

Modelo de Rastreabilidade de Medicamentos de Alto Custo no Sistema Público de Saúde (C.A.R.E. – Control Activities for Remedy)

Bruno Castellani Caña¹
Gustavo Antonio Ferreira²
Maria de Fátima Rocha Silveira³
Matheus Augusto Maria⁴
Fábio Henrique Cabrini⁵

Resumo:

O Brasil contém um sistema de distribuição de medicamentos de alto custo complexo, com alta indisponibilidade. Foi proposto um sistema de apoio à distribuição utilizando o Helix Sandbox NG e blockchain para garantir integridade às transações orquestradas por uma rede de dados federada e sincronizada, resultando em maior disponibilidade e redução de perdas. Testes realizados em pequena escala validaram o sistema para garantia da segurança no processo, resultando em um fluxo potencialmente viável.

Palavras-chave: *Blockchain*. Rastreabilidade. Medicamento. NFC. Helix Sandbox NG.

Abstract:

Brazil has a complex, high-cost drug distribution system with high unavailability. A distribution support system was proposed using Helix Sandbox NG and blockchain to guarantee the integrity of transactions that are orchestrated by a federated and synchronized data network, resulting in greater availability and loss reduction. Tests carried out at a small scale, validated the system in guaranteeing the safety of the process, resulting in a potentially viable flow.

Keywords: Blockchain. Traceability. Medicine. NFC. Helix Sandbox NG.

Introdução

Um grande número de doenças foi introduzido no Brasil durante a colonização europeia, trazendo ênfase à figura das boticas jesuíticas no cenário nacional, dado que a medicina tradicional local se mostrara ineficaz. A eclosão da primeira Guerra Mundial, resultou no acelerado desenvolvimento e difusão de medicamentos químicos, aproximando as boticas às farmácias modernas. Desta forma a utilização de medicamentos está intrínseca à evolução da tecnologia e ao desenvolvimento urbano (EDLER, 2006 apud FERNANDES et al., 2016).

Por determinação da Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), no país há inúmeros remédios que podem ser comprados sem a necessidade de uma receita médica, estando disponíveis

¹ Engenheiro da Computação. E-mail: bruno_castellani@hotmail.com

² Engenheiro da Computação. E-mail: gustavoaferrera97@gmail.com

³ Engenheira da Computação. E-mail: mariarsilveira@hotmail.com

⁴ Engenheiro da Computação. E-mail: mmatheus.maria@gmail.com

⁵ Doutor em Engenharia Elétrica E-mail: fabio.cabrini@fatec.sp.gov.br

à toda a população. Há, porém, medicamentos que exigem maior atenção e posologia específica, devendo ser receitados por especialistas. Essa categoria requer a retenção da receita no ato da compra para posterior conferência pelo órgão responsável.

Segundo Manfrin (2020), são considerados medicamentos de alto custo aqueles essenciais para o tratamento de doenças crônicas e raras como Alzheimer, câncer e esquizofrenia etc. Sob pretexto de mitigar a inviabilidade do tratamento por razões financeiras, o SUS (Sistema Único de Saúde), órgão proporcionador de acesso universal à saúde pública, promove a distribuição gratuita de medicamentos. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

O Brasil possui aproximadamente 211 milhões de habitantes, estimado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2020), ocasionando maior complexidade logística para a distribuição dos fármacos em território nacional, possibilitando roubos e extravios. Em relatório contendo casos reportados de sumiços de remédios, publicado anualmente pela Anvisa, foram estimados prejuízos na ordem dos 500 milhões de reais em 2019. Este problema de distribuição traz impactos à população resultantes da indisponibilidade nas unidades de saúde. Em 2014, uma pesquisa realizada com 38.812 UBS (Unidade Básica de Saúde) em todo o Brasil, obteve uma média de disponibilidade de medicamentos de 58.5% (MENDES et al., 2014). No contexto atual, algumas medidas vêm sendo tomadas para o combate à essas discrepâncias, entre elas a necessidade de cadastro de paciente para retirada, a utilização de *QR Code* para identificação de alguns medicamentos e a utilização de localizadores GPS para identificação dos meios de transporte (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019).

O presente documento tem por objetivo apresentar um modelo de rastreabilidade persistida em uma cadeia de distribuição de medicamentos de alto custo, com foco no sistema público de saúde, com o intuito de possibilitar maior assertividade na tomada de decisões, maior eficiência no controle da distribuição e maior disponibilidade de medicamentos para a população, além auxiliar na redução dos prejuízos. Neste contexto foi criada uma prova de conceito permitindo a simulação do modelo em pequena escala, permitindo a análise dos resultados obtidos.

Referencial Teórico

A *blockchain* é uma tecnologia em ascensão e que possui grande potencial em inúmeros segmentos. Entretanto como pode-se aplicá-la para garantir a rastreabilidade de produtos e possibilitar a análise das informações para organização? Para explicar, serão apresentados a seguir os principais conceitos e tecnologias utilizados nesta pesquisa.

