficiência e engajamento das comunidades. Ao fornecer uma análise empírica das métricas de desenvolvimento, este estudo oferece subsídios para desenvolvedores, mantenedores e pesquisadores na adoção de boas práticas, bem como na otimização de fluxos de trabalho em ecossistemas de blockchain permissionada.

Keywords

Blockchain, Blockchain Permissionada, Automação, Avaliação, Gerenciamento

1 Introdução

As redes blockchain permissionadas emergiram como uma solução estratégica para organizações que demandam controle de acesso, privacidade e eficiência em transações distribuídas [5]. Diferentemente de blockchains públicas, como Bitcoin e Ethereum, essas redes restringem a participação a entidades autorizadas, sendo amplamente adotadas em cenários empresariais, como cadeias de suprimentos, saúde e governança digital. Para viabilizar sua implantação, ferramentas de automação têm ganhado destaque, simplificando a configuração, o gerenciamento e a escalabilidade de infraestruturas blockchain por meio de práticas como orquestração em Kubernetes e *scripts* de implantação, por exemplo, a ferramenta Hyperledger Bevel¹. No entanto, a maturidade e a sustentabilidade dessas ferramentas, muitas vezes desenvolvidas em ecossistemas *open-source*, dependem de fatores como colaboração da comunidade, adoção de boas práticas de desenvolvimento e eficiência na governança de contribuições [7]. Neste contexto, a maturidade refere-se ao nível de evolução, estabilidade e adoção de boas práticas no desenvolvimento e manutenção das ferramentas de automação blockchain, e a

sustentabilidade refere-se à capacidade das ferramentas de automação blockchain de manter seu desenvolvimento ativo e colaborativo ao longo do tempo, garantindo continuidade, suporte e evolução do projeto.

O problema central desta pesquisa reside na carência de estudos sistemáticos que avaliem a maturidade de desenvolvimento de ferramentas de automação para redes blockchain permissionadas, especialmente por meio de métricas quantitativas. Apesar do crescimento de iniciativas como Hyperledger Fabric, Besu e Quorum, lacunas persistem na compreensão de como práticas colaborativas, automação e governança impactam a evolução desses projetos. Este artigo busca preencher essa lacuna ao analisar indicadores como volume de *commits*, dinâmica de *Pull Requests* (PRs), tempo médio de resposta e adoção de Integração Contínua (*Continuous Integration - CI*) e Desenvolvimento Contínuo (*Continuous Delivery - CD*) em repositórios de organizações mantenedoras, como Consensys, British Columbia Government (BCGov) e Hyperledger².

O objetivo deste trabalho é fazer um levantamento e analisar a maturidade de desenvolvimento em ferramentas de gerenciamento de redes blockchains permissionadas (como Besu, Fabric, e Quorum), por meio de métricas quantitativas de repositórios remotos das ferramentas (como, *commits*, *Pull Requests*, presença de CI/CD e outros), visando identificar padrões de desenvolvimento, fatores para sucesso de projetos *open-source* e oportunidades de otimização de fluxos de trabalho em ecossistemas blockchain.

Este artigo oferece contribuições relevantes para diferentes atores envolvidos em ecossistemas *open-source* e blockchain permissionada:

- **Desenvolvedores:** Proporciona critérios para identificar projetos ativos e sustentáveis, facilitando a escolha de ferramentas confiáveis para adoção ou contribuição.
- **Organizações mantenedoras (como a Hyperledger):** Revela padrões de colaboração e possíveis gargalos em projetos, apoiando decisões estratégicas para otimização de recursos e suporte à comunidade.
- **Academia:** Amplia o debate sobre dinâmicas de desenvolvimento em blockchain permissionada, oferecendo um modelo analítico baseado em métricas quantitativas reproduzíveis e dados empíricos.

¹<https://www.lfdecentralizedtrust.org/projects/bevel>

²Atualmente denominada como Linux Foundation Descentralized Trust

Este artigo está estruturado em quatro seções principais. A Seção 2 trás uma análise dos trabalhos relacionados e uma comparação destes com o presente estudo. Na Seção 3, detalha-se a metodologia, incluindo coleta de ferramentas, extração de dados via API do GitHub e análise quantitativa. A Seção 4 apresenta os resultados, destacando métricas de *commits*, PRs, tempo de resposta e adoção de CI/CD, além de discussões sobre padrões identificados. Por fim, a Seção 5 traz considerações finais, recomendações para melhoria de práticas e sugestões para trabalhos futuros.

2 Trabalhos Relacionados

A análise de repositórios de código aberto em blockchain, especialmente aqueles voltados para redes permissionadas, tem ganhado relevância à medida que organizações buscam otimizar práticas de desenvolvimento e colaboração. Esta seção contextualiza o presente estudo em relação a trabalhos anteriores sobre sustentabilidade de projetos *open-source*, métricas de atividade, automação em blockchain e dinâmicas de contribuição comunitária. Neste contexto, quando há alta atividade, esta se caracteriza por projetos com frequentes commits, alta aceitação e resposta rápida a PRs, e uso de CI/CD, sugerindo vitalidade e sustentabilidade. Já a baixa atividade se observa em repositórios com poucas alterações, PRs inativos ou não aceitos e ausência de automação, refletindo risco de descontinuidade.

