VIVIAN CRISTINA VELLOSO METZNER

**Proposta de modelo de rastreabilidade para o setor de medicamentos no Brasil
utilizando o conceito de Internet das Coisas**

São Paulo
(2017)

VIVIAN CRISTINA VELLOSO METZNER

**Proposta de modelo de rastreabilidade para o setor de medicamentos no Brasil
utilizando o conceito de Internet das Coisas**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Orientador: Prof. Livre-Docente Carlos
Eduardo Cugnasca

São Paulo
(2017)

VIVIAN CRISTINA VELLOSO METZNER

**Proposta de modelo de rastreabilidade para o setor de medicamentos no Brasil
utilizando o conceito de Internet das Coisas**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Área de Concentração: Engenharia de
Sistemas Logísticos

Orientador: Prof. Livre-Docente Carlos
Eduardo Cugnasca

São Paulo

(2017)

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Metzner, Vivian

Proposta de modelo de rastreabilidade para o setor de medicamentos no Brasil utilizando o conceito de Internet das Coisas / V. Metzner -- versão corr. - São Paulo, 2017.

76 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Logística 2.Medicamentos 3.Identificação por radiofrequência 4.Internet das Coisas I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

*Aos meus pais, Joel e Vanda,
que sempre me permitiram voar.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao professor Carlos Eduardo Cugnasca pela oportunidade e confiança que depositou em mim para iniciar esse projeto.

Ao Roberto Fray da Silva pela ajuda e paciência desde o primeiro momento, contribuindo em todas as etapas deste trabalho.

À equipe do Laboratório de Automação Agrícola (LAA) pelos *insights*, ideias, críticas, as quais foram construtivas e relevantes para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus pais, Joel e Vanda, e irmão, Willian, pela compreensão nas ausências e pela força para chegar até o fim, não me deixando esmorecer frente as dificuldades.

Ao meu companheiro da vida, Raphael Meza, pelo apoio incondicional durante toda a realização deste trabalho, obrigada pelos abraços e por nunca me deixar pensar que eu não conseguiria.

Agradeço todos os amigos, mestrandos ou não, que me ajudaram ao longo dessa jornada!

À Deus, pois sem Ele não conseguiria chegar até aqui e, nem mesmo, seguir adiante.

“Cada pessoa deve trabalhar para o seu aperfeiçoamento e, ao mesmo tempo,
participar da responsabilidade coletiva por toda a humanidade. ”

Marie Curie

RESUMO

A quantidade de medicamentos falsificados e roubados ao longo da cadeia de suprimentos é um tema preocupante, colocando em risco a saúde do consumidor final. Iniciativas para reduzir a quantidade de medicamentos falsificados e garantir que não haja ruptura em sua distribuição são importantes. Em 2009, surgiu no Brasil o Sistema Nacional de Controle de Medicamentos, que tem como objetivos controlar os medicamentos vendidos no país e promover o desenvolvimento de melhores sistemas de rastreabilidade. O presente trabalho propõe um modelo de rastreabilidade alternativo a esta proposta, se baseando na identificação por radiofrequência, gôndolas inteligentes e no conceito de Internet das Coisas. Este permitiria um maior controle do sistema de rastreabilidade em relação às alternativas disponíveis atualmente. Para avaliar a alternativa proposta, elaborou-se um modelo de simulação de eventos discretos, comparando-a aos modelos atuais de rastreabilidade utilizando um software de simulação. A partir da simulação, verificou-se que o modelo proposto tem potencial para reduzir falsificações de medicamentos, impedir que haja ruptura da cadeia de suprimentos, e redução na quantidade de tratamentos interrompidos devido a estes fatores. Dessa forma, o modelo proposto por este trabalho não só sugere uma nova proposta de rastreabilidade, mas apresenta resultados provenientes da simulação, destacando as principais vantagens, se adotado.

Palavras-Chave: Logística. Medicamentos. Identificação por radiofrequência. Internet das coisas.

ABSTRACT

The counterfeit and stolen number over medicines supply chain is a worrisome topic, setting patient's health in risk. Initiatives to reduce counterfeit medicines number and guarantee that there is no product out of stock in the distribution are important. Brazil created in 2009 the National Medicines Control System to control the market and medicines traceability. The present work proposes an alternative traceability model to the model proposed before, based on radiofrequency identification, smart shelves and internet of things concept. This permits a major medicines traceability control in order to other alternatives available. To evaluate the alternative proposal, it was elaborated a discrete model simulation, comparing the actual model and the alternative proposal, using a simulation software. From the simulation, it was verified that the alternative proposal from this present work has potential to reduce counterfeit medicines, preventing out of stock situations. This way, the present work proposal not only suggests a new traceability proposal, but shows simulations results, highlighting the main advantages, if adopted.

Key- words: Logistics. Medicines. Radiofrequency Identification. Internet of things.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	–	Ciclo de vida fechado no qual se baseia o projeto PROMISE. .	21
Figura 2	–	Exemplo de um sistema de RFID.	24
Figura 3	–	Usuários finais do conceito de IoT.	27
Figura 4	–	Exemplo de uso de uma GI.	29
Figura 5	–	Cadeia de Suprimentos de Medicamentos.	30
Figura 6	–	Representação do sistema de rastreabilidade proposto pelo governo.	32
Figura 7	–	Modelo da CS de medicamentos.	40
Figura 8	–	Modelo de rastreabilidade para a CS de medicamentos.	41
Figura 9	–	Modelo conceitual de simulação.	48
Figura 10	–	Representação da etapa UP no software Arena.	50
Figura 11	–	Representação da etapa CD no software Arena.	52
Figura 12	–	Representação da etapa GI / Almoxarifado.	55
Figura 13	–	Resultado da busca pelo Ritonavir no “Aqui tem remédio”	64
Figura B1	–	Exemplo de relatório do software Arena.	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	–	Códigos do sistema GS1.	22
Quadro 2	–	Comparação de algumas tecnologias de Rastreabilidade . .	23
Quadro 3	–	Exemplos de benefícios que IoT pode trazer para a população.	28
Quadro 4	–	Comparação entre a situação atual, a proposta do SCNM e o modelo proposto.	44
Quadro 5	–	Mapeamento das etapas do modelo proposto.	45
Quadro 6	–	UP: Modelo Atual versus Modelo Proposto.	51
Quadro 7	–	Comparação do modelo atual e proposto para a etapa do CD	53
Quadro 8	–	GI/ almoxarifado: Modelo Atual versus Modelo Proposto. . . .	56
Quadro 9	–	Comparação entre cenários e parâmetros.	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	–	Comparação da eficiência dos cenários simulados	59
Gráfico 2	–	Comparação da quantidade de medicamentos roubados/ entregues nos diferentes cenários simulados.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Resultados da simulação dos 3 cenários.....	58
----------	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CD	Centro de Distribuição
CF	Cliente Final
CS	Cadeia de Suprimentos
EFMI	<i>European Federation of Medical Informatics</i>
FIFO	<i>First in – First Out</i>
GI	Gôndolas Inteligente ou <i>Smart Shelves</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Services</i> ou Serviços Gerais de Pacote por Rádio
IoT	<i>Internet of Things</i> ou Internet das Coisas
IUM	Identificador Único de Medicamento
OMS	Organização Mundial da Saúde
PEP	<i>Post- exposure Prophylaxis</i> ou Profilaxia Pós- exposição
PDV	Ponto de Venda
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i> ou Identificação por Radiofrequência
RSSF	Rede de Sensores sem Fio
SIs	Sistemas de Informação
SNCM	Sistema Nacional de Controle de Medicamentos
SICLOM	Sistema de Controle Logístico de Medicamentos Antirretrovirais
SUS	Sistema Único de Saúde
UP	Unidade Produtiva

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	16
	MOTIVAÇÃO.....	16
	OBJETIVOS.....	17
	ESTRUTURA DO DOCUMENTO.....	18
1	REVISÃO DA LITERATURA.....	19
1.1	LOGÍSTICA E CADEIAS DE SUPRIMENTOS.....	19
1.2	RASTREABILIDADE.....	19
1.3	TECNOLOGIAS PARA A RASTREABILIDADE.....	21
1.4	INTERNET DAS COISAS E SUAS APLICAÇÕES.....	26
1.5	CADEIA DE SUPRIMENTOS E RASTREABILIDADE DE MEDICAMENTOS.....	29
1.5.1	EUA.....	32
1.5.2	UNIÃO EUROPÉIA.....	33
1.5.3	ARGENTINA.....	33
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3	RESULTADOS.....	39
3.1	PROBLEMAS DE RASTREABILIDADE DO SETOR DE MEDICAMENTOS.....	39
3.2	DESCRIÇÃO DO MODELO PROPOSTO.....	40
3.3	ANÁLISE DO MODELO PROPOSTO.....	43
3.4	MODELO CONCEITUAL DE SIMULAÇÃO.....	46
3.4.1	PROCESSOS E PARÂMETROS DA UNIDADE PRODUTIVA.....	48
3.4.2	PROCESSOS E PARÂMETROS DO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO.....	51
3.4.3	PROCESSOS E PARÂMETROS DA GÔNDOLA INTELIGENTE/ ALMOXARIFADO.....	54
3.4.4	PROCESSOS E PARÂMETROS DO PACIENTE.....	56
3.5	SIMULAÇÃO DO MODELO PROPOSTO.....	57
4	DISCUSSÃO.....	61
4.1	AVALIAÇÃO DE CADA ETAPA DO MODELO PROPOSTO.....	61
5	CONCLUSÃO.....	66

REFERÊNCIAS.....	68
APÊNDICE A - Entrevista com responsáveis da área de medicamentos.....	74
APÊNDICE B - Exemplo de relatório do software Arena.....	76

INTRODUÇÃO

A cadeia de medicamentos no Brasil sofre constantemente com a falsificação desses produtos, por isso o governo tem tomado medidas para diminuir o número de casos (SENADO NOTÍCIAS, 2017). Em 2009, visando diminuir o número de medicamentos falsificados e ter um órgão responsável pela rastreabilidade de medicamentos no Brasil, foi criado o Sistema Nacional de Controle de Medicamentos (SNCM) (SNCM, 2017). Foi então desenvolvido o Sistema de Rastreabilidade de Medicamentos (SNCM, 2017).

O modelo de rastreabilidade escolhido pelo Brasil considerou a inserção de um código único, o qual deveria ser o responsável por centralizar informações desde o processo de produção até o uso do medicamento pelo paciente (SNCM, 2016).