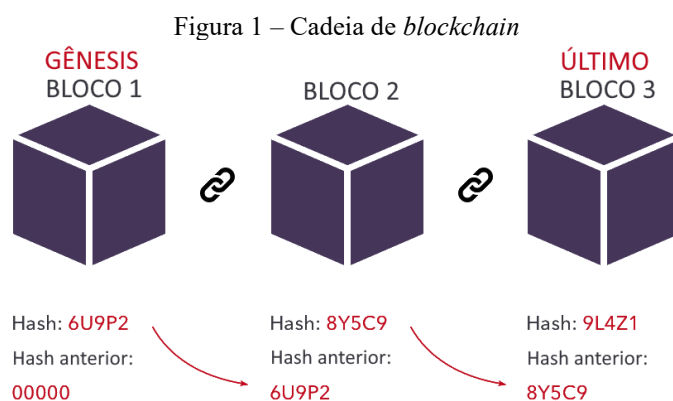
1. Código *Hash*

Função *hash* é um termo usado para indicar uma função algorítmica que é capaz de comprimir uma mensagem aleatória, de diversos comprimentos, em um novo código de tamanho fixo predeterminado. Para que possa ser utilizado com fins de segurança, esse algoritmo deve atender duas classificações essenciais: Devem possuir apenas uma via, sendo fácil produzir um código partindo de uma mensagem, porém computacionalmente inviável de revertê-lo para sua mensagem original. Devem ser resistentes à colisão, sendo extremamente improvável a geração de um mesmo código partindo de duas mensagens distintas (MERKEL, 1979 apud SOBTI; GEETHA, 2012).

2. *Blockchain*

Blockchain é uma tecnologia de gerenciamento de dados cujo funcionamento constitui-se de micro transações descentralizadas efetivando confiabilidade em uma cadeia de blocos digitais interligados logicamente, evitando um ponto singular de falha na rede (FERREIRA; PINTO; SANTOS, 2017).

Sua implementação compõe-se de uma máquina de estados replicada, visando a manutenção consistente de um estado global compartilhado por um conjunto de pares distribuídos em uma rede P2P (*Peer-to-Peer*). Todos os nós contêm um registro de transações efetuadas na cadeia, chamado de *ledger* (livro-razão), local onde as informações verificadas são armazenadas, caracterizado por ser distribuído e imutável, sendo sempre auditado e verificado para manter sua consistência (GREVE, 2018).



Fonte: Adaptado de Hall-Smith (2010)

Os principais atributos da tecnologia são: descentralização, disponibilidade, integridade e imutabilidade. Segundo Greve (2018), a cadeia é cronologicamente ordenada e os blocos resguardados pela resolução *Proof-of-Work*. O alinhamento dos próximos blocos é concebido pela adição do *hash* do bloco anterior ao bloco atual e impossibilita a substituição de uma transação sem

a alteração dos blocos posteriores, como pode ser visto na figura 1, devendo obedecer às seguintes definições:

- *Miner*: é um computador que executa os cálculos necessários para validar cada transação e legitima cada transação como parte do processo de mineração (GREVE, 2018);
- *Proof-of-Work*: algoritmo que garante o consenso na rede. Quando a solução do problema é encontrada, um novo bloco é criado. Esse processo é conhecido como mineração. Sua implementação exige que o minerador procure por um valor que, adicionada aos dados do bloco, gere um *hash* com uma determinada quantidade de zeros no seu início, essa quantidade de zeros é chamada de dificuldade (GREVE, 2018).

3. Helix Sandbox NG

O Helix Sandbox NG é uma plataforma de *back-end* de propósito geral, aberta e com uma abordagem *lightweight*⁶ baseada em contêineres Docker, direcionada para a orquestração de GEs (*Generic Enabler*) da FIWARE. Sua arquitetura em camadas permite a operação de ambientes IoT através de computação em *cloud*, *edge* e *fog* (CABRINI et al., 2019). A plataforma opera em *web* para fácil utilização, voltada para o desenvolvimento de aplicativos focados em IoT e foi desenvolvida sobre o contexto *multi-cloud* tornando-se agnóstico em relação a CSP (*Cloud Service Provider*) e hipervisor (HELIX, 2020).

Segundo Cabrini et al. (2019) a solução é construída em integração com a FIWARE, uma plataforma modular desenvolvida sobre o OpenStack. Assim sua arquitetura permite trabalhar em aplicativos para ambientes inteligentes com informações de contexto em larga escala e em tempo real com base na API NGSI-LD definida pela ETSI (*European Network of Telecommunications Standards*), bem como para o CEF (*Connecting Europe Facility*).

O Helix Sandbox NG utiliza a federação fornecida pelo sistema Orion da FIWARE, isso permite que sistemas se beneficiem da utilização dos dados para sistemas descentralizados, como é o caso da *blockchain* (HELIX, 2020).

4. Federação

A federação de dados é um modelo de arquitetura que provê à um sistema distribuído a conexão de múltiplas bases de dados, unificando as informações presentes ao longo de toda a rede de forma transparente para os usuários, que acessam normalmente como uma base de dados única (HAAS; LIN; ROTH, 2002).

A FIWARE define dois modelos de federação para os provedores de contexto (*context brokers*): a *push*, onde um provedor atualiza seu próprio estado ao receber as informações vindas de

⁶ Abordagem com baixo consumo de recursos computacionais.

outras instâncias e a *pull*, na qual o provedor ao receber um dado novo atua como intermediário, repassando as informações sem gravá-las em seu contexto. O Orion, utilizado no Helix Sandbox NG funciona sob o modo *pull* (FIWARE, 2020).

