

Análise de aplicações blockchain em desenvolvimento de produtos

Alfredo Colenci Neto¹, Daniel Capaldo Amaral¹, Isabela Piccirillo¹, Caio Chebel Pelissari¹

¹Departamento de Engenharia de Produção – Universidade de São Paulo (USP)
Av. Trab. São Carlense, 400 – 13566-590 – São Carlos – SP – Brazil

{alfredo.colenci}@fatec.sp.gov.br

{amaral}@sc.usp.br

{caiopelissari}@usp.br

{isabela.piccirillo}@usp.br

Resumo. *A tecnologia blockchain tem revolucionado diferentes setores de mercado pela sua característica de transparência e imutabilidade dos dados gravados na rede entre os participantes. No setor de desenvolvimento de produto, diversas propostas têm sido realizadas como forma de ideação de soluções de blockchain para o apoio na área. Por ser uma tecnologia relativamente nova, não se tem revisões bibliográficas sistemáticas (RBS) voltadas a esse assunto de forma a apresentar de maneira sistematizada os resultados destas propostas, nem a classificação do nível de maturidade de cada proposta. Sendo assim, este trabalho, de cunho qualitativo e quantitativo, apresenta uma RBS utilizando das bases de dados internacionais para identificação das aplicações Blockchain na área do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP). O trabalho conta ainda com caracterização e classificação de cada aplicação encontrada, por meio da atribuição de categorias de análise e avaliação levando em consideração o Nível de Prontidão Tecnológica (TRL). A pesquisa mostrou que existem trabalhos relevantes na área que propõem ideias visando maior controle, segurança e transparência de dados no setor, contudo, encontrando-se ainda em estágios iniciais de pesquisa e teste.*

1. Introdução

Um dos principais desafios no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é o bom funcionamento da gestão dos dados e informações do produto desenvolvido por um ou mais participantes. Além disso, há também preocupações com falta de confiabilidade e transparência entre as partes envolvidas, nas quais podem haver trocas de informações que comprometem a confidencialidade e até mesmo a integridade dos dados, fazendo-se necessário dar importância à segurança da gestão dos dados no processo de desenvolvimento do produto. Sabendo disso, estudos na área estão focando identificar e aplicar tecnologias para facilitar o gerenciamento de informações, sendo o Blockchain uma delas, que será objeto de estudo nesta pesquisa.

TCU [2020] define o Blockchain como um livro-razão digital e seguro, no qual as transações são organizadas em blocos ligados uns aos outros, formando um encadeamento, que justifica o termo “Blockchain”. O uso de tal tecnologia é recomendado quando

se necessita de maior confiabilidade de informações ou processos entre mais de uma parte interessada, sendo possível rastrear todas as transações que foram realizadas [TCU, 2020]. Dessa maneira, a aplicação do blockchain é ideal para superar tais desafios, visto que a tecnologia conta com mecanismos que fornecem transparência e imutabilidade dos dados gravados na rede [Nakamoto, 2008].

Por ser considerada uma tecnologia nova, a implementação do blockchain na área de PDP não possui um alto grau de maturidade, fazendo-se interesse desta pesquisa encontrar, estudar e apresentar os frameworks de aplicação presentes na literatura. Portanto, neste estudo, segue-se um modelo para revisão bibliográfica sistemática, a fim de alcançar uma maior qualidade nas buscas e compreender o “estado da arte” do tema em pesquisa [Conforto et al., 2011]. Pretende-se identificar, analisar e comparar propostas de aplicações para soluções de problemas na área de Processo de Desenvolvimento de Produto com o uso de Blockchain, além disso, classificá-las em relação às suas funcionalidades, arquitetura e métodos utilizados. Assim, logo após esta etapa, realizando o apontamento de gaps e assuntos que podem ser abordados futuramente, possibilitando o direcionamento de novos estudos para outros pesquisadores.

2. Metodologia

Neste trabalho, o procedimento metodológico é uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS). As etapas para condução da pesquisa são divididas em 4 partes: Identificação, Avaliação, Análises e Conclusões das aplicações Blockchain na área de PDP. Dessa maneira, nesta seção é descrito o desenvolvimento das strings de busca para realizar a identificação dos documentos que descrevem um modelo de aplicação em blockchain, a definição dos critérios de inclusão e qualificação para avaliar os modelos de aplicação e como foi idealizada a estratégia de análise desses modelos.