Estudos como o de Coelho e Valente [4] identificaram razões comuns para o fracasso de projetos *open-source*, incluindo falta de tempo dos mantenedores, surgimento de competidores e tecnologias obsoletas. Esses achados são relevantes para o ecossistema blockchain, onde projetos como o Besu Operator e Minifabric (arquivados) ilustram desafios semelhantes. Complementarmente, Ait et al. [1] mostraram que mais de 50% dos projetos *open-source* morrem nos primeiros quatro anos, com sobrevivência maior em projetos gerenciados por organizações. No contexto do artigo atual, a baixa atividade em repositórios como MinIndy (1 *commit*) e Besu Operator (4 *commits*) ressalta a importância de práticas como CI/CD e governança eficaz para mitigar riscos de abandono, alinhando-se às recomendações de [4].

Padhye et al. [8] analisaram a dinâmica de contribuições externas em projetos GitHub, destacando que correções de *bugs* têm maior taxa de aceitação (66,84%) comparadas a novas funcionalidades (46,97%). No presente estudo, a alta taxa de aceitação de PRs em projetos como Hyperledger Bevel (88,81%) e Quorum Dev Quickstart (73,18%) corrobora a importância de diretrizes claras para contribuições, enquanto a baixa atividade em MinIndy (0% de aceitação) reflete desafios na atração de colaboradores. Além disso, Borges et al. [3] relacionaram estrelas no GitHub a *forks* e dependências, métrica que se alinha ao destaque dado a projetos consolidados como Quorum Dev Quickstart (6.539 *commits*), cuja popularidade atrai contribuições sustentáveis.

A adoção de práticas de Integração Contínua/Entrega Contínua (CI/CD) é crítica para a maturidade de projetos *open-source*. Hilton et al. [6] demonstraram que 90% dos projetos GitHub utilizam Travis CI, enquanto o presente estudo revelou a predominância do GitHub Actions (10/14 projetos), como em Hyperledger Bevel e VON Network. Essa preferência reflete a integração nativa do GitHub Actions com o ecossistema da plataforma, otimizando *workflows*

de automação. Contudo, a ausência de CI/CD em MinIndy e Besu Operator destaca lacunas na adoção de boas práticas, reforçando a necessidade de padronização apontada em [6].

Embora a literatura sobre projetos *open-source* seja vasta, poucos trabalhos focam em blockchain permissionada. Jarczyk et al. [7] propuseram métricas de qualidade baseadas em tempo de resposta a *issues*, relevante para a análise do tempo médio de PRs em projetos como Fabric-Test (607 dias) e Quorum Dev Quickstart (18 dias). Além disso, a ênfase do artigo atual em ferramentas como Fablo e Hyperledger Bevel — que simplificam a implantação de redes empresariais — complementa estudos sobre *frameworks* de automação em DLT (*Distributed Ledger Technology*), ainda incipientes na literatura.

Este artigo avança ao integrar métricas quantitativas (*commits*, PRs, CI/CD) com análises qualitativas de projetos de blockchain permissionada, um nicho pouco explorado. Ao contrastar a maturidade de repositórios como Quorum Dev Quickstart com a inatividade de MinIndy, o estudo oferece informações para desenvolvedores e organizações, como a necessidade de harmonizar práticas de automação e governança. Adicionalmente, a descoberta de que tempos de resposta curtos correlacionam-se com alta aceitação de PRs (e.g., Hyperledger Bevel) contribui para debates sobre eficiência em comunidades *open-source*, ampliando achados de [8] e [7].

3 Metodologia

A presente metodologia foi desenvolvida com o objetivo de identificar e analisar o uso de automação nos repositórios da Hyperledger, compreendendo as práticas adotadas e suas implicações no desenvolvimento colaborativo. O processo metodológico foi estruturado em três etapas principais: (i) coleta das ferramentas de automação, (ii) extração dos dados e (iii) análise dos dados. Cada etapa foi planejada para garantir a coerência e a reproduzibilidade dos resultados obtidos.

3.1 Levantamento das Ferramentas de Automação

A identificação das ferramentas de automação foi conduzida por meio de um processo sistemático de levantamento e análise de repositórios públicos, similar a uma revisão sistemática da literatura. Esse processo incluiu a busca por evidências de automação dentro de projetos, a inspeção das documentações disponíveis e a verificação de componentes associados a fluxos de trabalho automatizados.

A primeira etapa consistiu na identificação e seleção de ferramentas de automação utilizadas nos repositórios da Hyperledger. Para isso, foram analisados dois tipos de projetos mantidos pela comunidade Hyperledger³: os projetos em desenvolvimento, disponíveis no Hyperledger Labs⁴, e os projetos maduros, localizados nos repositórios principais da Hyperledger⁵.

Cada repositório foi inspecionado para verificar a presença de referências à automação. Caso houvesse indícios de sua utilização. Em casos de dúvida, o arquivo README⁶ foi consultado para esclarecer a presença da automação no repositório. As informações

³Similar as bases de dados de uma revisão sistemática da literatura.

⁴<https://github.com/hyperledger-labs/>

⁵<https://github.com/hyperledger/>

⁶Arquivo que reúne informações essenciais sobre o projeto, como seu objetivo, instruções de uso, instalação e como contribuir.

coletadas foram documentadas, incluindo o nome da ferramenta, a plataforma de automação utilizada, o link para o repositório no GitHub e o status do projeto (ativo ou arquivado).