5. NFC

Near Field Communication ou NFC é definido por Ok et al. (2010), como uma comunicação *wireless* de curto alcance, até 4 centímetros, que foi desenvolvida como uma evolução da RFID (*Radio Frequency Identification*). Essa comunicação consegue transmitir os dados em uma taxa de até 424 Kbps, operado em uma rede PAN (*Personal Area Network*), e comunica-se na frequência de 13.56MHz (PUMA et al., 2012).

Os modos de operação do NFC são dois, sendo: modo ativo no qual ambos os dispositivos são capazes de gerar sinais de radiofrequência para a comunicação e o modo passivo em que apenas um dispositivo gera sinal para a comunicação. Neste caso o campo eletromagnético gerado irá energizar o dispositivo passivo (LEVANDOVSKI et al., 2011).

6. Cloud e Fog

Conforme definido pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*), computação em nuvem ou *cloud computing* é um modelo ubíquo, conveniente e sob demanda com o intuito de promover acesso à rede em um conjunto compartilhado de recursos configuráveis, podendo ser rapidamente provisionados e postos em operação com esforço mínimo de gerenciamento ou interação com o provedor (MELL; GRANCE, 2011).

Redes em nuvem são aquelas estabelecidas propondo-se a habilitar a computação em nuvem, provendo alto desempenho e confiabilidade na conexão entre provedor e assinante. São capazes de utilizar serviços através da Internet, conectar fontes de dados à nuvem e estabelecer políticas de segurança eficazes (STALLINGS, 2016). As características essenciais para Mell e Grance (2011) são: auto atendimento sob demanda, amplo acesso à rede, compartilhamento de recursos, rápida elasticidade e mensuração de serviços.

Já a *fog* é dada como uma extensão dos conceitos definidos para *cloud*, porém levada para as bordas da rede, reduzindo a latência e melhorando a qualidade do serviço oferecido, devido à maior proximidade com o consumidor (FILHO; CABRINI; KOFUJI, 2019).

Metodologia

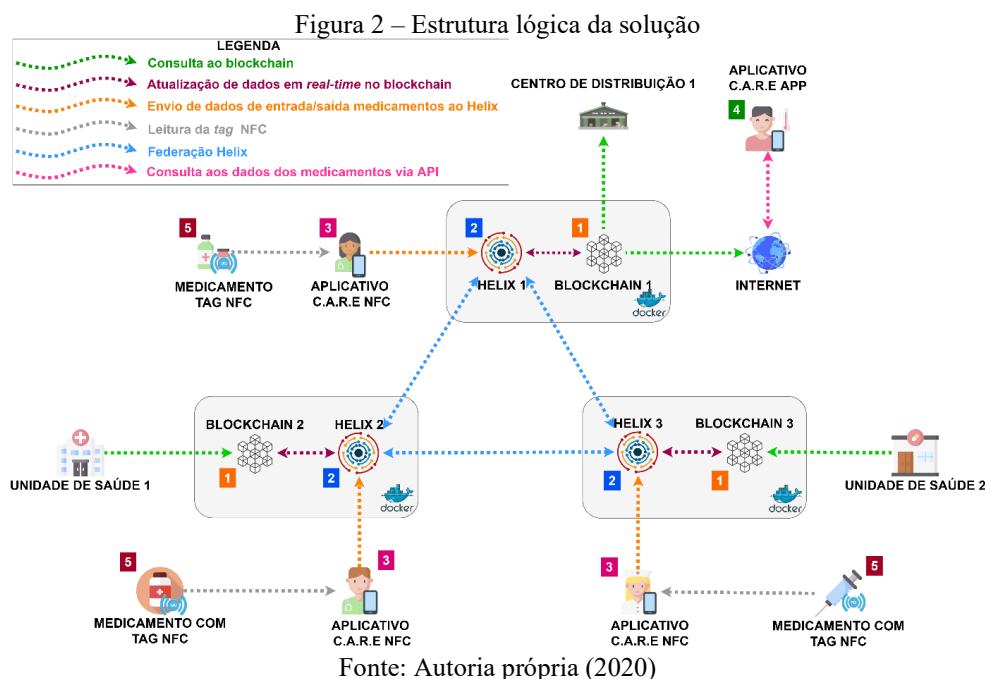
Posterior à identificação da dificuldade perante o controle dos medicamentos de alto custo, foi executada uma pesquisa contextual, em livros e meios eletrônicos, para mapear as possíveis causas, conforme descrito anteriormente. Com o conhecimento destas, foram selecionadas

tecnologias capazes de aprimorar a agilidade, confiabilidade e segurança no processo, resultando na lista composta na seção 2. Com amplo espectro de medicamentos disponíveis, deu-se necessária a limitação de um escopo para fins da prova de conceito, restringindo-o apenas a unidades inteiras dos remédios de alto custo, excluindo-se lotes e fracionamentos (que também são distribuídos, adequando-se a posologia recomendada).

A fase seguinte, de desenvolvimento deste projeto, será descrita em detalhes nesta seção. Inicialmente foram definidos os critérios de aceite para validar o funcionamento do modelo, seguido pelo desenvolvimento e refinamento de uma arquitetura sinérgica para as tecnologias. Com esta modelagem definida, o desenvolvimento e configuração dos *softwares* foi realizado, sendo finalizado pelos testes e análise dos resultados.

