

Modelo de rastreabilidade de resíduos farmacêuticos aplicado a uma cadeia de logística reversa

Paulo Daniel Goudinho dos Santos¹, Socorro Vânia Lourenço Alves¹, Enoque Alves¹, Celson Pantoja Lima¹

¹Instituto de Engenharia e Geociências – Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)
Santarém – PA – Brazil

{pdaniel.stm,socorro.vania, enoque}@gmail.com, celson@ufopa.edu.br

Abstract. *Improper disposal of pharmaceutical waste causes environmental and public health problems. Despite existing laws, incorrect disposal is still common. The adoption of blockchain technology in the reverse logistics of these wastes results in greater transparency and security for participants in the chain. This article proposes a reverse logistics model for pharmaceutical waste based on Hyperledger Fabric blockchain.*

Resumo. *O descarte inadequado de resíduos farmacêuticos causa problemas ambientais e de saúde pública. Apesar das leis existentes, o descarte incorreto ainda é comum. A adoção da tecnologia blockchain na logística reversa desses resíduos resulta em uma maior transparência e segurança aos participantes da cadeia. O presente artigo propõe um modelo de logística reversa de resíduos farmacêuticos baseado na blockchain Hyperledger Fabric.*

1. Introdução

Em 2010, a lei 12.305/10 estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), incluindo a logística reversa. Entretanto, não tratou inicialmente da gestão de resíduos farmacêuticos. Somente em 2020, o decreto federal 10.388/2020 regulamentou a logística reversa para esses resíduos. A adoção da tecnologia Blockchain nesse processo de logística é essencial para que o objetivo da PNRS e de outras legislações específicas sobre o tema sejam cumpridos. Projetada para dar suporte à criptomoeda Bitcoin [Nakamoto 2009], o blockchain consiste de um banco de dados descentralizado, que armazena dados em blocos, de forma cronológica [Jepsson e Olsson 2017], e que aliado a algoritmos matemáticos de criptografia faz com que a alteração de dados neste banco seja extremamente difícil.

O presente artigo tem como objetivo propor um modelo de rastreabilidade de resíduos farmacêuticos em uma cadeia de logística reversa baseada em uma blockchain Hyperledger Fabric, para maior transparência, confiabilidade e agilidade ao processo.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Cadeias de Suprimentos e Logística

De acordo com Simchi-Levi e Kaminsky (2009), uma cadeia de suprimentos é um conjunto de componentes e elos interativos do qual fazem parte fornecedores, centros de produção, depósitos, centros de distribuição, varejistas, além das matérias-primas, estoques de produtos em processo e produtos acabados que se deslocam entre instalações [Simchi-Levi e Kaminsky 2009]. Segundo Lambert e Cooper (2000), uma

cadeia de suprimentos não é uma cadeia com relacionamentos um-para-um, mas uma rede de vários negócios e relacionamentos.

2.2. Logística Reversa

Segundo [Rogers e Lembke 2001], a logística reversa é definida como as atividades de logística que visam a substituição, redução, reutilização, reciclagem ou descarte dos produtos após serem consumidos. Esse processo se refere à movimentação de um produto depois do consumo, para obter valor que não pode ser obtido de outra forma ou para realizar seu descarte adequado.

2.3 Resíduos Farmacêuticos

A NBR 12807 [Associação Brasileira de Normas Técnicas 1993] define resíduo farmacêutico como “produto medicamentoso com prazo de validade vencido, contaminado, interdito ou não utilizado”. Os riscos ambientais causados pelo descarte incorreto incluem contaminação do solo e de recursos de água, além do risco de contaminação de catadores de materiais recicláveis por esse tipo de resíduo [Sinir 2021].