2.1. Palavras-Chave e Descritores de Busca

A busca por artigos e periódicos relacionados às aplicações em Blockchain na área de Processo de Desenvolvimento de Produto foi realizada na base de dados Scopus. A fim de identificar pesquisas que desenvolvem uma aplicação em Blockchain, são escolhidas as palavras, “Blockchain”, “Framework”, “Model” e “Case”. A string completa, utilizando os operadores lógicos Booleanos, é apresentada a seguir: TITLE (Blockchain) AND TITLE-ABS-KEY(framework OR model OR case). No campo de PDP, as palavras definidas englobam assuntos e definições com bastante uso na área, sendo a string: KEY (“Product Development”OR “Product lifecycle”OR “Product management”OR “technology management”OR “New Product Development”OR “Design Management”). Assim, para a realização das pesquisas, é combinado a string utilizada às aplicações Blockchain com a string de PDP, por meio do descritor “AND”.

2.2. Critérios de Inclusão

Como forma de seleção dos artigos apresentados na pesquisa, utilizou-se como critério de inclusão os artigos cujo objetivo era de descrever uma proposta de uso em Blockchain, focando em uma aplicação na área de Processo e Desenvolvimento de Produtos. Ademais, os artigos devem descrever minimamente a estrutura da rede blockchain. Após a verificação dos documentos segundo os critérios supracitados, de 24, restou-se 8 documentos para desenvolvimento de análises e conclusões.

2.3. Análise

Com os artigos definidos, é realizada a idealização das análises dos artigos. Com intuito de analisar cada proposta Blockchain, busca-se caracterizar o tipo de aplicação que está sendo abordada na pesquisa. Portanto, desenvolve-se a caracterização através da classificação de cada aplicação em Categorias de Análise. As Categorias de Análise podem ser divididas em categorias que definem aspectos da tecnologia Blockchain, categorias que definem aspectos da aplicação e o Nível de Prontidão Tecnológica (TRL).

As categorias que definem aspectos da tecnologia Blockchain são: Tipo da rede Blockchain (Aberta, Fechada ou Mista), Ativo gerenciado no bloco, Stakeholders, Framework (Definido ou indefinido), Ledger, Smart Contract (Definido ou indefinido). Categorias que definem aspectos da aplicação são: Objetivo da aplicação e Área da aplicação. Por fim, é avaliado, através da escala de TRL, qual nível a aplicação se encontra: TRL 1 - Inception; TRL 2-4 - Teste de viabilidade; TRL 5-7 - Desenvolvimento da tecnologia ou Demonstração; TRL 8-9 - Qualificado para uso ou uso em ambiente real.

3. Resultados e Discussão

3.1. Aplicações Blockchain em PDP

Os oito artigos que descrevem uma proposta de uso na tecnologia Blockchain são selecionados para análise e estudo. Assim, nesta seção é apresentado cada modelo encontrado, apontando seus objetivos e a ideia de funcionamento. Realizando um primeiro diagnóstico sobre a área de aplicação das proposições, nota-se que grande parte das pesquisas levantadas abordam o tema Product Lifecycle Management (PLM), como mostra a Figura 1.

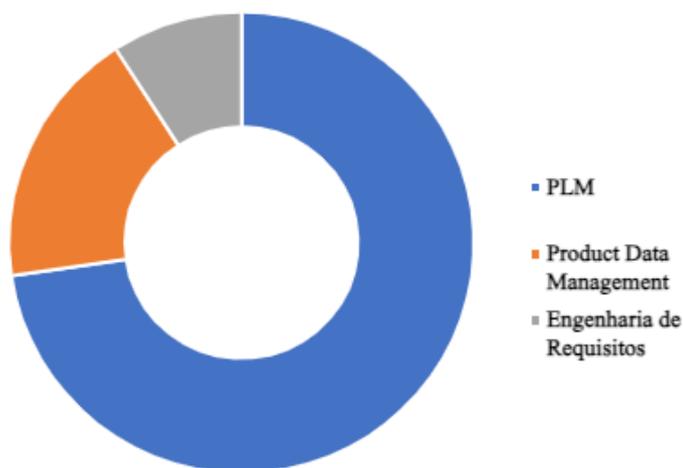


Figura 1. Quantidade de aplicações por área

Na área de PLM foram encontradas aplicações em Blockchain que trazem uma variedade de abordagens nos seus respectivos temas de estudo. Salehi [2021] e Heber and Groll [2017] introduzem o tema de gerenciamento de dados de software, por meio do Blockchain, em aparelhos eletrônicos na área automobilística, a fim de solucionar o problema de adulteração dos dados e fornecer rastreabilidade das informações referentes às versões dos software nas ECU's (Electronics Control Units). Heber and Groll [2017]

estuda a possibilidade de uso do Digital Twin que consiste em uma simulação integrada multifísica, multiescala e probabilística de um produto ou sistema complexo para espelhar a vida de seu gêmeo correspondente [Tao et al., 2018]. Dessa forma, tal ferramenta é implementada na aplicação visando fornecer um maior controle dos dados e rastreamento de alterações no desenvolvimento do software, uma vez que todas as alterações realizadas no gêmeo físico serão registradas no gêmeo digital.