1. Modelagem

Objetivada em criar um modelo de rastreabilidade que habilitasse uma organização conhecer a localização e a movimentação de produtos ao longo do ciclo de vida da distribuição de medicamentos de alto custo, esta pesquisa levantou a hipótese da aplicação de uma *blockchain* afirmando a imutabilidade dos dados e impactando a acurácia no controle e auxílio na identificação de pontos de falha.

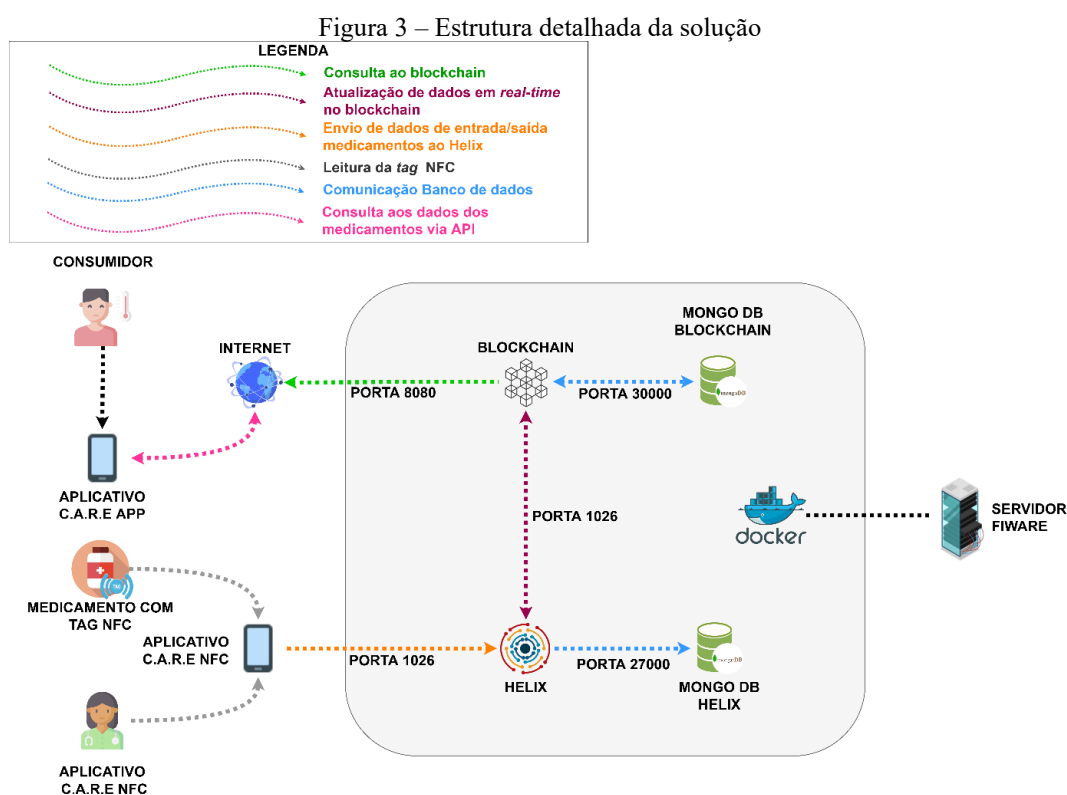


Esta prova de conceito atua com a utilização de três servidores com IPs públicos, disponibilizados pelo laboratório FIWARE na Universidade de São Paulo, utilizando sistema operacional Linux Ubuntu Server 18.04 LTS, 1 Gb de memória RAM e uma vCPU. Foi também

necessário um *smartphone* com sistema operacional Android 10, localizador GPS e tecnologia NFC disponíveis.

2. Servidores e Serviços

No cenário da figura 2, um servidor representa o centro de distribuição, enquanto os outros dois representam unidades de saúde, que repassam os remédios para a população. Em cada um destas máquinas foram instalados e configurados os serviços do Helix Sandbox NG⁷ e do *blockchain*⁸, que podem ser realizados através das respectivas páginas no GitHub. É possível verificar na figura 3 um modelo detalhado da configuração presente em cada servidor e a utilização de seus serviços.



Fonte: Autoria própria (2020)

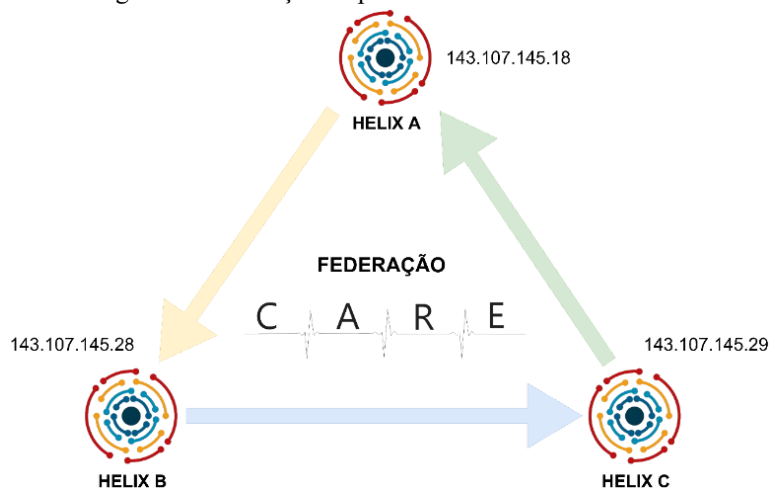
Com a definição do uso do Helix Sandbox NG como plataforma orquestradora dos dados coletados pela solução (seção 3.3), optou-se pela aplicação de um serviço de *blockchain* otimizado para operação conjunta. Desta forma, o serviço implementado é uma adaptação realizada no trabalho desenvolvido por Barbosa et al. (2020), cuja versão original foi desenvolvida em linguagem Python, porém, devido às necessidades específicas para adequação ao modelo de funcionamento deste projeto visando a imutabilidade dos dados, o código foi convertido e aprimorado utilizando Node.js.