2.4 Blockchain

O blockchain é uma estrutura de dados distribuída, onde todas as transações são confirmadas e armazenadas em unidades compostas por blocos, segundo Subramanian, Chaudhuri e Kayıkcı (2017). Esses blocos são encadeados referenciando o bloco anterior na sequência cronológica, formando assim uma cadeia. Isso é possível através do hash do bloco, que gera uma identidade única que o distingue e o identifica [Subramanian, Chaudhuri e Kayıkcı 2017].

4. Metodologia

4.1 Mapeamento do Processo de Logística Reversa de Medicamentos

Inicialmente, o processo de logística reversa para resíduos farmacêuticos foi mapeado, com seus processos identificados e classificados.

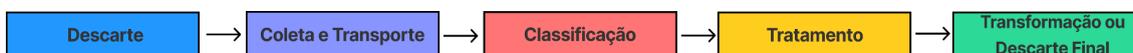


Figura 1. Fluxo do Processo de Logística Reversa segundo o modelo proposto.

O processo de Descarte inicia quando o consumidor descartar os medicamentos em um ponto de coleta específico. Os processos de Coleta e Transporte abrangem o papel da empresa responsável pelo recolhimento e transporte dos resíduos no ponto de coleta. Segundo o decreto 10.388/2020, o procedimento de coleta é de responsabilidade dos distribuidores. Na modelagem adotada, a coleta é feita por uma empresa contratada pelos distribuidores. Na etapa de Classificação, os resíduos são classificados em recicláveis ou não. O processo de Tratamento relaciona-se à forma como os resíduos vão ser tratados. Na última etapa do processo ocorre a Transformação do Resíduo para a reciclagem ou seu descarte correto.

4.2 Modelagem da Arquitetura

Durante a modelagem e desenvolvimento do modelo proposto, foram utilizadas diferentes tecnologias para chegar ao resultado final. A arquitetura em questão é dividida em três módulos: uma interface para o usuário na forma de um aplicativo móvel desenvolvido em React Native, um API Restful em NodeJS e uma rede blockchain Hyperledger Fabric, simulada e hospedada em contêineres Docker.

4.2.3 Arquitetura da Rede

Na plataforma Hyperledger Fabric, uma rede é uma infraestrutura técnica que fornece serviços de livro-razão e smart contracts para aplicativos. Comumente, várias organizações se reúnem em um consórcio para formar uma rede blockchain, formada principalmente por um conjunto de nós-pares. Existem 4 organizações na rede proposta: Distributor, Collect Point, Transport e Landfill. As Organizações são integradas à rede por meio de um componente chamado Provedor de Serviço de Associação (MSP), fornecendo a nós e aos clientes credenciais de ingresso e autenticação.

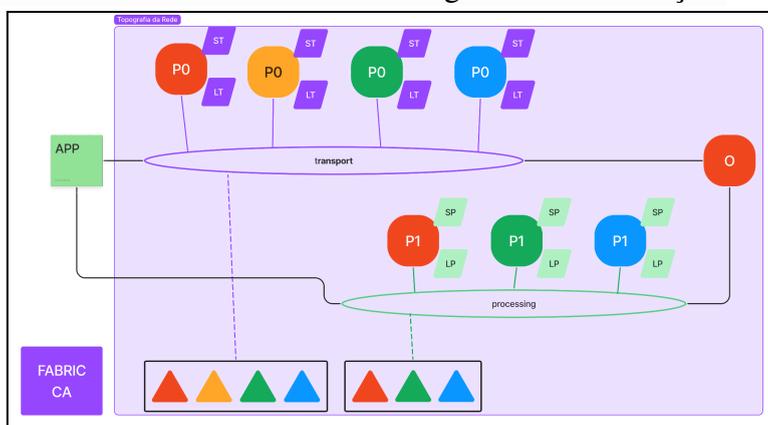


Figura 2. Esquema final da rede

Um consórcio é formado por um conjunto de organizações, que por sua vez formam um canal composto pelos seus nós-pares. Canais funcionam como uma rede dentro da rede, com o fluxo de informações que transita no canal do consórcio acessível apenas aos nós das organizações participantes, permitindo assim isolamento e confidencialidade. Na rede modelada existem dois consórcios: C1, formado por Distributor, Collect Point, Transport e Landfill; e C2, formado pelas organizações anteriores, exceto Collect Point. O canal C1 é formado pelas organizações participantes do processo de coleta e transporte dos resíduos farmacêuticos, enquanto que o canal C2 é formado pelas organizações gerenciadoras de tratamento e classificação.