Na aplicação blockchain pensada por Huang et al. [2020], o Digital Twin também é utilizado como método de gerenciamento de dados no desenvolvimento de um produto em todo seu ciclo de vida, pois, no ciclo, conta-se com diversos participantes formando uma rede complexa de comunicação e compartilhamento de informações. Portanto, além de permitir a melhoria na eficiência e segurança do compartilhamento, armazenamento, acesso e autenticidade de informações no projeto colaborativo, o Digital Twin combinado com as tecnologias Blockchain promovem rastreabilidade das alterações e versões ao longo de cada estágio do produto no seu ciclo de vida, através de sua fiel representação no gêmeo digital e seus registros imutáveis.

Li et al. [2022] aborda o PLM o separando em 4 estágios: Co-Criação, Rastreamento e Acompanhamento, Manutenção e Reciclagem. Dessa maneira, é apresentado uma aplicação sugerida, em Blockchain, para cada um dos estágios definidos, além disso é proposto o uso de dispositivos IoT para captação dos dados do produto em todo seu ciclo de vida. Assim, a ideia consiste em aparelhos IoT fornecerem as informações necessárias para o funcionamento de cada estágio, criando-se 4 diferentes redes Blockchain que gerenciam diferentes ativos e que contém diferentes Stakeholders.

Gonzalez-Compean et al. [2022] traz uma abordagem da tecnologia Blockchain na área de Digital Product Lifecycle Management (DPLM), na qual é gerido um produto digital. As plataformas de distribuição desses produtos estão se popularizando, evidenciando a necessidade de tecnologias para garantir a integridade da fonte e a originalidade dos produtos [McDonald et al., 2021]. Dessa maneira é desenvolvido um modelo que utiliza a verificação com Blockchain (Online) em conjunto da verificação com Fingerprinting (Offline) para organizações, além de verificarem o cumprimento dos acordos em cada estágio, estabelecerem a integridade de validações das trocas de produtos digitais com parceiros/consumidores na DPLM.

Na área de Engenharia de Requisitos, Liu et al. [2021] descreve as dificuldades enfrentadas no setor que justificam a utilização do Blockchain para as solucionar. O autor cita fatores relacionados com o modelo de consenso centralizado, que acabam prejudicando as atividades de customização dos produtos, ligados à complexidade da rede de stakeholders e à falta de confiança entre os mesmos. Dessa forma, é desenvolvido um Framework de Customização Colaborativa baseado em Blockchain, a fim de moderar, gerenciar e manter um consenso descentralizado na customização de produtos, visando alcançar transparência nas transmissões de dados entre stakeholders, mais eficiência ao automatizar as transações através do Smart Contract e fornecer rastreabilidade às tais transações para constituir a identidade do produto [Liu et al., 2021]

Descrito por Papakostas et al. [2019], a aplicação Blockchain na área de Product Data Management (PDM) é idealizada para aprimorar as atividades relacionadas à gerenciamento de dados no desenvolvimento de produtos. Tal modelo de aplicação foi pensado

devido ao aumento da complexidade da conceituação, design e fabricação do produto, que por sua vez envolve mais recursos, stakeholders e tecnologias sofisticadas no processo. Mais precisamente, a complexidade encontra-se no desafio de compartilhamento de informações relacionadas ao produto em seu desenvolvimento, que afetam diretamente o processo de proteção da propriedade intelectual, assim como a distinção do papel de cada stakeholder no processo colaborativo [Papakostas et al., 2019].

A Internet of Medical Things (IoMT) viabiliza serviços de saúde para monitoramento e tratamento de paciente de maneira onipresente [Malamas et al., 2019]. Porém, a interação entre médicos, pacientes, pessoal da saúde e fabricantes dos dispositivos IoMT, geralmente com diferentes objetivos de privacidade, necessita de diferentes níveis de acesso. Para controlar o acesso dos dados envolvidos neste serviço, é implementado um framework de autorização habilitado pelo Blockchain, utilizando etherium baseado em uma rede privada que comanda contratos inteligentes mantido pelo sistema dos stakeholders, gerenciando tanto as informações relacionadas aos dispositivos IoMT, quanto os documentos médicos gerados no procedimento de monitoramento do paciente. Dessa maneira, é viabilizado um sistema que separa o acesso às informações necessárias de cada parte envolvida.