⁷ <https://github.com/Helix-Platform/Sandbox-NG>

⁸ <https://github.com/matheus-maria/Blockchain>

Para descentralização dos dados a federação foi aplicada entre as instâncias do Helix Sandbox NG. Os servidores utilizados estão conectados através da Internet e, quando há atualização dos dados em um dos servidores, essa federação encarrega-se da distribuição. Para fins desta aplicação a federação configurada é triangular, conforme a figura 4, podendo ser reconfigurada independentemente da quantidade de nós na rede.

Figura 4 – Federação da prova de conceito da C.A.R.E.



Fonte: Autoria própria (2020)

O Helix Sandbox NG possui um banco de dados MongoDB para armazenamento das informações recebidas na forma de *Short Time History* que permite a consulta por registros com marcação de tempo (*time stamp*). A aplicação *blockchain* também utiliza um MongoDB para o *ledger* porém, para evitar possíveis conflitos, a nova instância é executada em um contêiner Docker apartado.

3. C.A.R.E. NFC e C.A.R.E App

Parte-se do princípio que cada unidade de medicamento de alto custo possui uma *tag* NFC anexa em seu exterior. As *tags* utilizadas possuem o *chip* NXP NTag213 e são gravadas com um código identificador único, possibilitando o reconhecimento individualizado em cada ponto de coleta de dados.

O C.A.R.E. NFC⁹ é um aplicativo para *smartphones* Android, desenvolvido em Xamarin.Forms, capaz de coletar esses dados ao longo de toda sua cadeia de transporte, até a retirada final pelo consumidor. A interface responsável pela leitura é composta por duas operações: a de entrada que aguarda a aproximação da *tag* NFC e, ao reconhecer um código, realiza o envio dos dados para a instância configurada do Helix Sandbox NG e a operação de saída, que exige a seleção do

⁹ <https://github.com/matheus-maria/TCC>

destino do pacote registrado pelo usuário, para futura conferência no momento da confirmação da chegada ao próximo estágio.

Já o C.A.R.E. App⁴ é outro aplicativo para *smartphones* Android desenvolvido com o Xamarin.Forms, porém destinado para uso pelo consumidor final, caracterizando-se por ser um portal de consulta aos medicamentos e unidades básicas de saúde. Através dele o usuário tem acesso a uma barra de pesquisa e um mapa, implementado utilizando a API do Google Maps, em que são exibidas em destaque as unidades básicas de saúde, cadastradas no sistema, mais próximas da localização GPS reconhecida no dispositivo do usuário, bem como a disponibilidade do medicamento buscado.

4. Validação dos Dados

Recebendo um registro de movimentação de um medicamento, a instância do Helix Sandbox NG notifica, através da federação, os outros nós do sistema para que elas também possuam uma cópia dos dados.

Configurada para executar em intervalos de meio segundo, aplicação da *blockchain* verifica os dados recebidos pelo Helix Sandbox NG em sua instância do MongoDB e, caso identifique a presença de um novo registro, realiza as validações e adiciona um novo bloco ao *ledger*. Após essa operação, o registro é removido do MongoDB do Helix Sandbox NG, evitando a duplicidade dos registros em uma máquina, além de simplificar computacionalmente a identificação de cada novo registro.

Dois tipos de transações foram definidos para o sistema: as legítimas são aquelas realizadas corretamente através do C.A.R.E. NFC, que passaram pela federação do Helix e formaram corretamente os blocos na cadeia. Já as ilegítimas, que são aquelas realizadas por *softwares* não regulares para o sistema, ou que foram modificadas à força no banco de dados. Para estes casos o *blockchain* valida tais informações na rede pela utilização do algoritmo *Proof of Work*, comparando os blocos modificados com os valores da rede e, caso seja constatada que a informação não está coerente, é restaurada para o conteúdo original.

Posterior a configuração de todos esses elementos da solução, os seguintes critérios para validação do modelo proposto foram levantados:

1. A leitura de dados, através do NFC, é correta e efetiva?
2. O sistema *blockchain* é capaz de identificar inserções ilegítimas e legítimas e realizar o tratamento adequado?
3. Os dados persistidos na *blockchain*, estão constantes em todas as instâncias?
4. É possível localizar um medicamento específico na rede?
5. É possível verificar a disponibilidade do remédio em cada unidade de saúde?

Propondo a validação destes pontos bem como da prova de conceito, foi construído um roteiro de teste, simulando a cadeia de distribuição de um medicamento de alto custo controlado pela C.A.R.E.:

1. Leitura de recebimento no centro de distribuição;
2. Leitura de saída do centro de distribuição;
3. Tentativa de manipulação ilegítima do registro;
4. Leitura de chegada no posto de saúde;
5. Registro da retirada pelo consumidor final.