Como alternativa ao modelo proposto pelo SNCM, o presente trabalho propôs e desenvolveu um modelo de rastreabilidade de medicamentos para o Brasil, permitindo coletar informações dos medicamentos em tempo real através da cadeia de suprimentos (CS). Assim, o principal objetivo deste trabalho foi propor esse modelo, visando contribuir para a diminuição no número de medicamentos roubados e, conseqüentemente, impedir que haja falta de medicamentos de alto valor agregado em hospitais e postos de saúde públicos.

MOTIVAÇÃO

O número de doses de medicamentos¹ cresceu cerca de 9,8% durante o primeiro trimestre de 2015, e 8,5% nos últimos 12 meses (PAVANI, 2015).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a quantidade de medicamentos falsificados varia entre 10% e 50% do total do mercado mundial, o que caracteriza uma ineficiência nas políticas de prevenção de medicamentos falsificados mundial (WHO, 2006). Em 2011, no Brasil, cerca de 850 mil unidades de medicamentos falsificados foram apreendidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), representando um aumento de 12 vezes em relação aos três anos anteriores (VALOR ECONÔMICO, 2013).

¹ Quantidades que podem ser administradas apenas uma vez ou durante um determinado período.

O SNCM foi criado em 2009 para reduzir o número destas ocorrências. (NOGUEIRA, NETO, 2011). Para tanto, ele definiu e padronizou o uso de um código bidimensional único para uso em medicamentos, que deveria ser implementado até 2015 em toda a CS de medicamentos. Porém, este prazo foi postergado, e a agenda de implementação foi readequada para 2021 (SNCM, 2017).

A rastreabilidade de medicamentos através do modelo proposto pela SNCM depende de uma série de etapas manuais, envolvendo a inserção de dados em um software por vários elementos da cadeia. Isto pode resultar em erros de inserção.

Visando mitigar erros manuais, pode-se optar pelo uso de tecnologias como identificação por radiofrequência (RFID), podendo obter informações sobre o posicionamento dos medicamentos em ambientes fechados (*indoor*), facilitando a sua localização. Essa tecnologia já é adotada em hospitais de países como Estados Unidos e França (GS1, 2008).

Para distâncias maiores, como entre diferentes cidades, o RFID pode ser associado a outras tecnologias, como o *General Packet Radio Service* (GPRS) utilizada na telefonia celular, para garantir o acompanhamento do trajeto dos produtos durante o seu transporte (ABDI, 2015).

Além de diminuir a intervenção humana, sistemas que utilizam RFID e redes de sensores sem fio (RSSFs) contribuem para o monitoramento da temperatura, umidade, luminosidade, dentre outras variáveis ambientais, durante todo o processo, podendo garantir a qualidade do produto que chega ao consumidor final.

Estas tecnologias podem ser utilizadas ao longo de toda a CS, englobando desde a detecção da necessidade de envio de medicamentos para uma farmácia (SCHUSTER; KOH, 2003) até o monitoramento de todo o processo de entrega e a qualidade dos medicamentos (PINTO et al., 2015).

OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho foi propor e desenvolver um modelo de rastreabilidade que permita melhor atender aos critérios de rastreabilidade da CS de medicamentos, utilizando as tecnologias de RFID e gôndolas inteligentes (GIs), dentro, dentro do arcabouço teórico da Internet das Coisas (Iot, do inglês *Internet of Things*).

Os objetivos específicos foram os seguintes:

1. Caracterizar a CS de medicamentos brasileira e os principais problemas de rastreabilidade enfrentados atualmente;
2. Identificar os requisitos relacionados à rastreabilidade nesta CS;
3. Desenvolver um modelo de rastreabilidade para a CS de medicamentos, utilizando um código único de identificação, provendo rastreabilidade de todas as etapas da CS;
4. Simular cenários de implementação do modelo proposto, utilizando um software de simulação de eventos discretos.

ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este trabalho é composto por cinco capítulos:

- Capítulo 1, Revisão da Literatura, aborda conceitos relevantes para a realização do trabalho;
- Capítulo 2, Metodologia, descreve os passos da metodologia e o ambiente de simulação utilizado;
- Capítulo 3, Resultados, contém os resultados obtidos através de simulações;
- Capítulo 4, Discussão, descreve os impactos do modelo proposto na CS;
- Capítulo 5, Conclusão, a avaliação global do trabalho realizado, as suas principais contribuições, possibilidades de melhorias, e oportunidades para a realização de trabalhos futuros;
- Apêndice A, apresenta modelo de perguntas das entrevistas realizadas para entender o setor de medicamentos no Brasil;
- Apêndice B, apresenta a forma que os resultados do software ARENA são gerados de acordo com as simulações realizadas.

1 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo visa introduzir os conceitos relevantes os quais contribuíram para a realização da presente pesquisa, que são: a logística e as CS; a rastreabilidade e as principais tecnologias que a suportam; e a CS e a rastreabilidade de medicamentos. Um conceito recente e com potencial de trazer benefícios à rastreabilidade é o de IoT, que também é discutido neste capítulo.

1.1 LOGÍSTICA E CADEIAS DE SUPRIMENTOS

A logística pode ser definida como os processos de planejamento, implementação, controle de custos, eficiência, armazenamento e transporte de materiais e produtos finais. Ela engloba também o fluxo de informações desde a origem até o fim da cadeia, com o objetivo de atender às necessidades e exigências do consumidor final (COOPER et al., 1997).

Segundo Daskin (1985), a logística é encarregada por garantir que matérias-primas e produtos alcancem o lugar certo, em quantidades e tempos adequados, com o menor custo possível. Mais recentemente, considera-se também que a logística deva analisar o descarte do produto ao fim de sua vida útil (BALLOU, 2006; BOWERSOX et al., 2002).

A CS, por sua vez, é definida como a rede que contempla todos os envolvidos no processo de fabricação e distribuição de um produto, de forma direta ou indireta, ou seja, desde a produção de matéria-prima até o consumidor final (CHOPRA, MEINDL, 2010).

A rastreabilidade é uma das formas encontradas pelas empresas de garantir o cumprimento e a melhoria contínua de seus processos. O uso de tecnologias apropriadas, além dos sistemas de informação (SIs), possibilitam a sua implantação com eficácia, conforme discutido no item a seguir.

1.2 RASTREABILIDADE

A rastreabilidade tem como objetivo registrar todas as etapas verificadas durante a passagem do produto pela CS, bem como acompanhá-lo durante toda a CS, desde o fornecimento de matérias-primas até o cliente final (CF) (JANK, 2000).

O acompanhamento desde a matéria-prima até o produto final, aumenta a facilidade de rastreamento dos produtos no caso de *recalls*, falhas e correções (JURAN e GODFREY, 1999).

Para resolver problemas de rastreabilidade do produto, segundo Wilson e Clarke (1998), devem-se endereçar os seguintes processos: a coleta de dados, e a transmissão e a análise de dados nos diferentes elos da cadeia. Todos os agentes envolvidos em uma CS devem possuir um meio comum e de fácil acesso aos dados. Dessa forma, estes autores sugerem um modelo de rastreabilidade que se baseia em um banco de dados na Internet. Este banco de dados compartilha informações entre todos os agentes da cadeia, sendo que cada um utiliza o código do produto para pesquisar informações de rastreabilidade na Internet.

Em 2006, devido a importância do tema, a *European Federation of Medical Informatics* (EFMI) fundou um grupo de trabalho exclusivamente dedicado aos estudos de rastreabilidade na saúde (LOVIS, 2008).

Porém a padronização de sistemas de rastreabilidade não é uma tarefa simples, necessitando de investimentos por parte dos envolvidos. Pode-se dizer que é aplicada somente quando é determinante para o sistema de qualidade: voluntariamente, quando o que está em jogo é um diferencial competitivo, ou, obrigatoriamente, através da imposição de normas e regulamentações governamentais (MACHADO, 2000).

Um exemplo de rastreabilidade de bens de consumo é o projeto Farm to Fork (FARM TO FORK, 2015), o qual tem como objetivo utilizar RFID e outras tecnologias para melhorar a rentabilidade de pequenas e médias empresas da União Europeia, rastreando todo o processo – da produção até o consumidor final.

Outro exemplo de rastreabilidade é o projeto PROMISE (Figura 1). Ele prevê a possibilidade de se obter informações em qualquer parte do ciclo de vida do produto (KIRITISIS, 2011). O PROMISE usa como base a gestão do ciclo de vida fechado do produto, desde a produção, uso pelo cliente, até o seu descarte.

Figura 1. Ciclo de vida fechado no qual se baseia o projeto PROMISE

Fonte: Adaptado de KIRITISIS (2011)

A forma de padronização escolhida deverá conter informações do produto como número de lote, nome e validade, fornecendo informações eletronicamente em um sistema disponível em todos os pontos de comercialização (PAES, 2009).

O ideal seria o desenvolvimento de um sistema de rastreabilidade, público ou privado, a um baixo custo e com infraestrutura de comunicação padronizada (YUGUE, 2001). Este possibilitaria o rastreamento do histórico de movimentação e do estado de qualquer medicamento ou equipamento médico, além de ter um meio de acesso comum na *web*.

Para desenvolver um sistema de rastreabilidade, segundo Yugue (2001), são necessárias tecnologias que possibilitem: a captura, a armazenagem e a distribuição de informações. Na seção seguinte são discutidas e comparadas as tecnologias mais comuns usadas para a rastreabilidade de produtos em geral.

1.3 TECNOLOGIAS PARA A RASTREABILIDADE

Com grande uso no comércio, os códigos de barras são informações codificadas em uma ou duas dimensões, com intervalos de alternância de refletividade difusa (cores preto e branco), sendo representados por retângulos. Apesar de carregar tipos de dados limitados, estes facilitam o processo de digitação desses dados (PAVLIDIS et al., 1990).

Padrões internacionais para códigos de barras surgiram há vários anos. A associação internacional sem fins lucrativos GS1 (GS1, 2015) desenvolveu diversos

padrões que são muito utilizados por muitos países, os quais foram adaptados e relacionados no Quadro 1.

