

Soluções de Monitoramento de Redes Blockchain

Caio Silva¹, Mateus Bastos¹, Alan Veloso¹, Jeffson Celeiro^{1,2},
Bruno Evaristo^{1,2}, José Reynaldo Formigoni², Antônio Abelém¹

¹ Universidade Federal do Pará (UFPA)
Belém – PA – Brasil

²Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD)
Campinas – SP – Brasil

{caio.santos.silva, mateus.araujo}@icen.ufpa.br, aveloso@ufpa.br
{jcsousa, elderb, formigoni}@cpqd.com.br, abelem@ufpa.br

Abstract. *Given the increased use of blockchain technologies by vertical parts of the industry, there is a need for efficient monitoring of these networks to preserve the quality of this service. This work aims to investigate and document information on monitoring systems in the literature. The results show that centralized monitoring systems predominate, with eight different modules and a variety of metrics monitored. In this way, this study presents the alternative blockchain monitoring systems present in the literature, providing valuable insights for the development of more efficient and comprehensive strategies for the area.*

Resumo. *Diante do aumento do uso de tecnologias blockchain por partes verticais da indústria, surge a necessidade do monitoramento eficiente destas redes, para preservação da qualidade deste serviço. Este trabalho tem como objetivo investigar e documentar as informações sobre os sistemas de monitoramento presentes na literatura. Os resultados revelam a predominância de sistemas de monitoramento centralizados, compostos por até oito módulos distintos e variadas métricas monitoradas. Desta forma, este estudo apresenta as alternativas de sistemas de monitoramento blockchain presentes na literatura, fornecendo insights valiosos para o desenvolvimento de estratégias mais eficientes e abrangentes para a área.*

1. Introdução

A tecnologia blockchain teve um grande aumento da adoção por parte de organizações. Contudo, vulnerabilidades nos nós, nos contratos inteligentes, na segurança do usuário e no *design* da rede podem afetar sua credibilidade [Sunny et al. 2022]. Sendo assim, nota-se a importância de monitorar estas redes em aspectos como: segurança, integridade dos dados, desempenho da rede e legalidade das transações; a fim de que indiquem a eficácia da rede, a otimização de recursos e garantia de satisfação do usuário.

Este trabalho visa investigar diferentes estratégias de monitoramento de redes blockchain. Esse objetivo é alcançado por meio de uma revisão sistemática do estado da arte das estruturas, ferramentas e técnicas disponíveis para o monitoramento de redes blockchain [Petersen et al. 2015].

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 descreve a metodologia utilizada para busca e obtenção de conteúdo do levantamento. A Seção 3 detalha as

análises e discussões dos resultados obtidos. Por fim, a Seção 4 apresenta a conclusão e trabalhos futuras acerca deste estudo.

2. Metodologia

Com o intuito de obter informações acerca das estruturas de monitoramento de redes blockchain, foram definidas as questões de pesquisa:

- **QP1:** Quais são os componentes-chave do sistema de monitoramento em uma rede blockchain e como eles estão organizados ou interconectados?
- **QP2:** Quais ferramentas são empregadas na implantação de sistemas de monitoramento?
- **QP3:** Quais são as métricas que o monitoramento em redes blockchain está principalmente preocupado em avaliar, como segurança, desempenho, integridade ou outros?
- **QP4:** Quais são as tecnologias ou métodos fundamentais geralmente empregados no processo de monitoramento?
- **QP5:** Qual é a plataforma blockchain utilizado pela rede blockchain na qual o monitoramento está implantado?
- **QP6:** O sistema de monitoramento de rede blockchain é aplicado a um domínio ou campo específico? Se sim, qual é esse domínio?

Em seguida foram definidas as palavras-chave que integram a *string* de busca utilizada em cada base de dados, as quais foram: “blockchain”, relacionada a população e “monitoring”, relacionada a intervenção. Dito isto, a *string* original de busca foi definida como “**blockchain monitoring**” OR “**monitoring of blockchain**”. Logo após, foram escolhidos as bases de dados para ser feita a busca dos artigos, sendo **ACM Digital Library**, **IEEE Digital Library**, **Science@Direct** e **Scopus**. Essas bases foram escolhidas pela abrangência e eficiência de suas buscas, além da confiabilidade de seus dados apresentados pela verificação de paridade presentes nelas.