3.2. Análise com base no Nível de Prontidão Tecnológica

A tabela 1 apresenta a quantidade de artigos por nível de TRL. Analisando-a é evidente que as aplicações estão em seus estágios iniciais, ao menos em termos de análise científica. Praticamente metade está em nível de conceito e ideias iniciais e a outra com experimentações e prova de conceito. Observa-se, também, que além dos modelos referentes à Product Lifecycle Management (PLM) serem maioria, também possuem um maior número de aplicações com TRL 2-4, evidenciando ser uma área que já possui um maior desenvolvimento de pesquisas e testes.

Tabela 1. Nível de TRL por artigo

Código do Artigo	TRL: 1	TRL: 2-4
Heber et al. [2017]	1	
Papakostas et al. [2019]	1	
Li et al. [2021]	4	
Gonzalez-Compean et al. [2022]		1
Huang et al. [2020]		1
Liu et al. [2021]		1
Malamas et al. [2019]		1
Salehi [2021]		1
Total	6	5

Ademais, é interessante ressaltar a presença de algumas aplicações em nível mais avançado em temas de alta complexidade, demandando um controle de acesso bem definido e alto grau de gerenciamento e rastreabilidade dos dados que, de maneira geral, são sensíveis. Digital twins descrito por Huang et al. [2020], Medical Data Management

juntamente com IoMT desenvolvido por Malamas et al. [2019] e, Liu et al. [2021] aplicando o Blockchain para customização de produtos no processo de tradução de requisitos em especificações são os exemplos de framework que abordam temas complexos. Os autores agradecem a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), processo 2022/07747-3, pelo apoio na pesquisa.

Referências

- E. C. Conforto, D. C. Amaral, and L. S. da Silva. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In *8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CBGDP*, pages 1–12, Porto Alegre, Brasil, 2011.
- J. L. Gonzalez-Compean, V. J. Sosa-Sosa, J. J. Garcia-Hernandez, H. Galeana-Zapien, and H. G. Reyes-Anastacio. A blockchain and fingerprinting traceability method for digital product lifecycle management. *Sensors*, 22(21), 2022. ISSN 1424-8220. doi: 10.3390/s22218400.
- D. Heber and M. Groll. Towards a digital twin: How the blockchain can foster e/e-traceability in consideration of model-based systems engineering. In *International Conference on Engineering Design*, Vancouver, Canada, 2017.
- S. Huang, G. Wang, Y. Yan, and X. Fang. Blockchain-based data management for digital twin of product. *Journal of Manufacturing Systems*, 54:361–371, 2020. ISSN 0278-6125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.01.009>.
- Z. Li, Z. Tian, L. Wang, and R. Y. Zhong. Chapter 12 - blockchain-enabled product lifecycle management. In Dimitris Mourtzis, editor, *Design and Operation of Production Networks for Mass Personalization in the Era of Cloud Technology*, pages 349–379. Elsevier, 2022. ISBN 978-0-12-823657-4. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823657-4.00013-0>.
- A. Liu, D. Zhang, X. Wang, and X. Xu. Blockchain-based customization towards decentralized consensus on product requirement, quality, and price. *Manufacturing Letters*, 27:18–25, 2021. ISSN 2213-8463. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2020.12.001>.
- V. Malamas, T. Dasaklis, P. Kotzanikolaou, M. Burmester, and S. Katsikas. A forensics-by-design management framework for medical devices based on blockchain. In *2019 IEEE World Congress on Services (SERVICES)*, volume 2642-939X, pages 35–40, 2019. doi: 10.1109/SERVICES.2019.00021.
- P. McDonald, C. B. Donoghue, and T. Havens. *Digital Media Distribution: Portals, Platforms, Pipelines*. Critical Cultural Communication. NYU Press, 2021. ISBN 9781479806782.
- S. Nakamoto. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. 2008.
- N. Papakostas, A. Newell, and V. Hargaden. A novel paradigm for managing the product development process utilising blockchain technology principles. *CIRP Annals*, 68(1): 137–140, 2019. ISSN 0007-8506. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.039>.
- V. Salehi. Integration of blockchain technologie in case of systems engineering and software engineering in an industrial context. In *International Conference on Engineering Design*, Gothenburg, Sweden, 2021.
- F. Tao, J. Cheng, Q. Qi, M. Zhang, H. Zhang, and F. Sui. Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94, 02 2018. doi: 10.1007/s00170-017-0233-1.
- TCU. Levantamento da tecnologia blockchain. 2020.