Quadro 1. Códigos e padrões do sistema GS1

Tipo	Formas de Uso
EAN/UPC	Geralmente utilizado em pontos de venda (PDV) devido à agilidade na captura de informação;
DataBar	Tamanho menor e a capacidade de carregar mais informações que o EAN/UPC;
128	Codifica todas as chaves GS1. Não pode ser utilizado para identificação no PDV;
ITF-14	Sua impressão pode ser em papelão. Não pode ser utilizado para identificação no PDV;
DataMatrix	É representado por um símbolo bidimensional, no qual é possível armazenar informações em espaços menores do que os códigos lineares.
QR Code	Código de barras bidimensional composto por pontos escuros, dispostos em um quadrado sobre um fundo branco. Foram codificados para serem lidos por leitores de imagem, software ou aplicativos de smartphones.

Fonte: Adaptado de GS1 (2015)

Enquanto para a maioria dos códigos é utilizado um leitor linear, para o DataMatrix, que é o código escolhido como padrão para a rastreabilidade de medicamentos no Brasil, é utilizado um leitor bidimensional. Essa característica faz com que o DataMatrix não seja utilizado para identificação de produtos no PDV, mas para fornecer informações do produto diretamente ao consumidor (GS1, 2015).

Uma outra tecnologia utilizada para rastreabilidade, principalmente para aplicações em logística, é a identificação por radiofrequência (RFID). Ela consiste em etiquetas eletrônicas com informações sobre determinado produto, as quais podem ser automaticamente lidas por leitores RFID, e os seus dados lançados em um sistema de informações (JONES et al, 2005).

A capacidade de registrar processos, em conjunto com um SI que viabilize o acesso às informações de todas as etapas da cadeia, contribui para a construção de sistemas eficientes de rastreabilidade. (KELEPOURIS et al., 2007).

O Quadro 2 compara algumas tecnologias discutidas anteriormente, ressaltando as suas principais formas de utilização.

Quadro 2. Comparação de algumas tecnologias de Rastreabilidade

	EAN	QR Code	RFID
Capacidade de Armazenamento	Baixa	Alta	Alta
Diversidade de Dispositivos de Leitura	Apenas Infravermelho	Leitores de Imagem (câmeras com softwares de reconhecimento em computadores ou <i>smartphones</i>)	Leitor de Radiofrequência
Necessidade de leitura com linha de visão	Sim	Sim	Não
Distância para captação da informação	~20 cm (Varia com o tamanho do código)	~25 cm (Varia com o tamanho do código)	Máx. ~15 m (Varia de acordo com o tipo de etiqueta, leitor, ambiente, etc.)*
Segurança de Dados	Pode haver adulteração da imagem	Pode haver adulteração da imagem	Armazenamento seguro
Leitura	Pode haver adulteração da imagem	Pode haver adulteração da imagem	Pode haver interferência na transmissão de informações

*Valores não necessariamente representam os das tecnologias mais usadas em logística.

Fonte: Adaptado de METZNER et al. (2014)

A tecnologia de RFID é considerada uma evolução do código de barras em termos da comunicação de proximidade não-óptica, densidade da informação e pela capacidade de comunicação bidirecional (ROBERTS, 2006).

Conforme ilustrado na Figura 2, um sistema baseado em RFID é normalmente composto por:

- etiquetas (em inglês, *tags*) RFID;
- leitores de etiquetas RFID, cada um com uma antena e um *transceiver* (dispositivo de transmissão e recepção de dados);
- um sistema de armazenamento de dados.

Figura 2. Exemplo de um sistema baseado em RFID

Fonte: Adaptado de ROBERTS (2006)

Segundo Kelepouris et al (2007), os objetos a serem rastreados recebem uma etiqueta (*tag*), a qual é composta por um *microchip* e uma antena. O *microchip* transmite as informações contidas na etiqueta através da antena, e um leitor converte as ondas recebidas em informação digital, inserindo-a em um SI.

As etiquetas utilizadas no sistema de RFID podem ser passivas, ativas ou semipassivas, segundo Rodrigues et al. (2009), sendo diferenciadas da seguinte forma:

- **Passivas:** não possuem uma fonte de energia própria, obtendo-a do próprio sinal emitido pela leitora da etiqueta. A baixa energia utilizada para envio da resposta faz com que o alcance da etiqueta seja reduzido, variando de centímetros a metros. Uma das desvantagens da etiqueta passiva é a grande propensão a interferências externas que prejudicam a sua leitura, como a presença de metais e fluidos, devido à baixa potência utilizada na comunicação. O baixo custo dessas etiquetas é considerado uma vantagem.
- **Ativas:** são similares às etiquetas passivas, diferenciando-se por possuir uma fonte de energia própria (baterias que podem durar até alguns anos, a qual contribui para um maior alcance de comunicação, podendo atingir dezenas de metros. Uma desvantagem que apresentam é o maior custo em relação às etiquetas passivas. A presença da bateria contribui para o armazenamento de informações na *tag*, aumento da segurança de transferência de informações, bem como a possibilidade de comunicação

da etiqueta com outros dispositivos, como sensores de temperatura e umidade, por exemplo.

- **Semipassivas:** Assim como as etiquetas ativas, as semipassivas possuem uma fonte de energia própria, porém de menor capacidade. Esta característica permite o uso de uma potência maior, na transmissão resultando em maiores distâncias de transmissão e menor interferência do ambiente em relação às passivas.

Como vantagens ao uso da tecnologia de RFID, Chopra e Meindl (2010) apontam o recebimento, a armazenagem e a movimentação dos produtos de forma rápida, diminuindo o tempo de transporte e a incidência de erros humanos. Porém, esta enfrenta uma série de desafios em sua adoção, segundo Want (2006):

- **Custo:** o custo das etiquetas de RFID é mais alto do que os códigos impressos;
- **Projeto:** garantir que a identificação seja confiável e que consiga fazer a leitura das etiquetas de forma individual;
- **Aceitação:** a imprensa e alguns defensores das liberdades civis têm levantado questões em relação ao uso indevido das informações das etiquetas de RFID, por questões de privacidade. Dessa forma, é necessária cautela no uso dessa tecnologia.

Porém, para conseguir mensurar temperatura, pressão, umidade e demais características do ambiente, as etiquetas RFID precisam ser associadas a outra tecnologia: as redes de sensores sem fio (RSSF).

RSSFs são capazes de perceber, medir e coletar informações do ambiente e, com base em um processo de decisão, transmitir essas informações para o usuário (YICK et al., 2008).

Segundo Yick et al. (2008), há dois tipos de RSSFs:

- **Não estruturadas:** contém uma densa quantidade de nós, sensores, tornando difícil o gerenciamento e detecção de falhas.
- **Estruturadas:** são instalados nós sensores em menor quantidade, contribuindo para um menor custo de manutenção e gestão das redes.

Wilson (2005) cita como principais vantagens das RSSFs a diminuição de problemas provenientes da infraestrutura de cabos e fios, além de garantir uma

maior flexibilidade na geometria a ser utilizada, podendo divulgar as informações em tempo real via internet.

Glisic e Lorenzo (2009) citam algumas premissas que devem ser consideradas na implementação de RSSFs: a distribuição dos nós deve ser densa; deve-se considerar que os sensores estão sujeitos a falhas; a distribuição dos sensores pode mudar; há limitações relacionadas à capacidade computacional, de memória e de energia; e não há garantias de que o sensor possua uma única identificação.

A implementação de RFID e RSSF pode auxiliar na elaboração de um sistema rastreável, disponibilizando informações em tempo real através da internet, próximo ao que seria uma aplicação em tempo real². Este possibilitará acompanhar as etapas pelas quais o produto passou e a qualidade de seu armazenamento.

A interação entre tecnologias, conectadas por meio da internet, utilizando um protocolo acordado entre elas para troca de informações, constitui-se em uma solução promissora para a rastreabilidade de produtos, constituindo o conceito conhecido como IoT (SUN, 2012).

1.4 INTERNET DAS COISAS E SUAS APLICAÇÕES

A IoT é um paradigma recente que tem como base a presença pervasiva da computação em objetos, pessoas e ambientes. como: etiquetas RFID, sensores, celulares, computadores, dentre outros. Alguns fatores são importantes nessa abordagem: permitir que os objetos sejam identificáveis; permitir a sua comunicação e interação, através de redes interconectadas de objetos, com usuários finais ou outras entidades na rede (ATZORI et al., 2010).

A Figura 3 representa a visão de Gubbi et al. (2013) de IoT. Segundo estes autores, os usuários finais são desde indivíduos até as organizações.

² Para a aplicação ser considerada de tempo real ela deve ser independente da carga do sistema, o que pode não ocorrer com aplicações baseadas na internet. Porém, quando as exigências de tempo da aplicação não são altas, algumas aplicações via internet se assemelham a uma aplicação de tempo real.

Figura 3. Usuários finais do conceito de IoT

Fonte: Adaptado de GUBBI et al. (2013)

A implementação do conceito de IoT na CS pode trazer benefícios, como a otimização da sua gestão, melhorando o uso de recursos e aumentando a transparência, e o acesso aos dados em tempo real (SUN, 2012).

Alguns benefícios que a IoT poderá trazer para a área da saúde, e também para outros setores, são apresentados por Gubbi et al. (2013), e resumidos no Quadro 3.

Quadro 3. Exemplos de benefícios que IoT pode trazer para a população

Área	Contribuição
Saúde	Triagem e monitoramento de pacientes; possibilidade de fornecer informações sobre avanço de doenças e contaminações, as quais poderão ser usadas por profissionais em campo ou para orientar o governo em situações de pandemias.
Serviços Emergenciais de defesa	Monitoramento remoto; gestão de recursos e distribuição; agilidade em cenários de desastres ou catástrofes, através do uso de sensores.
Monitoramento de multidão	Monitoramento do fluxo da multidão para gerenciamento de emergências; uso eficiente de espaços públicos; visualização do fluxo em ambientes comerciais.
Gestão de tráfego	Transporte inteligente, através do acompanhamento de informações do tráfego e de rotas otimizadas.
Monitoramento de Infraestrutura	Monitoramento, por meio de sensores, da porcentagem de fadiga estrutural e outras manutenções; monitoramento de incidentes para a gestão de incidentes.
Gestão hídrica	Monitoramento da qualidade da água, seu uso, vazamentos, distribuição, desperdício.
Gestão de edificação	Verificação da temperatura, controle de umidade, monitoramento da energia utilizada.
Gestão de ambiente	Poluição do ar, monitoramento de barulho, vias navegáveis.