Seguindo o planejamento, houve a definição do critério de inclusão: “O estudo aborda o monitoramento de redes blockchain”; e dos critérios de exclusão: “Não foi possível ter acesso ao estudo”, “O estudo não está escrito em inglês”, “O estudo não possui um resumo”, “O estudo não trata de monitoramento de redes blockchain”, “O estudo não é um estudo primário”, “O estudo é publicado apenas como resumo”, “O estudo é uma versão mais antiga de outro estudo”. Dessa forma, foi finalizada a etapa de planejamento da revisão sistemática.

3. Resultados e Discussões

Os artigos selecionados e analisados apresentaram informações relevantes a respeito do monitoramento de redes blockchain e das questões de pesquisa formuladas na metodologia. De maneira geral, foram encontrados 51 artigos usando a *string* de busca especificada, distribuídos entre as bases ACM Digital Library (10), IEEE Digital Library (26), Science@Direct (4) e Scopus (11). Após aplicar critérios de seleção, 10 artigos duplicados foram identificados, restando 41. Desses, 7 foram aceitos conforme os critérios de inclusão.

A Tabela 1 apresenta a distribuição dos artigos entre as bases de dados. A etapa seguinte envolveu a análise dos 7 artigos selecionados para documentar as estruturas de

Base de Dados	Busca Inicial	Artigos Duplicados	Crêterios de Exclusão	Amostra Final
Scopus	11	4	4	3
ACM Digital Library	10	0	9	1
IEEE Digital Library	26	6	18	2
Science@Direct	4	0	3	1
Total de Artigos	51	10	34	7

Tabela 1. Distribui o dos artigos nas bases de dados

monitoramento de redes blockchain abordadas. As resposta das questões de pesquisa serão apresentados a seguir.

3.1. Quais são os componentes-chave do sistema de monitoramento em uma rede blockchain e como eles estão organizados ou interconectados?

Os estudos analisados revelam que todos os sistemas de monitoramento de redes blockchain compartilham uma **estrutura centralizada de monitoramento**, que consiste no armazenamento, processamento e visualiza o dos dados coletados pelos **agentes de monitoramento**, a partir de um único **servidor de monitoramento** central. O agente e servidor de monitoramento utilizam uma série de módulos essenciais para o processo de monitoramento, sendo que alguns não se encontram em todos os sistemas de monitoramento analisados.

O primeiro módulo comum   o módulo de **coleta**, responsável por captar informa es da rede blockchain e se faz exclusivo do agente de monitoramento. Em seguida, há o módulo de **pré-processamento**, que processa os dados coletados para torná-los legíveis pelos componentes seguintes e pode tanto estar no agente de monitoramento quanto no servidor de monitoramento, dependendo da estrutura utilizada. Após o processamento, os dados são transmitidos pelo módulo de **transmissão**, que também faz parte do agente de monitoramento, para o servidor de monitoramento. Feito isso, os dados são recebidos pelo módulo de **recep o**, enfileirados pelo módulo de **enfileiramento**, analisados pelo módulo de **análise** e armazenados pelo módulo de **armazenamento**, todos os quatro estão presentes no servidor de monitoramento e este último, de armazenamento, também se faz presente em todos os estudos analisados. Por fim, os dados processados são visualizados pelo módulo de **visualiza o**, que também faz parte do servidor de monitoramento, para permitir o acompanhamento e a detec o de possíveis anomalias na rede.

3.2. Quais ferramentas são empregadas na implanta o de sistemas de monitoramento, especialmente no contexto de redes blockchain?

Os estudos analisados destacam as ferramentas utilizadas na implementa o dos sistemas de monitoramento de redes blockchain propostas. A sele o dessas ferramentas   determinada pela arquitetura do sistema, podendo ser ferramentas disponíveis no mercado ou desenvolvidas pelos próprios autores.

A Tabela 2 demonstra todas as ferramentas utilizadas nos estudos analisados. Vale destaque para os módulos de **coleta**, **armazenamento** e **visualiza o**, as quais se fazem presentes em todos os artigos e, por mais que algumas estejam indefinidas, apresentam ferramentas para estes módulos.