Resultados e Discussão

Com uma abordagem sequencial da cadeia de transporte dos medicamentos, os resultados obtidos após os testes completos de operação são apresentados nesta seção e, a partir deles, atingimento dos critérios de avaliação propostos é avaliado.

Figura 5 – Registros nas instâncias do *ledger*

The figure displays three screenshots of a blockchain ledger interface, each showing a transaction record. The interface includes a sidebar with 'HOST', 'blockchain', and 'blocks' sections. The main area displays transaction details for three different hosts.

Host	Transaction ID	Index	Timestamp	Nonce	Duration
143.107.145.18:30000	ObjectId("5f9764351a1c03001eb21482")	2	2020-10-27T00:05:04.076+00:00	119867	0
143.107.145.28:30000	ObjectId("5f976432385464001e189f53")	2	2020-10-27T00:05:04.309+00:00	40486	0
143.107.145.29:30000	ObjectId("5f9764307f23c5001ed01053")	2	2020-10-27T00:05:04.295+00:00	3475	0

Fonte: Autoria própria (2020)

A entrada de um produto na cadeia do sistema C.A.R.E. caracteriza-se pelo recebimento do medicamento no centro de distribuição, momento em que é realizada a leitura da *tag* NFC presente no medicamento, inserindo os dados identificados na instância do Helix Sandbox NG 'A', como

apresentado no diagrama da figura 4. A leitura correta da *tag* neste momento inicial, deve possibilitar o encontro deste registro em todos os outros servidores, e suas respectivas instâncias de *software*, conforme demonstrado pela figura 5.

Sequenciando os testes é realizada a saída deste remédio do centro de distribuição, em direção a um dos postos de saúde cadastrados, portanto novamente a leitura dos dados é feita e todos os valores foram federados e gravados de forma legítima na *blockchain*. Neste momento foi realizada uma manipulação ilegítima dos dados de localização deste produto com intuito de validar o funcionamento e a eficiência da *blockchain*. O sistema identificou a alteração ilegítima e cancelou a operação, sobrescrevendo a informação enviada com os registros originais encontrados nas contrapartes da rede, como demonstrado na figura 6.

Figura 6 – Identificação e restauração da blockchain

```
Hash: 47e1baf77a8954ceac47ffbd00591591cddf53a60b393250a6507774f99a5ef1 | Nonce: 0 | Duration (min): 0
Hash: 00005108c1b73dcdda957f33f95a0b8963c7b4f8bd50f513b604a9c360fced8 | Nonce: 18752 | Duration (min): 0
Hash: 0000e71be7485c13d2ab3966d3355ddfa980ec6c738b269ba5fb1ec8b79d0654 | Nonce: 40486 | Duration (min): 0
Blockchain: 3
Hash: 47e1baf77a8954ceac47ffbd00591591cddf53a60b393250a6507774f99a5ef1 | Nonce: 0 | Duration (min): 0
Hash: 00005108c1b73dcdda957f33f95a0b8963c7b4f8bd50f513b604a9c360fced8 | Nonce: 18752 | Duration (min): 0
Hash: 0000e71be7485c13d2ab3966d3355ddfa980ec6c738b269ba5fb1ec8b79d0654 | Nonce: 40486 | Duration (min): 0
Blockchain: 3
Hash: 47e1baf77a8954ceac47ffbd00591591cddf53a60b393250a6507774f99a5ef1 | Nonce: 0 | Duration (min): 0
Hash: 00005108c1b73dcdda957f33f95a0b8963c7b4f8bd50f513b604a9c360fced8 | Nonce: 18752 | Duration (min): 0
Hash: 0000e71be7485c13d2ab3966d3355ddfa980ec6c738b269ba5fb1ec8b79d0654 | Nonce: 40486 | Duration (min): 0
Blockchain está inválido, restaurando ....
Blockchain restaurado!
```

Fonte: Autoria própria (2020)

Seguiu-se com as últimas duas etapas da cadeia de transporte, sendo elas a chegada ao posto de saúde e a entrega ao consumidor. Após a realização de todas estas etapas, apresentou-se o resultado demonstrado pela figura 7.

É possível, com estes resultados, analisar que a utilização da *blockchain* atendeu as necessidades do sistema, garantindo a imutabilidade dos dados inseridos na cadeia, e que a utilização do Helix Sandbox NG como *broker* para o tratamento e distribuição dos dados ao longo de toda rede tornou o processo mais dinâmico, o que sugere uma boa eficiência do modelo proposto.

Em termos dos critérios de avaliação propostos, verificando-se que, ao final da cadeia de transporte do medicamento, todos os dados inseridos estavam corretamente relacionados àquele produto, pôde-se validar o critério um. Como consequência à figura 6, permitiu-se entender que os dados estão persistidos corretamente ao longo de toda a rede, podendo trazer a assertividade dos dados, além de comprovar, também, que o algoritmo de *Proof of Work* foi capaz de identificar a notificação não legítima e tratá-la de maneira coerente, atendendo os critérios propostos dois e três.