Fonte: Adaptado de GUBBI et al. (2013)

Uma das aplicações de IoT que vem sendo experimentada é a gôndola inteligente (GI), composta por um software e hardware específico que visa manter os produtos corretos, na quantidade correta, sem a necessidade de sistemas intermediários (SILVA et al., 2011). Essa gôndola permite gerenciar vários agentes da CS simultaneamente (SILVA et al., 2011), e um exemplo de sua utilização é a Livraria Argot, na Espanha, que vem usando as gôndolas para rastrear seus livros com RFID, garantindo o fluxo destes dentro da loja, além de possibilitar o conhecimento dos interesses de seus clientes. Dessa forma, ela pode controlar não só os seus estoques, mas também posicionar da melhor forma os seus produtos (RFIDJOURNAL, 2012).

Outro caso interessante de uso da GI é da PCCW Solutions (2015), a qual tem como objetivo sincronizar toda a CS de uma loja de departamentos. O uso desta pelo cliente garante que ele tenha acesso às informações consideradas relevantes. Isto permite que o fornecedor tenha visibilidade do estoque da loja, garantindo que não haja falta de estoque, conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4. Exemplo de uso de uma GI

Fonte: Adaptado de PCCW SOLUTIONS (2015)

Acredita-se que o uso da GI para medicamentos não só ajustaria a produção de acordo com a demanda, mas possibilitaria o controle da temperatura que o medicamento é armazenado, possibilitando um maior controle de qualidade (CARVALHO, GOMES, 2013).

1.5 CADEIA DE SUPRIMENTOS E RASTREABILIDADE DE MEDICAMENTOS

Em 2014, o setor de medicamentos no Brasil representava 8% do PIB, oferecendo 75 mil empregos diretos e 500 mil indiretos, gerando uma receita tributária de R\$18 bilhões (ABCFARMA, 2015).

A CS deste setor contempla desde a pesquisa, os fornecedores de matérias-primas, os laboratórios, os transportadores, até o consumidor final (CF), conforme são exemplificadas pela Figura 5 (MOORI et al., 2005).

Figura 5. Cadeia de Suprimentos de Medicamentos

Fonte: Adaptado de MOORI et al. (2005)

É possível identificar três etapas da CS de medicamentos:

- **Etapa 1:** pesquisa de determinado medicamento, sendo necessária a aprovação em testes definidos pela ANVISA;
- **Etapa 2:** fabricação do medicamento em laboratórios, já com a aprovação dos testes realizados;
- **Etapa 3:** distribuição destes medicamentos para o mercado consumidor. Os diferentes fluxos apresentados nesta etapa dependem, entre outros fatores, do tipo de medicamento a ser consumido: medicamentos de alto valor agregado (utilizados para o tratamento de câncer, AIDS, dentre outras doenças) e medicamentos de baixo valor agregado (aspirinas, antibióticos, dentre outros).

A complexidade do setor e a importância que este possui na vida das pessoas faz com que seja necessário um sistema de rastreabilidade que garanta a disponibilidade do medicamento ao consumidor final, com a qualidade necessária.

Para exemplificar a necessidade de disponibilidade de medicamentos, podem-se considerar pacientes que fazem uso de medicamentos de alto valor agregado. Como existe uma maior urgência para o seu uso, a falta de medicamentos e a falta de informação sobre onde encontrá-los se torna um problema crônico.

Há casos em que a falta de ajuste na distribuição de medicamentos de acordo com a demanda gera postos de saúde públicos com o inventário zerado, fazendo com que os usuários do medicamento não consigam manter o tratamento (G1, 2016).

Dessa forma, a rastreabilidade é essencial para o setor de medicamentos, aumentando a segurança de toda a cadeia e garantindo ao paciente maior qualidade no tratamento (EFMI, 2009).

Segundo a Lei nº.11.903 de 14/01/2009 (GOVERNO DO BRASIL, 2017), todas as informações de um medicamento devem ser reunidas no Identificador Único de Medicamento (IUM), o qual deverá ter como tecnologia para a sua reprodução o código bidimensional DataMatrix. O IUM deverá estar presente em cada unidade de medicamento comercializada, e será impresso em etiquetas de segurança. Todas as etapas devem ser registradas e disponibilizadas para a ANVISA (ANVISA, 2013).

Os objetivos dessa padronização são: (i) evitar falsificações e contrabando; (ii) auxiliar no controle de remédios que exigem receitas; e (iii) auxiliar na administração de eventuais *recalls* e problemas de escassez de medicamentos (ANVISA, 2013).

Para que se atinja esse objetivo, o medicamento deverá possuir não só o IUM, mas também um número de lote único de identificação, com data de fabricação, validade e número do lote deste medicamento.

A Figura 6 representa o processo de rastreabilidade com a inserção do IUM.

Figura 6. Representação do sistema de rastreabilidade proposto pelo governo

Fonte: Adaptado de SNCM (2017)

Apesar de o prazo para implementação do modelo de rastreabilidade ter sido inicialmente estabelecido para a implantação de um projeto piloto até 2016, este sofreu um atraso para consolidação nas empresas devido a uma série de fatores: o pouco tempo dado para implementação, a falta de alinhamento com o restante da cadeia e a descrença, por parte das empresas, de que a tecnologia empregada solucionaria de fato o problema a que se propõe resolver (CUNHA, 2015).

Assim como o Brasil, alguns países têm formalizado seu modelo de rastreabilidade de medicamentos nos últimos anos, demonstrando a necessidade de padronização de um modelo para garantir a saúde de sua população, combatendo a falsificação de medicamentos.

Alguns casos ao redor do mundo serão apresentados nos próximos tópicos, comparando-se com o modelo proposto para o Brasil através do SNCM.

1.5.1 EUA

No caso dos EUA, foi assinada uma lei em 2013 que substitui leis previamente existentes sobre a rastreabilidade de medicamentos. Ela visa garantir a verificação, notificação, manutenção e identificação do produto (FDA, 2017). Os principais objetivos dessa lei são consolidar a regulamentação da CS de

medicamentos, padronizar os distribuidores e identificar os medicamentos falsificados (HDA, 2017).

Como requisitos de rastreamento, estão contidos: nome, forma de dosagem, número do lote, tamanho do recipiente, histórico de interações que o produto teve com determinado elo da CS (GILCHRIST, 2015).

As principais vantagens que o país espera do modelo, quando ele estiver amplamente implementado (estimado para novembro de 2023), é a possibilidade de se verificar baixas de estoque, a legitimidade do medicamento e possibilidade de *recalls* mais eficientes (FDA, 2017).

A ideia é que toda a CS tenha acesso à informação, a não ser em casos de exceção, utilizando bases descentralizadas e fazendo com que as farmácias mantenham informações de lote por um período de 6 anos (GILCHRIST, 2015).

1.5.2 UNIÃO EUROPÉIA

Na Europa, desde 2006, a federação das indústrias farmacêuticas e associações recomendam o uso do código bidimensional DataMatrix da GS1, o mesmo escolhido pelo SNCM no Brasil (EFPIA, 2013).

Em 2011, o parlamento e o conselho da União Europeia publicaram uma diretiva referente a medicamentos falsificados (EUROPEAN COMMISSION, 2011), que obrigou o detalhamento do sistema e introduziu obrigatoriedades como:

- IUM, o qual seria representado por um código bidimensional;
- um dispositivo capaz de verificar se determinado medicamento teve a embalagem adulterada.

Todo o modelo definido pela União Europeia deve ser implementado até 2019, podendo ter um acréscimo de seis anos para Bélgica, Grécia e Itália (EUROPEAN COMMISSION, 2016).

Para o compartilhamento das informações, será criado um repositório central de informações na nuvem. A Alemanha foi a primeira a contribuir com o repositório, através de um sistema piloto implantado desde 2013 (BANKS, 2015).

1.5.3 ARGENTINA

Desde 1997 a Argentina iniciou a implementação de um modelo para a verificação de medicamentos não legítimos em sua CS (GS1, 2014).

Assim como nos demais países citados, a Argentina também desenvolveu um modelo no qual tinha como principal característica o número único em suas embalagens de medicamentos (ANMAT, 2017).

Considerando toda a CS de medicamentos, o modelo argentino tem como objetivo regulamentar todos os elos, desde os produtores/importadores, até o paciente, com o objetivo de reduzir o número de medicamentos roubados ao longo da cadeia (ANMAT, 2017).

As informações coletadas ao longo do processo devem ser enviadas a um banco de dados central, a qual estarão associadas ao medicamento através dos códigos padrões da GS1, os quais podem, por exemplo, ser bidimensionais ou RFID (PRESIDENCIA DE LA NACIÓN ARGENTINA, 2017).

O governo reembolsa o consumidor que tem direito a um medicamento apenas quando é comprovado que o produto é legal, contribuindo para que não haja roubo ou falsificação de medicamentos.

Para sistemas de rastreabilidade citados que utilizam o RFID, já se faz possível o uso de padrões definidos pela GS1, o qual é denominado EPC. É através do padrão definido pelo GS1 que se faz possível identificar um produto em seu menor nível, identificando-o em qualquer lugar da cadeia, possibilitando visualização de estoques e processos operacionais (GS1, 2017).

O próximo capítulo será responsável por descrever de que forma o estudo por uma nova proposta para a rastreabilidade de medicamentos no Brasil foi executado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa visou propor um modelo de rastreabilidade para a CS de medicamentos nacional, sendo alternativo ao proposto pelo SNCM. Após o estudo dos métodos e tecnologias de rastreabilidade de medicamentos, foi definida a seguinte metodologia utilizada na pesquisa, que envolve quatro etapas:

- Etapa 1: identificação dos principais problemas enfrentados pela CS de medicamentos no Brasil.
- Etapa 2: elaboração de um modelo de rastreabilidade de medicamentos, visando reduzir os problemas detectados na Etapa 1.
- Etapa 3: simulação do modelo proposto, utilizando-se o software ARENA (ROCKWELL AUTOMATION, 2015) com dados provenientes da literatura.
- Etapa 4: análise dos resultados obtidos e discussão de seus impactos.

A Etapa 1 consistiu em levantar os principais problemas enfrentados pela CS de medicamentos, bem como caracterizá-la. Realizaram-se pesquisas utilizando os órgãos públicos como a ANVISA, bem como entrevistas com responsáveis de indústrias de medicamentos de grande porte no Brasil (as perguntas realizadas para os responsáveis podem ser verificadas no Apêndice A). Foram utilizados também estudos de casos da CS de medicamentos presentes na literatura, bem como os principais sistemas de rastreabilidade de medicamentos utilizados no mundo. Dados secundários, provenientes de órgãos governamentais, foram utilizados. Considerou-se também o estudo de empresas de diversos setores, fornecendo informações sobre os processos utilizados em suas diferentes matrizes.