Artigo	Coleta	Pré-Processamento	Transmissão	Recepção	Enfileiramento	Análise	Armazenamento	Visualização
[Zheng et al. 2018]	Log Parser/Analyzer	Log Parser/Analyzer	-	-	-	Data Collector/Calculator	Banco de Dados	Web Frontier (Angular JS)
[Bang e Choi 2019]	Indefinido	Apache Storm	Indefinido	Node Interface	Apache Kafka	Apache Storm	Indefinido	Web Server
[Ko et al. 2018]	Monitor	Identifier e Classifier	Transmitter	Blockchain Interface	Classifier	Indefinido	Indefinido	Indefinido
[Kanga et al. 2020]	Indefinido	Classifier	-	-	Log Collection	Plataforma de Visualização	Elastic Node Cluster	Plataforma de Visualização
[Fakhri et al. 2021]	Beats	Logstash	-	-	-	ElasticSearch	Banco de Dados ElasticSearch	Kibana
[Lee et al. 2019]	Monitor	-	Transmitter	-	-	-	MySQL	Explorer
[Liu et al. 2022]	cAdvisor	-	-	-	-	Data Parser	TSDB Prometheus	Grafana

Tabela 2. Ferramentas utilizadas pelos artigos nos módulos de monitoramento.

3.3. Quais são as métricas que o monitoramento em redes blockchain está principalmente preocupado em avaliar, como segurança, desempenho, integridade ou outros?

O texto aborda as métricas utilizadas na avaliação de redes blockchain por meio de estruturas de monitoramento. Os estudos revisados apresentam semelhanças nas métricas avaliadas, embora alguns enfatizem mais aspectos específicos. Alguns artigos, como [Fakhri et al. 2021] e [Zheng et al. 2018], focam exclusivamente em métricas de desempenho, enquanto outros, como [Ko et al. 2018], [Bang e Choi 2019], [Lee et al. 2019], consideram também anormalidades e legalidade nas transações.

As métricas são categorizadas em dois grupos: **avaliação de legalidade das transações** e **avaliação de desempenho dos componentes da rede**. Para verificação de legalidade das transações, são analisados dados como **blocos**, **transações** e **contratos** para detectar atividades ilegais. A avaliação de desempenho abrange métricas gerais e específicas para desenvolvedores, incluindo aspectos como **taxa de transferência**, **latência** e **eficiência de recursos computacionais**.

Em resumo, as métricas utilizadas abrangem aspectos legais, de desempenho e segurança, sendo aplicadas por diferentes estruturas de monitoramento de redes blockchain, com algumas divergências nos enfoques específicos.

3.4. Quais são as tecnologias ou métodos fundamentais geralmente empregados no processo de monitoramento?

O texto descreve as bases para captação de informações utilizadas para obter informações das redes nas estruturas de monitoramento, identificando dois principais métodos para captação de informação: métodos baseados em logs e métodos baseados em Chamada de Procedimento Remoto (*Remote Procedure Call* - RPC).

Estruturas de Monitoramento baseadas em Logs: Essas estruturas utilizam logs automáticos gerados por componentes da rede blockchain, como nós. Estudos como [Zheng et al. 2018], [Bang e Choi 2019], [Kanga et al. 2020] e [Fakhri et al. 2021] empregam essa abordagem.

Estruturas de Monitoramento baseadas em RPC: Essas estruturas usam chamadas de procedimento remoto para obter informações sobre o funcionamento, estado ou componentes específicos da rede blockchain. Estudos como [Ko et al. 2018] e [Lee et al. 2019] empregam esse método, sendo o último uma extensão do primeiro.

Método de *Interaction Requests* (IRs): Este método, exemplificado pelo artigo [Liu et al. 2022], envolve a utilização de solicitações de interação para coletar dados, o que é uma generalização do método RPC. As IRs são divididas em API, RPC (usando JSON-RPC e gRPC) e SDK. Cada plataforma blockchain é monitorada por uma ou mais IRs, independentemente de ser pública ou privada.

Essas abordagens destacam a adaptabilidade das estruturas de monitoramento às necessidades específicas de monitoramento, oferecendo diferentes métodos para obter informações sobre o funcionamento das redes blockchain.

3.5. Quais plataformas blockchain são comumente utilizadas pela rede blockchain na qual o monitoramento está implantado?

Os artigos analisados documentam que as estruturas de monitoramento de blockchains abrangem dois tipos de plataformas: **não-permissionadas** e **permissionadas**. Plataformas não-permissionadas, utilizadas em [Ko et al. 2018] e [Lee et al. 2019], como **Bitcoin** e **Ethereum**, são descentralizadas e transparentes, permitindo a participação aberta. Já as permissionadas, utilizadas em [Fakhri et al. 2021] e [Liu et al. 2022], como **Fabric** e **Corda**, restringem o acesso a usuários autorizados, proporcionando maior controle e privacidade.