Adicionalmente, outras fontes relevantes foram consideradas para complementar a coleta de dados. A VON Network e a Quorum Dev Quickstart foram identificadas com o apoio de especialistas, enquanto a Minindy foi apresentada pelos próprios desenvolvedores do estudo, que também fazem parte do grupo responsável pela ferramenta.

3.2 Extração dos Dados

A segunda etapa envolveu a extração dos dados dos repositórios selecionados, utilizando a API do GitHub. Os dados coletados incluiriam:

- Número de *commits* realizados por cada organização;
- Quantidade de *Pull Requests* (PRs) abertos, aceitos e rejeitados;
- Tempo médio de resposta dos PRs;
- Ferramentas de integração contínua (CI/CD) utilizadas.

Todos os dados foram consolidados em uma planilha, que serviu como base para a análise comparativa entre diferentes organizações e seus repositórios. Esse processo ajudou a encontrar padrões e oportunidades de melhoria na automação.

3.3 Análise do Dados

Na terceira etapa, os dados extraídos foram analisados. A análise quantitativa foi conduzida com base em métricas extraídas dos repositórios, enquanto a discussão qualitativa abordou o impacto das práticas de automação.

Para automatizar a coleta e o processamento dos dados, foi desenvolvido um *script*, que interagiu com a API do GitHub. Foram utilizadas bibliotecas especializadas, tais como:

- **Requests:** facilita o envio de requisições HTTP do token para interagir com a API do GitHub;
- **Pandas:** permite a manipulação e análise dos dados em formato tabular.

Os dados extraídos foram armazenados em arquivos CSV, que posteriormente foram importados para uma planilha para a geração de relatórios e visualizações gráficas. Esse processo otimizou o fluxo de trabalho, garantindo eficiência e segurança na análise das informações coletadas.

Por fim, os resultados obtidos foram avaliados com base nos critérios estabelecidos para identificar padrões de colaboração, eficiência das ferramentas de automação e oportunidades de melhoria nos repositórios da Hyperledger.

4 Resultados

Esta seção apresenta os resultados da análise de organizações que atuam na automação de plataformas blockchain permissionadas, destacando suas contribuições e áreas de atuação. Entre elas, a Consensys, focada no desenvolvimento de soluções para Ethereum; o Hyperledger Labs, que promove a experimentação de novas tecnologias; e o Hyperledger, que desenvolve frameworks para aplicações empresariais. Além disso, incluem-se iniciativas como a BCGov, voltada para a digitalização de serviços públicos, e o GERCOM,

um laboratório de pesquisa que apoia órgãos públicos e empresas privadas com tecnologia avançada.

4.1 Organizações Mantenedoras

A seguir serão apresentadas informações das organizações que trabalham com automação de plataformas blockchain permissionadas, são elas:

A **ConsenSys** é uma empresa de tecnologia focada no desenvolvimento de soluções de blockchain, principalmente relacionadas à Ethereum. A empresa é uma das líderes no ecossistema de blockchain, oferecendo ferramentas de software, soluções empresariais e infraestrutura para empresas e desenvolvedores. Seus repositórios no GitHub incluem projetos voltados para contratos inteligentes, ferramentas de integração e outras tecnologias baseadas na blockchain Ethereum.

O **Hyperledger Labs** é uma coleção de projetos de código aberto que fazem parte da iniciativa Hyperledger, uma colaboração da Linux Foundation com diversas empresas e desenvolvedores. O Hyperledger Labs serve como um espaço para experimentar novas ideias e soluções baseadas em blockchain, permitindo que novos projetos evoluam antes de serem formalmente integrados à estrutura maior do Hyperledger.

O **Hyperledger** é uma colaboração de código aberto voltada para o desenvolvimento de frameworks e ferramentas para o desenvolvimento de soluções blockchain empresariais. Diferente de criptomoedas, o Hyperledger foca em aplicações empresariais, como rastreamento de cadeias de suprimento, identidade digital, entre outras. A fundação Hyperledger, mantida pela Linux Foundation, inclui vários projetos como o Hyperledger Fabric, Hyperledger Sawtooth, entre outros, que são utilizados em ambientes corporativos.

A **BCGov** (Governo da Colúmbia Britânica) é uma entidade governamental que mantém projetos de código aberto voltados para a digitalização de serviços públicos e para a construção de soluções inovadoras baseadas em blockchain. Os projetos da BCGov buscam melhorar a eficiência e a transparência dos processos governamentais, utilizando tecnologias emergentes.

O **GERCOM**, fundado em 2003, é um laboratório de pesquisa em redes de computadores que alia inovação à essência amazônica, buscando excelência em Redes de Computadores e Comunicação Multimídia. O grupo apoia órgãos públicos e empresas privadas com tecnologia avançada e profissionais capacitados. Além disso, a ferramenta MinIndy, testada em Linux, oferece uma forma prática de configurar e expandir redes Hyperledger Indy, desde ambientes simples, como máquinas virtuais, até servidores de produção.

4.2 Ferramentas Coletadas

A partir da análise do repositório das organizações as seguinte ferramentas foram coletadas:

O **Besu Operator**⁷ (atualmente arquivado) foi desenvolvido com o objetivo de simplificar o empacotamento, a implantação e o gerenciamento de redes Hyperledger Besu em ambientes Kubernetes. Embora já seja possível implantar o Besu no Kubernetes por meio de Helm Charts ou diretamente com a linha de comando do Kubernetes, a proposta do projeto era encapsular toda essa complexidade em um Kubernetes Operator. Dessa forma, seria possível definir o

⁷<https://github.com/hyperledger-labs/besu-operator>

estado desejado da rede Besu, permitindo que o operador alcançasse e mantivesse esse estado automaticamente, promovendo maior automação e praticidade no gerenciamento de redes blockchain.