Na Etapa 2 foi proposto um modelo de rastreabilidade de medicamentos, visando atender aos requisitos identificados. Este teve como objetivo diminuir o número de medicamentos roubados e/ou falsificados ao longo da CS, bem como garantir que não houvesse falta de medicamentos.

A Etapa 3 teve como objetivo criar e executar um modelo de simulação de eventos discretos baseado no modelo proposto na Etapa 2, por meio do software ARENA (ROCKWELL AUTOMATION, 2015).

As principais variáveis utilizadas foram: demanda de cada medicamento por mês, tempo de seu uso, e quantidade de medicamentos roubados.

Para garantir que o modelo simulado neste trabalho fosse o mais próximo da CS de medicamentos e que atendesse os principais problemas enfrentados pelo

setor, baseou-se não apenas na literatura, mas no levantamento de informações através de entrevistas com médicos e profissionais de logística, de modo a entender o processo de distribuição. Através de entrevistas com responsáveis pela logística de medicamentos e médicos (disponível no Apêndice A), foi possível entender os principais problemas enfrentados, se colocar um dia na vida do paciente que utiliza o medicamento, de forma a melhor desenhar o projeto de simulação.

Dessa forma, as premissas adotadas no modelo de simulação foram as seguintes:

- O medicamento utilizado para simulação é o Ritonavir, medicamento utilizado para o tratamento inicial de pacientes diagnosticados com HIV (sigla do inglês do vírus imunodeficiência humana). Ritonavir é distribuído pelo Sistema Único de Saúde (SUS) de forma gratuita, e é fabricado por indústrias brasileiras, devido a acordos com a farmacêutica Abbott (PORTAL BRASIL, 2015).
- O produto em questão atualmente possui característica termoestável, não necessitando de armazenamento em câmara fria, fazendo-se necessário apenas controlar para que a temperatura não ultrapasse 30°C (DEPARTAMENTO DE IST, AIDS E HEPATITES VIRAIS, 2010). Sua apresentação é em comprimido, constituindo uma embalagem com 30 cápsulas.
- O medicamento é fabricado no Brasil (DEPARTAMENTO DE IST, AIDS E HEPATITES VIRAIS, 2010), sendo a sua distribuição para os hospitais e postos de saúde realizada pelo Sistema de Controle Logístico de Medicamentos (SICLOM), responsável pela distribuição de medicamentos antirretrovirais desde 1997 (SICLOM, 2016).
- A profilaxia pós-exposição (PEP) é o procedimento utilizado até 72 horas após a exposição ao vírus, o qual tem como principal ação o uso de quatro medicamentos durante 28 dias, entre eles o Ritonavir.
- O tipo de modelo de armazenagem de medicamentos a ser considerado é o FIFO (do inglês, *first in - first out*, ou o primeiro que chegar é o primeiro a sair), tratando todos os medicamentos do sistema da mesma forma;

- A identificação dos medicamentos será realizada através de um código único que relacionará todos os dados obtidos nas diferentes etapas do processo;
- Não foram considerados pontos adicionais de controle de qualidade, visando reduzir os impactos da adoção do modelo proposto;
- O tipo de medicamento a ser considerado para o modelo é o de alto valor agregado, o qual é distribuído por hospitais e postos públicos. Essa premissa foi adotada devido ao alto investimento de inserção das etiquetas de RFID, podendo ser justificado com os produtos de alto valor agregado, devido a sua importância e custo de distribuição. Estes medicamentos são utilizados para o tratamento de câncer, aids, entre outras doenças, fazendo-se necessária a medicação contínua;
- É importante salientar que, apesar do processo de formação de pallets presente no sistema, o modelo não considerou essa etapa para a simulação;
- Para simular os diferentes cenários, considerou-se a Unidade Produtiva (UP) de Farmanguinhos, o centro de distribuição (CD) em Fortaleza – CE, o qual distribui medicamentos para a cidade de Iguatu- CE (OPOVO, 2017);
- O modelo proposto pelo SNCM não difere em termos logísticos do modelo atual (tempo de reposição dos medicamentos, cálculo do estoque mínimo necessário nos postos de saúde, entre outros fatores) do modelo atual, dessa forma a comparação será apenas entre o modelo proposto pelo presente trabalho e o modelo atual de distribuição do medicamento;
- Alguns parâmetros foram mantidos constantes para simulação dos cenários:
 - Quantidade de medicamentos que compõem uma caixa;
 - Quantidade de caixas que são transportadas em um caminhão;
 - Frequência de retirada de medicamentos dos postos de saúde e hospitais.
- Após a produção, as embalagens são colocadas em caixas, sendo que para o processo de simulação, considerou-se que um lote seria formado por 800 embalagens de medicamentos e posteriormente, o transporte dos

medicamentos até o CD. Para a formação do lote foi considerado que o retorno do paciente ao centro de saúde se dá uma vez ao mês, sendo que ele recebe todo o medicamento necessário para o tratamento.

- A adaptação do modelo de produção teve como principal objetivo garantir que, quando um lote saísse da UP, outro já estaria preparado, caso fosse roubado ou chegasse na GI/almojarifado.

A Etapa 4 avaliou os resultados obtidos da simulação do modelo proposto frente ao atual, considerando como critérios a quantidade de medicamentos roubados e a quantidade de medicamentos entregues ao usuário final.

3 RESULTADOS

Este capítulo apresenta e discute os resultados advindos da pesquisa, entrevistas e simulações realizadas.

3.1 PROBLEMAS DE RASTREABILIDADE DO SETOR DE MEDICAMENTOS

A indústria de medicamentos no Brasil enfrenta uma série de problemas devido à falta de rastreabilidade e ausência de informações disponíveis em tempo hábil, como:

- Roubo de lotes durante o transporte - por ser um país com transporte majoritariamente rodoviário, o Brasil sofre com o constante roubo de cargas. Cerca de 2660 lotes de diferentes medicamentos foram registrados como roubados ou extraviados em 2014 de acordo com relatório da Anvisa (ANVISA, 2014);
- Baixos níveis de serviço na distribuição - há vários casos de medicamentos que são distribuídos na rede pública de saúde, mas que se encontram em falta, prejudicando os pacientes. Devido a esse problema, muitos pacientes precisam recorrer à Justiça para importá-los. Isto resultou em cerca de 240 mil ações judiciais abertas relativas à área da saúde em 2011 (CAVALCANTI, 2011);
- Demora na divulgação de lotes falsificados e recalls -o consumidor final não tem a certeza se o medicamento que está ingerindo é de qualidade, pois até essa informação sair na lista de lotes falsificados ou com problemas da ANVISA, vários lotes já foram comercializados (ESTADÃO CONTEÚDO, 2017).

A falta de medicamentos disponíveis nos postos e centros de saúde públicos acaba acarretando até a morte de pacientes, os quais precisam destes medicamentos diariamente (FIGUEIREDO, 2006).

Além disso, caso a necessidade pelo medicamento aumente, o tempo para produção e disponibilização pode não ser suficiente, o que acaba acarretando em ruptura no estoque dos centros de saúde e, conseqüentemente, interrupção no tratamento dos pacientes que precisam do medicamento diariamente (BORLINA FILHO, 2016).

Dessa forma, identificando todos os problemas enfrentados, propôs-se um modelo de rastreabilidade que atendesse a necessidade da CS.

3.2 DESCRIÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Para propor um modelo de rastreabilidade de medicamentos, fez-se necessário adaptar a CS do Brasil em etapas mais simples. Dessa forma, a Figura 7 ilustra o modelo simplificado da CS para o produto estudado, que possui cinco etapas:

1. Unidade Produtiva (UP) – a qual remete a Etapa 1 e 2 da Figura 5;
2. Centro de Distribuição (CD) – a qual remete a Etapa 3 da Figura 5;
3. Gôndola Inteligente (GI) – a qual remete a Etapa 3 da Figura 5;
4. Cliente Final (CF) – a qual remete a Etapa 3 da Figura 5;
5. Descarte.

Figura 7. Modelo da CS de medicamentos

Fonte: METZNER et al. (2015)

As informações provenientes de todas as etapas são enviadas para a nuvem, em um sistema de banco de dados, centralizado ou não, que pode ser consultado pelos diferentes elos da cadeia, conforme demonstrado pela Figura 8. As setas com (*) representam o fluxo físico do medicamento tanto no processo de logística reversa, quanto a sua falta na GI; as setas com (**) representam o fluxo de dados.

Figura 8. Modelo de rastreabilidade para a CS de medicamentos

Fonte: Autora

A UP é o local no qual ocorre a fabricação do medicamento, ou seja, considera-se desde o processo de chegada dos princípios ativos até o envase e embalagem do medicamento. Nessa etapa, a etiqueta RFID é colocada na embalagem na qual o medicamento é armazenado, guardando informações como: número de identificação, fornecedor da matéria prima, data na qual o remédio foi fabricado, farmacêutico responsável, entre outras possíveis informações.

Antes de embarcar para o CD, a etiqueta individual do medicamento é associada a outra, que estará na caixa contendo todos os medicamentos requisitados, sendo dessa forma possível rastreá-los.

A informação contida na etiqueta permanecerá guardada em um banco de dados na nuvem, que conterà as informações de todos os medicamentos dessa indústria, visando a integração desse banco de dados com a ANVISA.

No CD, o remédio é expedido para hospitais e postos de saúde públicos, passando por uma esteira na qual haverá uma antena e um leitor, para que a sua localização e possíveis informações nessa etapa sejam armazenadas no banco de dados (seu destino, caminhão, horário de embarque, entre outras possíveis informações).

Durante o transporte, um dispositivo no caminhão irá transmitir os dados coletados à nuvem, utilizando tecnologia GPRS. Isto possibilita uma rápida tomada de decisão, caso esse lote seja extraviado.

Para o armazenamento dos medicamentos nos hospitais e postos de saúde públicos, faz-se uso da GI.

Devido ao funcionamento da GI, torna-se possível captar quantos medicamentos foram armazenados nesta e a que temperatura eles estão sendo armazenados. O monitoramento é realizado através de um *software* integrado, o qual determina: quantos medicamentos estão ali armazenados, quantos foram retirados, entre outras ações. Essas informações serão enviadas para a nuvem.