Figura 7 – Identificação e restauração da *blockchain*

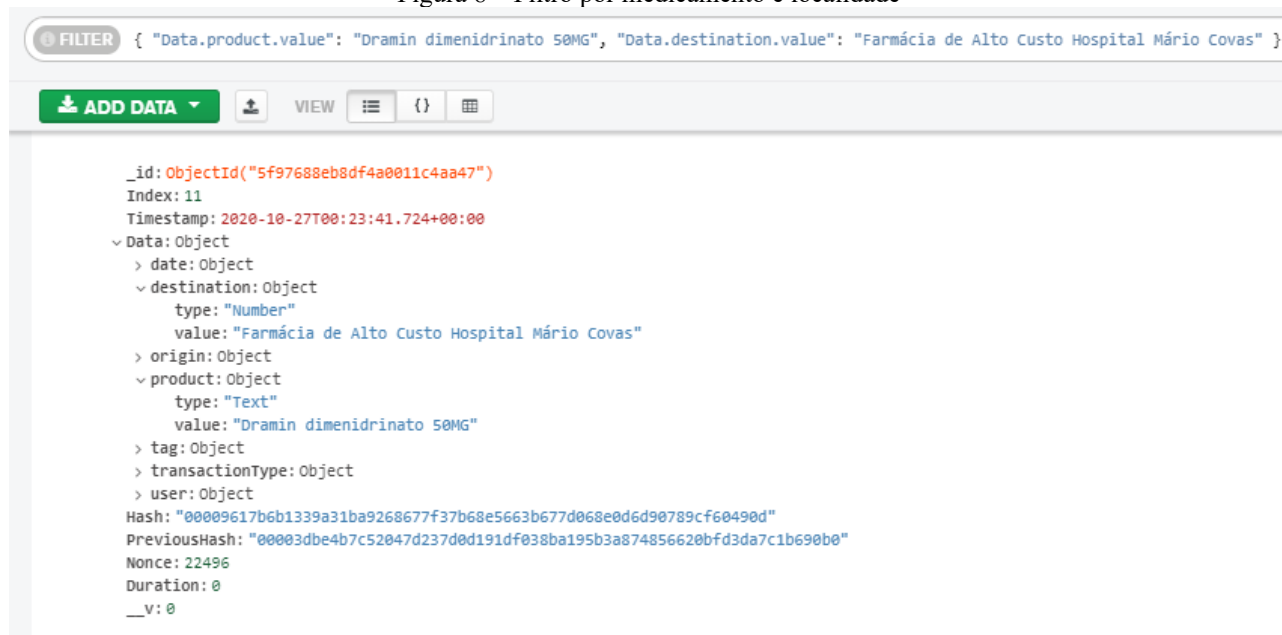
Fonte: Autoria própria (2020)

É possível, com estes resultados, analisar que a utilização da *blockchain* atendeu as necessidades do sistema, garantindo a imutabilidade dos dados inseridos na cadeia, e que a utilização do Helix Sandbox NG como *broker* para o tratamento e distribuição dos dados ao longo de toda rede tornou o processo mais dinâmico, o que sugere uma boa eficiência do modelo proposto.

Em termos dos critérios de avaliação propostos, verificando-se que, ao final da cadeia de transporte do medicamento, todos os dados inseridos estavam corretamente relacionados àquele produto, pôde-se validar o critério um. Como consequência à figura 6, permitiu-se entender que os dados estão persistidos corretamente ao longo de toda a rede, podendo trazer a assertividade dos dados, além de comprovar, também, que o algoritmo de *Proof of Work* foi capaz de identificar a notificação não legítima e tratá-la de maneira coerente, atendendo os critérios propostos dois e três.

Por fim, era necessário que estes dados pudessem ser extraídos e consultados de alguma maneira. Para isso foram realizadas duas consultas através de MongoDB Compass sendo, a primeira feita por medicamento, de forma a identificar o volume de movimentações daquele produto e a segunda realizada por medicamento e unidade de saúde, para possibilitar um controle de estoque e disponibilidade em determinada localidade, como pode ser visto na figura 8.

Figura 8 – Filtro por medicamento e localidade



Fonte: Autoria própria (2020)

Em luz dos resultados apresentados é coerente ressaltar que os critérios de aceite para validação da solução foram atingidos. A proposta de modelo criada com a utilização de tecnologias como *blockchain*, NFC e Helix Sandbox NG, com objetivo de possibilitar uma rastreabilidade persistida dos medicamentos de alto custo na rede pública de saúde de forma assertiva e simples para os usuários presentes na operação, apresentou viabilidade técnica aceitável para o escopo deste projeto.

Considerações finais

Verificou-se que a aplicação da *blockchain* proposta para a rastreabilidade de medicamentos de alto custo na rede pública de saúde demonstra potencial viabilidade de aplicação, tendo atendido os critérios de validação propostos. Tornou-se possível localizar um produto na rede, e possuir a confiança naquela informação, potencializando a tomada de decisões, contudo, é necessário salientar que se trata de uma prova de conceito em escala reduzida e executada em ambiente controlado, podendo apresentar diferentes resultados em um ambiente mais dinâmico. É importante considerar o impacto do processamento que pode afetar negativamente o desempenho do sistema, além da possibilidade de elevados volumes de armazenamento, tornando-se fatores relevantes para aplicações em larga escala.