O **Fabio**⁸ é uma ferramenta que automatiza a geração e execução de redes Hyperledger Fabric em ambientes Docker. Distribuído como um único *script shell*, o Fabio busca facilitar a configuração de redes blockchain ao suportar os protocolos de consenso RAFT e Solo, além de permitir a criação de múltiplas organizações e canais, bem como a instalação e atualização de chaincodes. O *script* utiliza uma imagem Docker para gerar toda a configuração da rede, podendo ser mantido no diretório raiz do projeto ou instalado globalmente no sistema de arquivos, tornando o processo de implantação do Hyperledger Fabric mais ágil e acessível.

O **fabric-operator**⁹ é um operador *cloud-native* e de código aberto para gerenciamento de redes Hyperledger Fabric em ambientes Kubernetes, seguindo o padrão de operadores da *Cloud Native Computing Foundation* (CNCF). Ele automatiza tarefas repetitivas e detalhadas de configuração, delegando-as a controladores baseados em software, o que simplifica a implantação e manutenção das redes.

O **Hyperledger Bevel**¹⁰ é um framework de automação projetado para facilitar e padronizar a implantação rápida de plataformas DLT (*Distributed Ledger Technology*) prontas para produção em infraestruturas de nuvem. Atuando como um acelerador, o Bevel permite que desenvolvedores configurem e implementem redes blockchain seguras, escaláveis e com alta disponibilidade, além de simplificar o processo de integração de novas organizações à rede.

A **Hyperledger Fabric Ansible Collection**¹¹ é uma coleção de automação baseada em Ansible¹² voltada para a construção de redes Hyperledger Fabric. Essa coleção facilita a criação, operação, governança e expansão de redes blockchain empresariais, permitindo automatizar de forma eficiente todo o processo de implantação da infraestrutura necessária para uma rede Fabric.

O **Fabric-Test** é um conjunto de ferramentas voltado para testar o próprio Hyperledger Fabric, oferecendo dois utilitários principais: o *Operator tool* e o PTE (*Performance Traffic Engine*). O Operator tool permite a implantação de redes Fabric tanto em ambientes locais, por meio do Docker, quanto em Kubernetes, facilitando a criação e gerenciamento das redes para testes. Já o PTE é utilizado para realizar invocações e consultas a chaincodes, possibilitando a avaliação do desempenho da rede implantada com o Operator tool. Juntas, essas ferramentas contribuem para validar e analisar a robustez e eficiência das redes Hyperledger Fabric.

O **Indy Node Container**¹³ oferece imagens de contêiner prontas para uso com o objetivo de simplificar a execução de instâncias do Hyperledger Indy Node, com dependências mínimas. Seu principal propósito é facilitar a entrada de *stewards* em redes Indy já existentes, embora também possa ser utilizado para criar redes locais ou de teste. Originado no Container Working Group da ID Union¹⁴, o projeto foi oficialmente contribuído ao Hyperledger em fevereiro

de 2022. Os principais artefatos são as imagens de contêiner do Indy Node e do Indy Node Controller, construídas a partir dos arquivos disponibilizados no repositório. Além disso, o projeto fornece *scripts* utilitários, incluindo um arquivo para Docker Compose, que auxilia na configuração e execução do ambiente de execução para os contêineres.

O **Microfab**¹⁵ é uma imagem de contêiner única que permite iniciar rapidamente uma rede Hyperledger Fabric, sendo especialmente útil durante o desenvolvimento de soluções. Com suporte à configuração personalizada de canais e organizações, o Microfab pode ser iniciado e interrompido em segundos, facilitando a interação rápida sobre alterações em chaincodes e aplicações cliente. Ele se destaca por sua simplicidade e agilidade nos estágios iniciais de desenvolvimento, como na criação de contratos inteligentes e integração com SDKs.

O **fabric-samples**¹⁶ é um conjunto de exemplos práticos desenvolvidos para auxiliar iniciantes e desenvolvedores a começarem a trabalhar com o Hyperledger Fabric. Esses exemplos permitem explorar as principais funcionalidades da plataforma, entender a estrutura de redes blockchain e aprender como construir aplicações que interajam com a rede por meio dos Fabric SDKs. É uma ferramenta essencial para aprendizado, testes e desenvolvimento de soluções baseadas em Hyperledger Fabric.

O **Minifabric**¹⁷ (atualmente arquivado) é uma ferramenta desenvolvida para facilitar o aprendizado, desenvolvimento de contratos inteligentes e experimentação com o Hyperledger Fabric. Capaz de iniciar redes Fabric em máquinas simples, como máquinas virtuais, o Minifabric também oferece suporte à implantação em servidores de nível produtivo. Compatível com sistemas Linux, OS X, Windows 10 e versões do Fabric a partir da 1.4.4, ele proporciona uma experiência completa da plataforma. Entre suas funcionalidades estão a configuração e expansão da rede (como adição de novas organizações), operações com canais (criação, atualização, ingresso e consulta), gerenciamento de chaincodes, coleta de dados privados, consultas de blocos e altura do *ledger*, suporte ao Hyperledger Explorer, monitoramento dos nós e verificação de integridade da rede – tudo isso sem interferir no ambiente local do desenvolvedor.