A GI permite não apenas o controle automático de inventário, mas mantém os medicamentos em um sistema controlado, o qual pode-se também garantir a manutenção da temperatura utilizando sensores, garantindo a qualidade dos produtos.

Considera-se CF o paciente que vai buscar o medicamento em hospitais e postos de saúde. Após passar por todas as etapas anteriores, o medicamento possui todas as informações referentes a sua etiqueta no banco de dados na nuvem.

Dessa forma, é possível ter acesso a todos os processos que o medicamento passou, seja através de uma página na internet ou aplicativo para dispositivo móveis, garantindo a sua autenticidade e qualidade.

Ter os dados na nuvem de forma automática, ou seja, sem intervenção manual, em praticamente tempo real, e um *software* integrado à gôndola, contribui para o fornecedor controlar seu estoque nos estabelecimentos, possibilitando identificar quando e quantos medicamentos serão necessários em determinados locais (PCCW SOLUTIONS, 2015).

Assim, diminui a probabilidade de se ter altos estoques no fornecedor, e falta de medicamentos nos centros de saúde e hospitais, devido ao melhor gerenciamento de todos os elos da CS (PCCW SOLUTIONS, 2015).

Atualmente, o controle de estoque é feito pelas próprias unidades de saúde, que contam os medicamentos presentes em sua unidade e enviam essas informações para o banco de dados através de um *software* disponibilizado pelo SICLOM (SICLOM, 2016).

A informação de estoque também pode contribuir para o CF, que acaba sabendo qual estabelecimento possui o remédio que ele necessita, evitando que ele fique sem o seu medicamento e interrompa o seu tratamento.

A última etapa está relacionada ao descarte correto da embalagem de medicamento. Esta não é praticada com muita frequência no país. Ao voltar para adquirir um novo medicamento, o paciente trará consigo a embalagem já utilizada, que será depositada em um compartimento da gôndola por um funcionário do hospital ou posto de saúde. A gôndola irá contabilizar o retorno dessa embalagem e informar para a indústria quando será necessário deixar um espaço no caminhão para levar as embalagens vazias. Assim será possível contribuir para a logística reversa e para a redução da contaminação pelos princípios ativos destes medicamentos caso descartados inadequadamente (BIDONE, 2001).

As informações contidas no mesmo banco de dados possibilitam entender possíveis falhas no rastreamento, as quais podem ser ocasionadas por posicionamento das antenas, tipos e tempo de leitura das tags, entre outros. As análises dos dados obtidos possibilitam, entre outras coisas melhorar o modelo proposto, podendo contribuir para o aumento de eficiência e diminuição de custo.

Através das etapas definidas, é possível analisar as principais diferenças entre o modelo proposto pelo presente trabalho, o modelo atual e o modelo proposto pelo SNCM.

3.3 ANÁLISE DO MODELO PROPOSTO

Para poder avaliar a proposta deste trabalho, fez-se necessário detalhar três diferentes modelos:

- Modelo atual: modelo utilizado hoje pelas diferentes empresas farmacêuticas para rastrear seus medicamentos, variando de empresa para empresa;
- Modelo proposto pelo SNCM: modelo proposto pelo governo, o qual deverá ser o padrão de todas as empresas do Brasil;
- Modelo proposto pelo presente trabalho: proposta de acordo com as necessidades que o país enfrenta.

Dessa forma, o Quadro 4 possui uma comparação entre o modelo de rastreabilidade atual, o proposto pelo SNCM, e o modelo proposto pelo presente trabalho.

Quadro 4. Comparação entre a situação atual, a proposta do SCNM e o modelo proposto

	Atual	SNCM	Presente Trabalho
Forma de Identificação	Códigos Unidimensionais	Códigos Bidimensionais	Etiquetas RFID
Envio de Informações ao banco de dados	Manual	Manual	Automático
Controle de estoque	Manual	Manual	Automático através da GI
Informações ao CF	Por lote	Por embalagem	Por embalagem
Verificação de disponibilidade do medicamento em determinado estabelecimento	Não é possível	Não é possível	Possível, através da disponibilidade de informações em tempo real
Descarte	Não contemplado	Não contemplado	Contemplado, através do uso da GI
Custo para implementação do modelo	Baixo	Razoável	Alto

Fonte: Autora

Dessa forma, através da análise dos diferentes modelos, pode-se entender que o modelo proposto pelo presente trabalho se difere dos outros dois modelos pela capacidade de automatização de determinadas etapas do processo.

Pode-se dizer que não apenas a capacidade de automatização é um diferencial, mas a possibilidade de se promover o descarte consciente.

O Quadro 5 coloca em detalhes todas as características das etapas do modelo proposto pelo presente trabalho, identificando onde as informações serão coletadas, a forma de armazenagem destas, os tipos de embalagens utilizadas durante o processo, e a quantidade de etiquetas que serão utilizadas.

Quadro 5. Mapeamento das etapas do modelo proposto

Etapas	Unidade Produtiva		Centro de Distribuição	Gôndola Inteligente	Cliente Final	Descarte
	Fabricação e Envase	Envio para Centro de Distribuição				
Detalhes das Etapas						
Produto	Embalagens com 30 cápsulas	Caixas com 800 embalagens de 30 cápsulas	Caixas com 800 embalagens	Embalagens com 30 cápsulas	Consumo	Embalagens vazias
Local de posicionamento da Tag	Superfície da Embalagem	Superfície da Caixa	Superfície da Caixa	Superfície da embalagem	Superfície da embalagem	Superfície da embalagem
Informações armazenadas na Tag	Código do produto, data de fabricação, validade, informações de origem, lote	Lote, embalagem relacionadas, data e horário de saída da Unidade Produtiva	Lote, embalagens relacionadas, data e horário de saída do Centro de Distribuição	Entrada/saída da Gôndola	Data de reembalagem, código produto, validade, lote	Retorno à gôndola
Método de Inserção de Informações	Manual	Automático*				
Forma de Transmissão de dados	Wireless	GPRS	Wireless/ GPRS	Wireless		

*Automático- Através da interação das tags com as antenas, posicionadas em cada etapa do processo.

Fonte: Autora

No modelo proposto por este trabalho, há necessidade de se padronizar a GI nos diferentes hospitais e postos de saúde, viabilizando também a conexão com o sistema já utilizado pelas empresas da CS. Desta forma, será reduzida a perda de informações durante as diferentes etapas.

A etiqueta considerada nas diferentes etapas é a passiva, de forma a tornar o modelo mais competitivo em relação ao mercado, já que ela representa um menor custo em relação à ativa e à semipassiva.

É importante salientar que a segurança da informação é essencial ao processo, sendo necessária a criptografia das informações, *logins* e senhas individuais para o acesso ao sistema na nuvem. Isso garantirá que cada usuário tenha acesso apenas as informações relevantes.

É possível identificar algumas vantagens do modelo proposto em relação ao atual e o proposto pelo SNCM, como:

- Rastreabilidade de todo o ciclo de vida do produto;
- Informações das diferentes etapas centralizadas em um mesmo banco de dados e disponibilizadas de forma mais rápida que a atual;
- Alinhamento de todos os elos da cadeia;
- Possibilidade de diminuição de falta de medicamento;
- Possibilidade de orientação ao CF sobre onde encontrar o medicamento.

3.4 MODELO CONCEITUAL DE SIMULAÇÃO

Esta seção tem como objetivo apresentar o modelo conceitual de simulação, elaborado com o simulador ARENA, que foi utilizado para reproduzir a CS de medicamentos, tanto do modelo atual, como do modelo proposto pelo presente trabalho.

Através da simulação foram analisados os seguintes fatores:

- As principais vantagens do modelo proposto em relação ao modelo atual;
- Fatores que serão mitigados com a implementação do modelo proposto em relação ao atual;
- Possíveis aumentos no custo de implementação do modelo proposto quando comparado ao modelo atual.

As simulações realizadas através de softwares são utilizadas para reproduzir processos complexos que não são fáceis de serem modelados. Na área de logística e CS, estas podem ser utilizadas para investigar como os elos da cadeia se comportam de forma integrada, demonstrando o dinamismo da cadeia de abastecimento (MEMARI et al., 2013).

No caso do presente trabalho, a simulação visa entender não apenas os diferentes elos da cadeia, mas também garantir que o objetivo do modelo proposto foi atingido em relação a não ruptura de estoque nos centros de saúde e hospitais e o controle do roubo de medicamentos.

Este último caso já foi estudado por Lee, Cheng e Leung (2004), que utilizaram um modelo de simulação para medir o impacto da tecnologia RFID em uma determinada CS, considerando como elos o fabricante, o CD e o mercado consumidor. Através deste estudo, os autores puderam perceber os benefícios que a inserção da tecnologia de RFID pode trazer para a CS, como: economia de trabalho (através da coleta e inserção de dados nas etiquetas de forma automática), maior controle de estoque e dos elos presentes na CS.

O software de simulação ARENA foi escolhido para simular o modelo proposto pelo presente trabalho por ser um dos mais populares em pesquisas que necessitam simular a CS. Exemplos de trabalhos que utilizaram esse software são: suprimentos de produtos eletrônicos (PERSSON et al., 2002), indústria automotiva (MEMARI et al., 2013), entre outros diversos produtos.

Para construir o modelo conceitual de simulação deste trabalho, levou-se em consideração:

- Etapas que o medicamento passa ao longo de sua vida útil;
- Tempo que o medicamento leva em cada etapa e os processos presentes nas mesmas;
- Locais onde ocorrem os roubos de medicamentos ao longo da CS e a quantidade de medicamentos que é roubada nos dias atuais;
- Quantidade de medicamento que pode ser roubada ao longo do processo.

A Figura 9 representa o modelo conceitual de simulação, detalhando o que será processado em cada uma das etapas, e especificando o que cada uma representa na CS de medicamentos.

Figura 9. Modelo conceitual de simulação

Fonte: Autora

Dessa forma, foram simulados os diferentes cenários:

- **Cenário 1:** Modelo atual utilizado para distribuição de medicamentos antirretrovirais, com período de reposição de medicamentos de 30 dias e casos de roubo entre CS-CD, CD-GI e no próprio centro de saúde;
- **Cenário 2:** Modelo proposto pelo presente trabalho, utilizando as mesmas condições em relação ao roubo de medicamentos do modelo atual (casos de roubo entre CS-CD, CD-GI e no próprio centro de saúde) e reposição de acordo com a necessidade dos elos da CS;
- **Cenário 3:** Modelo proposto pelo presente trabalho, considerando diminuição de 10% no roubo de medicamentos entre CS-CD, CD-GI e no próprio centro de saúde. Quantidade de número de medicamentos roubados de acordo com a literatura (CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2011).