6. Resultados

O modelo proposto tem o funcionamento ilustrado na figura 3. Assim que os resíduos são descartados no ponto de coleta, o colaborador da empresa responsável pelo transporte realiza a etiquetagem com informações de data, peso, etc. Esse cadastro inicial é realizado por uma interface em React Native, que também tem a função de registrar toda movimentação feita entre os elos da cadeia. Após isso, é gerado um código 2D que será associado a um lote de resíduos. Esse código será escaneado toda vez que houver uma atualização no processo. Essas informações serão enviadas à rede

por meio de uma API Node.JS, que terá uma comunicação direta com o chaincode responsável. A rede blockchain será simulada em um ambiente de containers Docker.

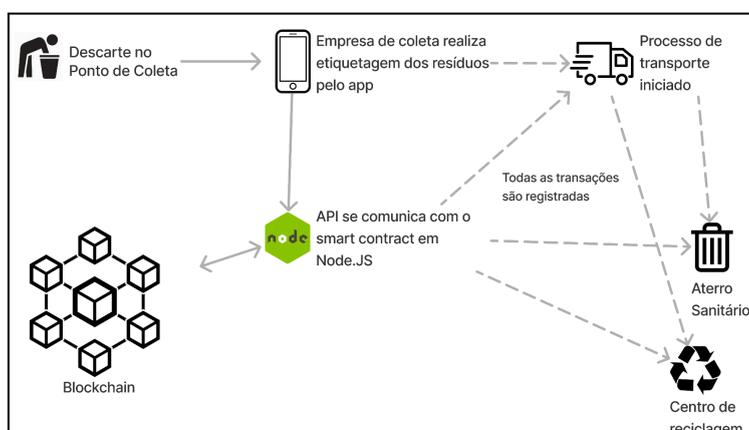


Figura 3. Funcionamento do modelo proposto

7. Conclusão e Trabalhos Futuros

O presente trabalho estuda e propõe o registro e monitoramento da logística reversa de resíduos farmacêuticos utilizando blockchain. O modelo proposto prioriza a segurança e transparência das transações realizadas, além da mobilidade proporcionada pelo acesso ao sistema por meio de aparelhos celulares. A prova de conceito será desenvolvida a partir das especificações apresentadas com as tecnologias React Native, Node.JS, Hyperledger Fabric e Docker.

8. Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1993) “Resíduos de Serviços de Saúde”, Brasil.
- Nakamoto, Satoshi. (2008) “A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, <http://www.bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Dezembro.
- Jeppson, André; Olsson, Oskar. (2017) “Blockchains as a solution for traceability and transparency”, Computer Graphics: Developments in Virtual Environments, R. A. Earnshaw and J. A. Vince, England, Academic Press Ltd., p. 449-460.
- Simchi-Levi, David; Kaminsky, Philip; Simchi-Levi, Edith.. (2009), “Cadeia de suprimentos projeto e gestão: conceitos, estratégias e estudos de caso”. Bookman Editora.
- Lambert, Douglas; Cooper, Martha C. (200). “Issues in supply chain management. Industrial marketing management”.
- Rogers, Dale; Lembke, Ronald. (2001). “An examination of reverse logistics practices.”
- Sinir, Ministério do Meio Ambiente. (2021). “Logística Reversa”. Dezembro.
- Subramanian, N., Chaudhuri, A., Kayıkcı, Y. (2020). “Blockchain and Supply Chain Logistics”. Publishing Press.Smith, A. and Jones, B.