O **MinIndy**¹⁸ é uma ferramenta voltada para aprender ou explorar o funcionamento do Hyperledger Indy [2]. Inspirado na arquitetura do Minifabric, o MinIndy permite levantar redes Indy em máquinas simples, como uma máquina virtual, além de oferecer suporte à implantação em servidores de nível produtivo. A ferramenta foi testada em ambientes Linux e utiliza como base os contêineres do Indy Node Container para facilitar a configuração e execução da rede. É uma solução para experimentação, desenvolvimento e testes com redes baseadas em identidade descentralizada.

O **Nephos**¹⁹ (atualmente arquivado) é uma biblioteca desenvolvida em Python, acompanhada de Helm Charts, voltada para a implantação de projetos Hyperledger Fabric em ambientes Kubernetes. Criado originalmente pela AID:Tech²⁰ e hospedado no repositório da Hyperledger Labs, o Nephos buscava facilitar e automatizar a

⁸<https://github.com/hyperledger-labs/fabio>

⁹<https://github.com/hyperledger-labs/fabric-operator>

¹⁰<https://github.com/hyperledger/bevel>

¹¹<https://github.com/hyperledger-labs/fabric-ansible-collection>

¹²<https://www.ansible.com/>

¹³<https://github.com/hyperledger/indy-node-container>

¹⁴<https://github.com/IDUnion>

¹⁵<https://github.com/hyperledger-labs/microfab>

¹⁶<https://github.com/hyperledger/fabric-samples>

¹⁷<https://github.com/hyperledger-labs/minifabric>

¹⁸<https://github.com/gercom-ufpa/minindy/>

¹⁹<https://github.com/hyperledger-labs/nephos>

²⁰<https://www.aid.technology/>

configuração e o gerenciamento de redes Fabric na nuvem, integrando práticas modernas de orquestração e infraestrutura como código.

O **Quorum Developer Quickstart**²¹ é uma ferramenta que permite a geração rápida de redes blockchain locais baseadas em Quorum, com foco em desenvolvimento e demonstrações. A utilidade oferece suporte tanto ao Hyperledger Besu quanto ao GoQuorum, facilitando a criação e configuração de ambientes de forma ágil e simplificada, otimizando o processo de desenvolvimento e testes em redes Quorum.

A **VON Network**²² é uma rede Hyperledger Indy Node de nível desenvolvimento, projetada para ser portátil e de fácil utilização em ambientes de testes e prototipação. Inclui um *Ledger Browser*, que permite visualizar o status dos nós da rede, além de navegar, buscar e filtrar transações no *ledger* – como exemplificado no navegador da *ledger* usado pela BC Gov na demonstração do aplicativo GreenLight²³. Desenvolvida como parte da iniciativa *Verifiable Organizations Network* (VON), a VON Network²⁴ não é adequada para ambientes de produção, pois não possui os recursos e salvaguardas exigidos nesse contexto. Ainda assim, oferece uma maneira extremamente simples de levantar uma rede Indy Node para fins de aprendizado, desenvolvimento e testes.

4.3 Métricas Coletadas

Nesta seção, são apresentados dados coletados em 30 de maio de 2025, focando em indicadores como número de commits, volume de Pull Requests (PRs), tempo médio de resposta e adoção de ferramentas de Integração Contínua/Entrega Contínua (CI/CD) em projetos vinculados ao ecossistema Hyperledger e blockchain.

4.3.1 Número de Commits. O gráfico na Figura 1 apresenta o número de commits em projetos relacionados ao ecossistema Hyperledger e blockchain, revelando diferenças na atividade de desenvolvimento. O Quorum Dev Quickstart lidera com 6.539 commits, indicando um projeto altamente ativo e consolidado, devido à sua utilidade como referência para desenvolvedores. Em seguida, destaca-se o Hyperledger Bevel (4.124 commits) e o Fablo (1.541 commits), que também demonstram contribuições significativas, sugerindo adoção em ambientes empresariais ou de teste. Em contraste, projetos como Besu Operator (4 commits) e MinIndy (1 commit) mostram atividade quase irrelevante, possivelmente por serem nichos, experimentais ou dependentes de ecossistemas menores. A disparidade reflete a maturidade e o apoio da comunidade: projetos centrais (como Quorum Dev Quickstart) atraem mais contribuições, enquanto outros permanecem em estágios iniciais ou com foco específico. Essa distribuição ressalta a importância de iniciativas maduras na sustentação do ecossistema blockchain.

Projetos como o Quorum Dev Quickstart e o Hyperledger Bevel já se destacavam por seu alto volume de commits, indicando uma base de código robusta, referindo-se à sua qualidade estrutural, resiliência e maturidade dentro do ecossistema de desenvolvimento, e uma comunidade de desenvolvedores ativa. Essa tendência não apenas se manteve, mas foi reforçada na análise mais recente. O

Quorum Dev Quickstart, que anteriormente registrava 6.539 commits, agora apresenta 6.549, demonstrando um fluxo contínuo de contribuições. De forma ainda mais expressiva, o Hyperledger Bevel viu seu número de commits aumentar de 4.124 para 4.174, consolidando sua posição como um dos projetos mais dinâmicos e em constante evolução.