O cenário 3 apresenta quantidade de medicamentos roubados de 0% entre CD-GI e no próprio centro de saúde. Esse número se deve a simulação de um modelo hipotético, onde se considera uma queda, a qual se baseia na literatura, uniforme para todos os elos envolvidos. Para validação desse número e distribuição para os diferentes elos da CS descrita no presente trabalho, se faz necessário a implementação do sistema em uma situação real.

Cada cenário simulado apresentou determinadas diferenças entre as etapas da CS, dessa forma os próximos tópicos apresentam em detalhes as diferenças de simulação de cada etapa da CS nos diferentes cenários.

3.4.1 PROCESSOS E PARÂMETROS DA UNIDADE PRODUTIVA

Para comparar e avaliar o modelo proposto, a presente etapa será separada em UP atual e UP proposta, para viabilizar a comparação do cenário atual com o proposto pelo trabalho.

Sabe-se que a UP produz cerca de 100 mil medicamentos por dia (PORTAL BRASIL, 2014), porém, para que não houvesse acúmulo de medicamentos, adaptou-se o processo de simulação, permitindo que sempre houvesse pelo menos uma caixa disponível na UP e pelo menos uma no CD.

Dessa forma, considerando um caso de demanda de 150 pacientes na cidade de Iguatu- CE, a qual é abastecida pelo CD de Fortaleza, tem-se a necessidade de cinco embalagens de medicamento por paciente, o qual consome seis cápsulas duas vezes ao dia, resultando em aproximadamente 800 medicamentos (RIBEIRO; SILVA, 2016).

Para a simulação da etapa de transporte da UP até o CD, foi considerada uma média de dois dias de viagem, considerando o transporte da UP Farmanguinhos até o CD de Fortaleza (aproximadamente 2.865 km) (OPOVO, 2017).

A representação desta etapa do processo no software Arena para o modelo atual e proposto é a mesma, necessitando do uso de alguns componentes do sistema, conforme demonstrado na Figura 10.

As diferenças de simulação da UP no modelo atual em relação ao modelo proposto podem ser verificadas no Quadro 6. A principal diferença encontrada é a que no modelo proposto o medicamento só será liberado quando houver espaço na GI, enquanto que no modelo atual a atualização do estoque disponível nos hospitais e centros de saúde não se dá de forma diária, mas mensal (SICLOM, 2016). Dessa forma, há um aumento no número de viagens ao CD no modelo proposto pelo presente trabalho.

A produção de medicamentos vai sendo ajustada de acordo com a demanda, dessa forma, o sistema se regula de forma automática, não havendo acúmulo de estoque na indústria farmacêutica no modelo proposto pelo presente trabalho.

Figura 10. Representação da etapa UP no software Arena

Fonte: Autora

Quadro 6. UP: Modelo Atual versus Modelo Proposto

Etapa	Tipo da etapa	Tipo da entidade Saída	Modelo Atual- Cenário 1	Modelo Proposto – cenário 2	Modelo Proposto- Cenário3
Criação de Medicamentos	Criação	Medicamentos	Variável - 100/dia	Variável – 500/dia	Variável – 400/dia
Entrada Estoque Farmacêutica	Entrada	Medicamentos	N/A	N/A	N/A
Contagem Medicamentos Farmacêutica	Atribuição	Medicamentos	Contagem medicamentos no sistema	Contagem medicamentos no sistema	Contagem medicamentos no sistema
Estoque Farmacêutica	Captura	Medicamentos	Liberar medicamentos para o CD	Liberar medicamentos quando a GI tiver menos que a demanda mensal em estoque, ou seja, 800 medicamentos	Liberar medicamentos quando a GI tiver menos que a demanda mensal em estoque, ou seja, 800 medicamentos
Saída Estoque Farmacêutica	Liberação	Medicamentos	Liberar espaço no estoque para medicamentos	Liberar medicamento para Gôndola; liberar estoque	Liberar medicamento para Gôndola; liberar estoque
Criação de Caixas	Lote	Caixas	Criação de caixas de medicamentos	Criação de caixas de medicamentos	Criação de caixas de medicamentos
Saída Farmacêutica	Saída	Caixas	Saída de caixas da farmacêutica e início do transporte para CD	Saída de caixas da farmacêutica e início do transporte para CD	Saída de caixas da farmacêutica e início do transporte para CD
Início Transporte 1	Entrada	Caixas	800 embalagens indo para o CD	800 embalagens indo para o CD	800 embalagens indo para o CD
Viagem ao CD	Processo	Caixas	2 dias de viagem	2 dias de viagem	2 dias de viagem
Fim do Transporte 1	Saída	Caixas	800 embalagens no CD	800 embalagens no CD	800 embalagens no CD

Fonte: Autora

Após o processo na UP, o medicamento vai para o CD, o qual terá os seus processos e parâmetros de simulação detalhados no tópico 3.4.2.

3.4.2 PROCESSOS E PARÂMETROS DO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO

As caixas, ao chegarem no CD, são separadas de acordo com a necessidade de cada hospital e centro de saúde e carregadas em caminhões com capacidade para embalagens.

No caso dos pacientes de Iguatu - CE, a distância do centro de saúde ao CD mais próximo, o qual fica em Fortaleza- CE, é de 421 km. Dessa forma, considerando a velocidade média do caminhão de 90 km/h, tem-se que o tempo necessário para disponibilizar o medicamento é de aproximadamente um dia, considerando o horário comercial (RIBEIRO; SILVA, 2016).

Durante essa etapa, devido ao transporte ser rodoviário, considerou-se a possibilidade de roubos de carga durante o trajeto dos medicamentos (possibilidade de roubo da farmacêutica até o CD e do CD até os centros de saúde e hospitais, conforme especificado na Figura 9). A média de medicamentos que são roubados neste trajeto é proveniente das informações contidas em Cruz et al. (2012) e da ANVISA nos períodos de 2014/2015/2016, a qual divulga o medicamento roubado, tipo de carga, localização, entre outras informações (ANVISA, 2016).

A Figura 11 representa essa etapa do processo no software ARENA.

Figura 11. Representação da etapa CD no software Arena

Fonte: Autora

Quando comparada a mesma etapa para os diferentes processos, o que é representado no Quadro 7, tem-se que a comunicação de um medicamento roubado no modelo proposto pode ser realizada de forma mais rápida, de forma a garantir que não haja falta de medicamento no sistema, notificando a UP.

Quadro 7. Comparação do modelo atual e proposto para a etapa do CD

Etapas	Tipo da etapa	Tipo da entidade Saída	Modelo Atual – Cenário 1	Modelo Proposto – Cenário 2	Modelo Proposto – Cenário 3
Entrada CD	Entrada	Caixas	800 embalagens entrando no CD	800 embalagens entrando no CD	800 embalagens entrando no CD
Processo dentro do CD	Processo	Caixa	30 dias	Liberar apenas quando estoque GI < 800 medicamentos	Liberar apenas quando estoque GI < 800 medicamentos
Medicamento seguiu viagem?	Decisão	Caixa	Contabilização do lote	Contabilização do lote	Contabilização do lote
Saída do CD	Saída	Caixa	Medicamento vai para a unidade de saúde/hospitais	Medicamento vai para a unidade de saúde/hospitais	Medicamento vai para a unidade de saúde/hospitais
Contagem dos medicamentos roubados	Separação	Medicamentos	Contagem medicamentos roubados	Contagem medicamentos roubados	Contagem medicamentos roubados
Liberação do Sistema	Liberação	Medicamentos	N/A	Libera-se espaço no estoque da UP	Libera-se espaço no estoque da UP
Medicamento Roubado	Gravação	Medicamentos	Determina-se, por unidade, que o medicamento foi roubado	Determina-se, por unidade, que o medicamento foi roubado	Determina-se, por unidade, que o medicamento foi roubado
Saída Roubo 1	Finalização	Medicamentos	Medicamento é desconsiderado da CS	Medicamento é desconsiderado da CS	Medicamento é desconsiderado da CS
Início Transporte 2	Entrada	Caixa	800 embalagens indo para unidades de saúde/hospitais	800 embalagens indo para unidades de saúde/hospitais	800 embalagens indo para unidades de saúde/hospitais
Viagem para Unidades de Saúde/hospitais	Processo	Caixa	1 dia	1 dia	1 dia
Medicamento chegou?	Decisão	Caixa	Contabilização do lote	Contabilização do lote	Contabilização do lote
Fim do transporte 2	Saída	Caixa	800 embalagens no centro de saúde/hospitais	800 embalagens no centro de saúde/hospitais	800 embalagens no centro de saúde/hospitais
Contagem dos medicamentos roubados 2	Atribuição	Medicamentos	Se o medicamento foi extraviado do processo, conta-se as unidades de medicamentos	Se o medicamento foi extraviado do processo, conta-se as unidades de medicamentos	Se o medicamento foi extraviado do processo, conta-se as unidades de medicamentos
Liberação do Sistema	Liberação	Medicamentos	N/A	Libera-se espaço no estoque da farmacêutica, enviando mais medicamentos de forma automática	Libera-se espaço no estoque da farmacêutica, enviando mais medicamentos de forma automática
Medicamento roubado 2	Gravação	Medicamentos	Determina-se, por unidade, que o medicamento foi roubado	Determina-se, por unidade, que o medicamento foi roubado	Determina-se, por unidade, que o medicamento foi roubado
Saída Roubo 2	Finalização	Medicamentos	Medicamento é desconsiderado da CS	Medicamento é desconsiderado da CS	Medicamento é desconsiderado da CS

Fonte: Autora

Após ser redistribuído de acordo com a necessidade de cada centro de saúde, o CD envia os medicamentos para a unidade de saúde, a qual armazena em sua GI, para o modelo proposto pelo presente trabalho, ou no almoxarifado, no caso do modelo atual.

Os processos e parâmetros de armazenagem dos medicamentos nas unidades de saúde será descrito no tópico 3.4.3.

3.4.3 PROCESSOS E PARÂMETROS DA GÔNDOLA INTELIGENTE/ALMOXARIFADO

No modelo proposto, o medicamento quando chega ao seu destino de origem é retirado da caixa e posicionado na gôndola, de modo que esse movimento de entrada é contabilizado no banco de dados de todo o processo através da antena e do software acoplado na gôndola, de forma que todos os elos envolvidos têm acesso à mesma informação.