Sob aspectos de limitações envolvidas, encontra-se a diferença entre as unidades de medida dos diversos medicamentos, que variam entre cápsulas, miligramas, etc. além das diferentes dosagens receitadas e utilizadas pela população. Deste modo, foi feito o controle apenas para unidades

completas, sem fracionamento. Outro fator limitante foi a implementação dos aplicativos apenas para sistema Android, devido à maiores custos para implementação para iOS.

Para estudos futuros, propõe-se, em primeiro lugar, a aplicação efetiva dessa estrutura em um cenário real, sob condições controladas, analisando os resultados e eficácia do sistema como uma unidade, propondo melhorias e correções. Outras vertentes possíveis são: o desenvolvimento de um *dashboard* com visão em nível gerencial das características e dados presentes na rede possibilitando um modelo preditivo para o fornecimento automatizado dos medicamentos baseando-se na demanda por localidade e estoque contido. Por último, ainda é possível realizar estudos para aumento da rastreabilidade por meio de localização GPS, sendo possível acompanhar em tempo real a localização de cada produto.

Referências

ANVISA. **Roubos, furtos e extravios**. [S. l.], 22 jan. 2020. Disponível em: <https://portal.anvisa.gov.br/en/roubos-furtos-e-extravios>. Acesso em: 29 abr. 2020.

BARBOSA, F. R. F. et al. **Implementação de um sistema de blockchain para garantir a integridade de informações de contexto distribuídas em brokers federados**. Faculdade de Tecnologia de São Caetano do Sul. São Caetano do Sul, p. 43. 2020.

CABRINI, F. H. et al. **Helix SandBox: An open platform to fast prototype smart environments applications**. 2019 IEEE 1st Sustainable Cities Latin America Conference (SCLA). Arequipa: [s.n.]. p. 1-6, 2019.

FERNANDES, Rafaela Aires *et al.* Boticas & farmácias: uma história ilustrada da farmácia no Brasil. **Revista Científica FacMais**, [s. l.], v. VII, n. 3, p. 107-112, 10 ago. 2016.

FERREIRA, Juliandson Estanislau; PINTO, Filipe Gutemberg Costa; SANTOS, Simone Cristiane dos. Estudo de mapeamento sistemático sobre as tendências e desafios do blockchain. **Revista Gestão**, Pernambuco, v. 15, p. 108-117, 2017.

FILHO, F. V.; CABRINI, F. H.; KOFUJI, S. T. Arquiteturas de fog computing para internet das coisas nas plataformas Fiware e Helix. **FTT Journal of Engineering and Business**, São Bernardo do Campo, p. 43-49, 18 out 2019.

FIWARE. **Context broker federation**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://fiware-orion.readthedocs.io/en/1.14.0/user/federation/index.html>. Acesso em: 18 out. 2020.

GREVE, Fabíola *et al.* Blockchain e a revolução do consenso sob demanda. **Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, [S. l.], v. 30, n. XXXVI, p. chapter5, 25 maio 2018.

HAAS, L. M.; LIN, E. T.; ROTH, M. A. Data integration through database federation. **IBM Systems Journal**, [s. l.], v. 41, n. 4, p. 578-596, 2002. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5386889>. Acesso em: 18 out. 2020.

HALL-SMITH, Will. **What is blockchain technology?**. [S. l.], 15 jul. 2010. Disponível em: <https://www.ig.com/uk/trading-strategies/what-is-blockchain-technology--200710>. Acesso em: 13 out. 2020.

HELIX. The Helix Platform. **Site do Helix**, 2020. Disponível em: <https://gethelix.org/>. Acesso em: 21 mar. 2020.

IBGE. IBGE | Projeção da População. **Site do IBGE**, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 25 mar. 2020.

LEVANDOVSKI, Fausto *et al.* O método de comunicação NFC e sua aplicação no processo de pagamento através de dispositivos móveis. **Universidade do Vale do Rio dos Sinos**, [S. l.], p. 0-6, 5 jun. 2011.

MANFRIN, Bianca. **Medicamentos de alto custo no SUS**: saiba como exigir o seu direito. 8 set. 2020. Disponível em: <https://www.dci.com.br/saude/medicamentos-de-alto-custo-no-sus/14554/>. Acesso em: 12 ago. 2020.

MELL, P.; GRANCE, T. The NIST definition of cloud computing. NIST. Gaithersburg, p. 3. 2011.

MENDES, Luiz Villarinho *et al.* Disponibilidade de medicamentos nas unidades básicas de saúde e fatores relacionados: uma abordagem transversal. **Saúde em Debate**, [s. l.], ed. 38, p. 109-123, 28 out. 2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **SUS: A saúde do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2011. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/sus_saude_brasil_3ed.pdf. Acesso em: 29 abr. 2020.

OK, K. *et al.* **Current benefits and future directions of NFC services**. 2010 International Conference on Education and Management Technology. Cairo: [s.n.], p. 334-338, 2010

PUMA, J. P. *et al.* **Mobile identification: NFC in the Healthcare Sector**. 2012 VI Andean Region International Conference. Cuenca: [s.n.], p. 39-42, 2012.

SOBTI, Rajeev; GEETHA, G. Cryptographic hash functions: a review. **IJCSI International Journal of Computer Science Issues**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 461-479, 2 mar. 2012.