Outros repositórios, como o Fablo, também seguiram essa trajetória de crescimento, passando de 1.541 para 1.623 commits. Esse aumento, embora em menor escala que os líderes, é igualmente significativo, pois indica que o projeto continua a serativamente mantido e a receber melhorias. Mesmo em casos de projetos com menor volume de atividade, como o Besu Operator, que passou de 4 para 7 commits, observa-se um sinal de que o desenvolvimento, mesmo que pontual, persiste.

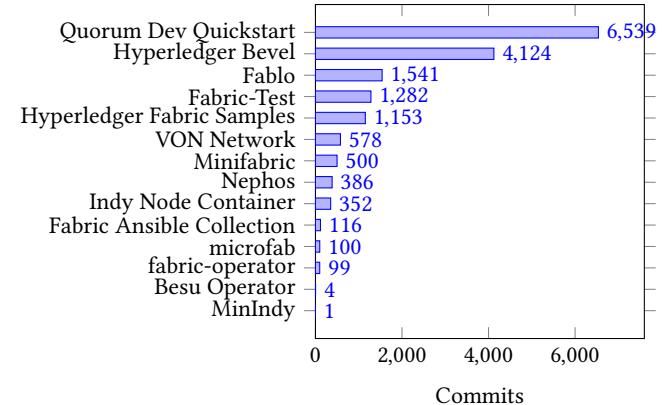


Figura 1: Número de Commits por Re却itórios (Ordenado Decrescentemente).

4.3.2 Quantidade de Pull Requests (PRs). Na Figura 2, é possível observar a distribuição dos Pull Requests (PRs) em diferentes repositórios, ordenados em ordem decrescente pelo total de PRs. As barras verdes indicam PRs aceitos, as vermelhas representam PRs rejeitados e as azuis correspondem aos PRs ainda abertos. Nota-se que o Quorum Dev Quickstart apresenta o maior volume de PRs, ultrapassando 1.500 solicitações, seguido por Hyperledger Bevel e Hyperledger Fabric Samples. Já MinIndy e Besu Operator registram as menores quantidades de PRs.

Em praticamente todos os projetos, a proporção de PRs aceitos supera a de rejeitados, sugerindo que a maioria das contribuições atende aos requisitos de qualidade ou às diretrizes de contribuição estabelecidas. A quantidade de PRs abertos tende a ser baixa (O maior destaque é o Fabric-Test com 40 PRs abertos) o que pode indicar um processo de revisão e integração eficiente, com pouco acúmulo de solicitações pendentes. Esses resultados apontam para comunidades ativas, com governança bem estabelecida e fluxos de trabalho que favorecem a incorporação das melhorias propostas, contribuindo para a evolução contínua dos repositórios analisados.

Por outro lado, repositórios como MinIndy e Besu Operator, que registram menores quantidades de PRs, podem indicar comunidades com menor volume de contribuições ou um escopo de atuação mais restrito.

²¹<https://github.com/ConsenSys/quorum-dev-quickstart>

²²<https://github.com/bcgov/von-network/>

²³<https://github.com/bcgov/greenlight>

²⁴vonx.io

Esses resultados reforçam a ideia de comunidades ativas, que não apenas recebem um grande volume de contribuições, mas também mantêm processos eficientes de avaliação. Ao mesmo tempo, a variação na razão de PRs aceitos e rejeitados entre os diferentes projetos pode refletir diferenças nas políticas de contribuição, no nível de maturidade dos repositórios ou nas práticas de governança adotadas. Em síntese, a análise do gráfico evidencia uma dinâmica de colaboração consistente, em que a maior parte dos PRs é incorporada de forma relativamente rápida, contribuindo para a evolução contínua desses projetos.

Na análise original, de 30 de outubro de 2024, o Quorum Dev Quickstart era o destaque em volume de PRs, indicando uma comunidade altamente engajada. No entanto, a atualização dos dados revela uma reconfiguração na liderança, com o Hyperledger Bevel emergindo como o novo repositório com o maior volume total de PRs. Este movimento é um forte indicativo de que o Hyperledger Bevel tem se tornado um ponto focal para contribuições, possivelmente devido à sua crescente relevância no ecossistema ou a processos de colaboração otimizados que facilitam a submissão e aceitação de PRs.

O aumento no volume de PRs, especialmente em projetos como o Hyperledger Bevel, demonstra um desenvolvimento ativo e uma comunidade em expansão. Cada PR representa um esforço de colaboração, seja de um desenvolvedor individual ou de uma equipe, para aprimorar o projeto.

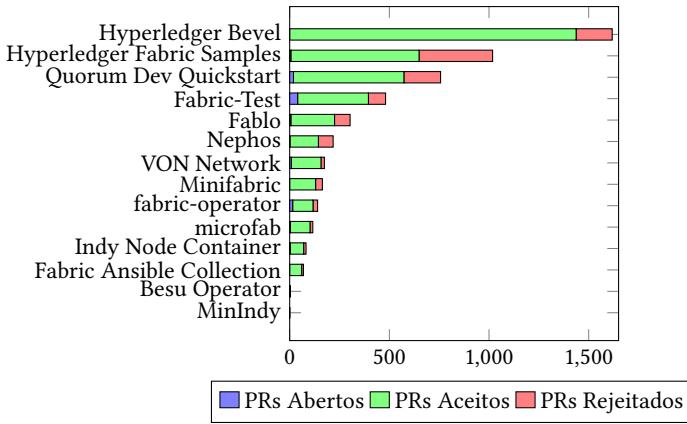


Figura 2: Gráfico de barras horizontais mostrando a distribuição de PRs por repositório (ordenado por total de PRs decrescente).