As plataformas mais monitoradas foram Ethereum (não-permissionada) e Fabric (Permissionada). Essa variedade de plataformas monitoradas pelas estruturas de monitoramento destaca a adaptação dessas estruturas às diversas necessidades de monitoramento, abrangendo tanto contextos não-permissionados quanto permissionados.

3.6. Os sistemas de monitoramento das redes blockchain são aplicados a um domínio ou campo específico? Se sim, qual é esse domínio?

Após a análise dos estudos examinados, não se nota uma predominância de domínios ou campos específicos nos quais os sistemas de monitoramento foram desenvolvidos, tendo uma abordagem e aplicabilidade mais geral para suas respectivas estruturas.

Todavia, o estudo [Liu et al. 2022] menciona que, com o crescimento das aplicações de IoT (*Smart Homes*, *Smart Factories*, etc), a segurança de dados e confiabilidade dos dispositivos vêm se tornando preocupações relevantes a se ter. Por isso, o uso de blockchain foi usado como alternativa para contribuir com a rastreabilidade dos dados e monitoramento de falhas nessas aplicações. Contudo, o baixo poder computacional dos sistemas IoT limitam essas implantações pelo fato das execuções de blockchain possuírem um alto consumo de recursos e de desempenho. Portanto, observando a falta de ferramentas de análise de blockchain, os autores desenvolveram este estudo voltado ao campo de IoT.

4. Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste estudo foi apresentado um levantamento sobre as características e arquitetura das estruturas de monitoramento de redes blockchain. Foram analisadas diferentes sistemas de monitoramento, sendo que todos utilizam uma arquitetura de sistema de monitoramento **centralizado**. Foram relatados os componentes fundamentais de uma estrutura de monitoramento (agente e servidor de monitoramento), além de identificar diversas ferramentas e técnicas para efetuar a implantação destas estruturas. Ademais, foram identificadas as métricas analisadas pelos sistemas de monitoramento e as plataformas blockchain

comumente utilizadas para aplicação do monitoramento por parte das estruturas documentadas. Houve também a análise de monitoramento de redes blockchain em outras áreas, como o IoT.

Dito isto, as semelhanças presentes em todos os estudos foram identificadas, no intuito de que o desenvolvimento futuro de um sistema de monitoramento blockchain seja facilitado para desenvolvedores e/ou pesquisadores. Além disso, este estudo também pode contribuir para futuras pesquisas envolvendo outras governanças de rede blockchain, como o desenvolvimento de uma estrutura de monitoramento descentralizada.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), através do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento em Blockchain 2023.

Referências

- Bang, J. and Choi, M.-J. (2019). Design and Implementation of Storage System for Real-time Blockchain Network Monitoring System. In *2019 20th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS)*, pages 1–4, Matsue, Japan. IEEE.
- Fakhri, M., Zegre, B., Omrane, N., and Jaziri, R. (2021). SpeedChain: A framework for Monitoring and Alerting blockchain projects. In *2021 11th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)*, pages 1–5, Paris, France. IEEE.
- Kanga, D. B., Azzouazi, M., El Ghoumrari, M. Y., and Daif, A. (2020). Management and Monitoring of Blockchain Systems. *Procedia Computer Science*, 177:605–612.
- Ko, K., Lee, C., Jeong, T., and Hong, J. W.-K. (2018). Design of rpc-based blockchain monitoring agent. In *2018 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, pages 1090–1095.
- Lee, C., Kim, H., Maharjan, S., Ko, K., and Hong, J. W.-K. (2019). Blockchain Explorer based on RPC-based Monitoring System. In *2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*, pages 117–119, Seoul, Korea (South). IEEE.
- Liu, Y., Qian, K., Wang, K., and He, L. (2022). BCmaster: A Compatible Framework for Comprehensively Analyzing and Monitoring Blockchain Systems in IoT. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(22):22529–22546.
- Petersen, K., Vakkalanka, S., and Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64:1–18.
- Sunny, F. A., Hajek, P., Munk, M., Abedin, M. Z., Satu, M. S., Efat, M. I. A., and Islam, M. J. (2022). A systematic review of blockchain applications. *IEEE Access*, 10:59155–59177.
- Zheng, P., Zheng, Z., Luo, X., Chen, X., and Liu, X. (2018). A detailed and real-time performance monitoring framework for blockchain systems. In *Proceedings of the 40th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice*, pages 134–143, Gothenburg Sweden. ACM.