4.3.3 Tempo médio de resposta dos PRs. A Tabela 1 apresenta a relação entre o tempo médio sem resposta (em dias) e a taxa de aceitação dos Pull Requests (PRs) para diferentes repositórios, fornecendo subsídios importantes para a análise dos processos de governança e revisão adotados em cada projeto.

Observa-se uma ampla variabilidade nos indicadores analisados. Enquanto repositórios como Besu Operator, Fabric Ansible Collection, Hyperledger Bevel, Minifabric e Nephos apresentam um tempo médio sem resposta de 0 dias, outros, como Quorum Dev Quickstart (18 dias), Hyperledger Fabric Samples (43 dias), Fablo (165 dias) e, de forma extrema, Fabric-Test (607 dias), demonstram

tempos consideravelmente maiores. Essa disparidade sugere que os processos de revisão e os volumes de PRs variam significativamente entre os projetos, podendo refletir tanto diferenças na complexidade das contribuições quanto na capacidade de gerenciamento das comunidades.

No que se refere à taxa de aceitação, os repositórios também exibem uma grande amplitude de resultados. Alguns, como Besu Operator e Hyperledger Bevel, apresentam taxas elevadas, superiores a 88%, indicando uma forte tendência a incorporar as contribuições submetidas. Por outro lado, Hyperledger Fabric Samples registra uma taxa de aceitação de apenas 63,20%, sugerindo critérios de avaliação potencialmente mais rigorosos ou um acúmulo de contribuições que não atendem aos padrões estabelecidos. O caso de MinIndy merece destaque, pois, apesar de apresentar 0 dias de tempo médio sem resposta, sua taxa de aceitação é de 0%, o que pode ser indicativo de um número muito reduzido de PRs analisados ou de uma política de avaliação mais restritiva.

A análise conjunta dos indicadores revela que não há uma correlação linear direta entre o tempo de resposta e a taxa de aceitação. Por exemplo, VON Network apresenta um tempo médio elevado (305 dias) associado a uma taxa de aceitação de 85,63%, enquanto Hyperledger Fabric Samples, com um tempo médio de 43 dias, possui uma taxa de aceitação significativamente inferior (63,20%). Essa constatação indica que outros fatores, como a qualidade das contribuições, o rigor dos processos de revisão e as políticas internas de cada repositório, podem exercer uma influência mais determinante sobre a aceitação dos PRs.

Em síntese, os dados apresentados na Tabela 1 evidenciam que os processos de revisão e aceitação de contribuições variam amplamente entre os repositórios analisados. Essa diversidade ressalta a importância de se considerar múltiplos indicadores ao avaliar a eficiência e a governança dos projetos colaborativos, apontando para a necessidade de investigações mais aprofundadas que possam identificar boas práticas e oportunidades de melhoria na gestão das contribuições.

Repositório	Tempo (dias)	Taxa (%)
Fabric-Test	607	73.80
Indy Node Container	430	82.93
VON Network	305	85.63
fabric-operator	280	72.86
microfab	191	85.34
Fablo	165	72.28
Hyperledger Fabric Samples	43	63.20
Quorum Dev Quickstart	18	73.18
Besu Operator	0	100.00
Fabric Ansible Collection	0	86.96
Hyperledger Bevel	0	88.81
Minifabric	0	79.27
Nephos	0	65.60
MinIndy	0	0.00

Tabela 1: Relação entre o tempo médio sem respostas (Dias) e a taxa de aceitação (%).

4.3.4 Ferramentas de Integração e Desenvolvimento Contínuo (CI/CD). Os resultados sobre as ferramentas de CI/CD utilizado pelas ferramentas de automação revelam uma predominância significativa do uso do GitHub Actions como ferramenta de CI/CD entre os projetos vinculados à Hyperledger e Hyperledger Labs. Dos 14 projetos listados, 10 utilizam essa plataforma, o que sugere uma padronização estratégica ou preferência organizacional por sua integração nativa com o ecossistema GitHub, agilidade na automação de workflows e possível sinergia com práticas de código aberto. A exceção é o projeto Besu Operator (Hyperledger Labs) e MinIndy (GERCOM/UFPA), que não possuem integração contínua, indicando lacunas na maturidade do projeto, priorização diferenciada ou desafios técnicos específicos. Essa inconsistência pode apontar para a necessidade de revisão de processos internos ou suporte adicional para garantir a adoção homogênea de boas práticas de DevOps (Desenvolvimento e Operação) na organização.

Além disso, observa-se o uso do Travis CI em dois casos: GoQuorum (Consensys) e Nephos (Hyperledger Labs). Essa dualidade pode refletir transições em curso para o GitHub Actions, preferências históricas ou requisitos técnicos específicos desses projetos. O fato de a VON Network (British Columbia Government) também adotar o GitHub Actions reforça sua relevância em iniciativas governamentais e de blockchain, sugerindo uma tendência mais ampla na comunidade. A ausência de outras ferramentas (como GitLab CI ou Jenkins) destaca a concentração em soluções, mas também levanta questões sobre a diversificação de estratégias para mitigar riscos de dependência de uma única plataforma. Em síntese, os dados evidenciam uma forte adesão ao GitHub Actions, com oportunidades para maior padronização e avaliação de casos isolados.

4.3.5 Conclusão. A análise das métricas coletadas evidencia um ecossistema marcado por contrastes: projetos como Quorum Dev Quickstart e Hyperledger Bevel destacam-se pela alta atividade de desenvolvimento e robustez em processos de revisão, enquanto iniciativas como MinIndy e Besu Operator apresentam contribuições residuais, muitas vezes limitadas por seu escopo nichado ou dependência de repositórios originais. A predominância do GitHub Actions como ferramenta de CI/CD reflete uma tendência de padronização, embora lacunas em projetos específicos apontem para a necessidade de maior harmonização de práticas. A elevada taxa de aceitação de PRs e os tempos de resposta variáveis sugerem comunidades ativas, porém com capacidades de gestão heterogêneas. Ressalta-se, ainda, algumas dessas ferramentas são *forks* de outros, como Besu Operator e MinIndy, que limita a compreensão plena do desenvolvimento, indicando a importância de expandir futuros estudos para repositórios originais. Em síntese, os resultados reforçam a relação intrínseca entre métricas de colaboração, maturidade tecnológica e governança eficaz, elementos críticos para a sustentabilidade de projetos de código aberto no âmbito blockchain.

5 Conclusão

A análise evidenciou que repositórios com automação robusta apresentaram maior volume de contribuições, taxas elevadas de aceitação de PRs e tempos de resposta reduzidos, reforçando a automação como pilar para sustentabilidade. Contudo, disparidades marcantes foram observadas: projetos centrais (Quorum Dev Quickstart, Hyperledger Bevel) destacaram-se por alta atividade e governança ágil,

enquanto iniciativas nichadas (MinIndy, Besu Operator) tiveram engajamento residual, muitas vezes limitado por escopo restrito ou dependência de ecossistemas menores.

Os resultados respondem ao problema de pesquisa ao demonstrar como métricas quantitativas – como *commits*, PRs e tempo de resposta – refletem a maturidade e a dinâmica colaborativa. Para desenvolvedores, esses indicadores auxiliam na escolha de projetos confiáveis; organizações mantenedoras identificam gargalos e oportunidades de otimização; e a academia ganha um modelo analítico replicável para estudos empíricos em blockchain. Limitações, como o foco em *forks* e a restrição temporal dos dados, ressaltam a necessidade de ampliar escopos futuros para incluir repositórios originais e tendências de longo prazo.

Como direcionamentos futuros, propõe-se: expandir a análise para outras plataformas (GitLab) e métricas qualitativas (*surveys*), investigar o impacto de fatores externos (financiamento) e promover padronização de CI/CD e documentação clara. A sustentabilidade desses ecossistemas depende da sinergia entre automação, governança transparente e engajamento comunitário, elementos essenciais para impulsionar inovações em blockchain permissionada.

Disponibilidade de Artefatos

O código da ferramenta utilizada para coletar as métricas está disponível no Github pessoal do autor²⁵. Os dados coletados estão disponíveis no seguinte link: <https://bit.ly/4hHiGPO>.

Referências

- [1] Adem Ait, Javier Luis Cánovas Izquierdo, and Jordi Cabot. 2022. An empirical study on the survival rate of GitHub projects. In *Proceedings of the 19th International Conference on Mining Software Repositories*. 365–375.
- [2] Mateus Bastos, Alan Veloso, Jefferson Sousa, Bruno Evaristo, Diego Abreu, and Antônio Abelém. 2024. MinIndy: Automating the Deployment and Management of Hyperledger Indy Networks. In *2024 IEEE Latin-American Conference on Communications (LATINCOM)*. IEEE, 1–6.
- [3] Hudson Borges, Marco Túlio Valente, Andre Hora, and Jailton Coelho. 2015. On the popularity of GitHub applications: A preliminary note. *arXiv preprint arXiv:1507.00604* (2015).
- [4] Jailton Coelho and Marco Túlio Valente. 2017. Why modern open source projects fail. In *Proceedings of the 2017 11th Joint meeting on foundations of software engineering*. 186–196.
- [5] Huaiqun Guo and Xingjia Yu. 2022. A survey on blockchain technology and its security. *Blockchain: research and applications* 3, 2 (2022), 100067.
- [6] Michael Hilton, Timothy Tunnell, Kai Huang, Darko Marinov, and Danny Dig. 2016. Usage, costs, and benefits of continuous integration in open-source projects. In *Proceedings of the 31st IEEE/ACM international conference on automated software engineering*. 426–437.
- [7] Oskar Jarczyk, Błażej Gruszka, Szymon Jaroszewicz, Leszek Bukowski, and Adam Wierzbicki. 2014. Github projects. quality analysis of open-source software. In *Social Informatics: 6th International Conference, SocInfo 2014, Barcelona, Spain, November 11–13, 2014. Proceedings 6*. Springer, 80–94.
- [8] Rohan Padhye, Senthil Mani, and Vibha Singhal Sinha. 2014. A study of external community contribution to open-source projects on GitHub. In *Proceedings of the 11th working conference on mining software repositories*. 332–335.

²⁵<https://github.com/julyanyrl/github-repo-data-collector/>