Já no modelo atual, o medicamento é retirado da caixa e colocado no almoxarifado, o qual tem seu estoque contabilizado de forma manual e suas informações contidas em um software compartilhado com o SICLOM.

O retorno do paciente ao hospital ou centro de saúde para obter novos medicamentos para o tratamento pode contribuir para a logística reversa no modelo proposto, o que não ocorre no modelo atual. A proposta é que o paciente possa trazer a embalagem do medicamento antigo para que seja descartada de forma consciente pelo fabricante, depositando a mesma no compartimento de embalagens da GI.

Entende-se que o tamanho da gôndola e a frequência de reposição dos medicamentos deve variar de acordo com a necessidade do número de pacientes que são atendidos em determinado hospital ou posto de saúde.

A capacidade do almoxarifado é de 1000 unidades de medicamento, considerando uma margem de segurança de 20% na variação da demanda (RIBEIRO; SILVA, 2016). No caso do almoxarifado, não há espaço para armazenamento das embalagens vazias. Já a GI o estoque de segurança é de 800, o qual pode variar de acordo com a demanda, dessa forma não há um valor fixo de estoque.

A Figura 12 demonstra as etapas de simulação com o software ARENA.

Figura 12. Representação da etapa GI/Almoxarifado

Fonte: Autora

O roubo de medicamentos presente nessa etapa é proveniente da possibilidade de roubo de medicamentos de alto valor agregado nos centros de saúde (G1, 2016).

Para o processo de simulação, considerou-se que o tempo médio que determinado medicamento permanece na gôndola ou almoxarifado é o mesmo, considerando que a variação de demanda não é constante.

O processo de logística reversa que pode ser favorecido pela GI não é simulado em comparação com o modelo atual, mas a quantidade de medicamento que é captado pode ser considerada a mesma quantidade de saída de medicamentos da GI.

O Quadro 8 demonstra que a diferença entre o modelo atual e o proposto é o envio de um novo medicamento automaticamente.

Quadro 8. GI/almoxarifado: Modelo Atual versus Modelo Proposto

Etapa	Tipo da etapa	Tipo da entidade Saída	Modelo Atual – Cenário 1	Modelo Proposto – Cenário 2	Modelo Proposto – Cenário 3
Entrada Gôndola/almoxarifado	Entrada	Lote	800 embalagens	800 embalagens	800 embalagens
Separação de Medicamentos 3	Separação	Medicamentos	Medicamentos são separados das caixas	Medicamentos são separados das caixas	Medicamentos são separados das caixas
Contagem entrada no centro de saúde	Atribuição	Medicamentos	Contagem dos medicamentos que chegaram	Contagem dos medicamentos que chegaram	Contagem dos medicamentos que chegaram
Tempo no centro de saúde	Processo	Medicamentos	Variável – Triang.(1,3,5)	Variável – Triang.(1,3,5)	Variável – Triang.(1,3,5)
Processo de saída/consumo	Liberação	Medicamentos	Retirada do medicamento pelo paciente	Retirada do medicamento pelo paciente	Retirada do medicamento pelo paciente
Medicamento saiu do centro de saúde	Decisão	Medicamentos	Verifica se toda a saída de medicamento foi por consumo	Verifica se toda a saída de medicamento foi por consumo	Verifica se toda a saída de medicamento foi por consumo
Saída Gôndola/almoxarifado	Saída	Medicamentos	Medicamento foi para consumo	Medicamento foi para consumo	Medicamento foi para consumo
Medicamento roubado 3	Gravação	Medicamentos	Determina-se, por unidade, que o medicamento foi roubado	Determina-se, por unidade, que o medicamento foi roubado	Determina-se, por unidade, que o medicamento foi roubado
Saída Roubo 3	Finalização	Medicamentos	Medicamento é desconsiderado da CS	Medicamento é desconsiderado da CS	Medicamento é desconsiderado da CS
Termino da Cadeia	Entrada	Medicamentos	Medicamento está em uso	Medicamento está em uso	Medicamento está em uso
Termino	Finalização	Medicamentos	Fim do processo de entrega do medicamento	Fim do processo de entrega do medicamento	Fim do processo de entrega do medicamento

Fonte: Autora

Uma vez na GI, o medicamento está disponível para o consumo do paciente, o qual tem seus processos descritos no tópico 3.4.4.

3.4.4 PROCESSOS E PARÂMETROS DO PACIENTE

No caso do paciente, ele tem como processo a ida até um hospital ou posto de saúde para obter o medicamento e, no caso do modelo proposto, devolver a embalagem do medicamento já consumido para o descarte pelo fornecedor do mesmo.

Por se tratar de uma etapa de consumo, só foi considerado na simulação a frequência que o paciente precisa do medicamento, bem como a quantidade de

pacientes que frequentam determinado hospital ou centro de saúde e, consequentemente, utilizarão o medicamento contido na GI.

No caso de tratamento utilizando o medicamento em questão, o usuário faz o uso deste durante 28 dias, durante os quais são realizados vários novos exames para identificar se o vírus foi combatido ou não.

3.5 SIMULAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Para comparar o modelo proposto com o atual, alguns cenários foram simulados por meio do software ARENA (o Apêndice B exemplifica a forma que os resultados são apresentados no software).

No Cenário 1 considerou-se o modelo atual, com o número de ocorrências de roubo de carga da UP de acordo com a literatura (40% das ocorrências feitas por farmacêuticas, pelo o que se atribui que o roubo se deu antes de chegar ao CD), considerando como premissa que as demais possibilidades de roubo durante o trajeto tenham a mesma proporção (CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2011). Nos demais trajetos são considerados 10% de roubos, pois conforme o Centro de Vigilância Sanitária (2011), as farmacêuticas reportam 40% a mais de casos de roubo que os demais elos, logo os demais representam um quarto dos casos.

No Cenário 2 considerou-se o mesmo número de ocorrências de roubo de medicamentos. O Cenário 3 considerou uma diminuição de 10% de ocorrências (CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2011).

Todos os cenários mostrados no Quadro 9 foram simulados durante o período de cinco anos (tempo inicial no qual o governo pretendia implementar o modelo de rastreabilidade), utilizando como valores resultantes uma média de três replicações (devido ao tempo gasto entre as simulações) e um tempo de *warm up* de 30 dias (tempo necessário para um paciente voltar ao centro de saúde).

Dessa forma, comparou-se os três cenários nos seguintes fatores:

- Quantidade de medicamentos entregues aos pacientes;
- Quantidade de medicamentos roubados;
- Eficiência do sistema em cada cenário, ou seja, quantidade de medicamentos entregues aos pacientes de acordo com a quantidade produzida.

Quadro 9. Comparação entre cenários e parâmetros

	Nº de Ocorrências (%)		
	Quantidade roubada entre UP- CD	Quantidade roubada entre CD – Centros de Saúde	Quantidade roubada nos Centros de Saúde
Cenário 1	40%	10%	10%
Cenário 2	40%	10%	10%
Cenário 3	30%	0%	0%

Fonte: Autora

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos pela simulação dos três cenários, onde é possível comparar:

- **Medicamentos produzidos:** quantidade de medicamentos que foram produzidos para cada cenário;
- **Medicamentos que saíram do sistema:** quantidade de medicamentos que saíram através de entregas para o paciente e roubos de carga;
- **Medicamentos entregues:** medicamentos que foram entregues ao paciente;
- **Medicamentos roubados:** medicamentos que saíram do sistema através de roubo de carga;
- **Medicamentos em estoque no sistema:** quantidade de medicamentos que foram produzidos em excesso, os quais ficaram armazenados na UP, CD e GI/almoxxarifado;
- **Eficiência do sistema:** quantidade de medicamentos entregues/ quantidade de medicamentos produzidos;
- **Roubo/entregue (%):** quantidade de medicamentos roubados em relação aos medicamentos que foram entregues em porcentagem.

Tabela 1. Resultados da simulação dos 3 cenários

	Medicamentos produzidos	Medicamentos que saíram do sistema	Medicamentos Entregues	Medicamentos Roubados	Medicamentos em estoque no sistema	Eficiência do Sistema	% roubo/ entregues
Cenário 1	180.800	48.000	23.275	24.725	132.800	13%	106%
Cenário 2	902.667	902.457	441.483	460.974	210	49%	104%
Cenário 3	722.133	720.292	506.425	213.867	1.841	70%	42%

Fonte: Autora

A diferença entre as quantidades de medicamentos produzidos nos diferentes cenários se deve a um ajuste no software de simulação, o qual precisa que haja um fluxo de entrada e saída de produtos dentro do sistema. Este ajuste não influenciou nos resultados obtidos, uma vez que se mantiveram os mesmos parâmetros para os diferentes elos da CS.

O Gráfico 1 demonstra a eficiência do sistema nos diferentes cenários simulados. Pode-se perceber que os Cenários 2 e 3 foram os que apresentaram maiores eficiências, o que pode ser explicado pela melhor distribuição de medicamentos, enviando de um elo para outro apenas quando há variação de demanda.

Gráfico 1 – Comparação da eficiência dos cenários simulados

Fonte: Autora

Mesmo com um menor número de medicamentos produzidos, o Cenário 1 apresentou um maior número de estoque no sistema, o que pode ser justificado pela distribuição mensal e pelo não acompanhamento em tempo real das etapas que o medicamento passa até chegar ao seu destino final, não atualizando a necessidade da CS de medicamentos.

A quantidade de medicamentos roubados em relação aos entregues aos pacientes apresenta um menor valor nos Cenários 2 e 3, demonstrando que um sistema mais eficiente traz uma maior rastreabilidade, como pode ser visto no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Comparação da quantidade de medicamentos roubados/entregues nos diferentes cenários simulados

Fonte: Autora

Comparando os Cenários 2 e 3 em relação ao Cenário 1, tem-se que ambos apresentam uma menor quantidade de medicamentos roubados/entregues, 104% e 42%, respectivamente, contra 106% no modelo atual. Dessa forma, pode-se dizer que o modelo proposto pelo presente trabalho cumpriu o objetivo de diminuir a quantidade de roubo de medicamentos.

Vale salientar que, apesar de não explicitado nos resultados de simulação, o modelo proposto não permite que o estoque da GI fique vazio, garantindo a qualidade e continuidade do tratamento pelo paciente.

A diminuição da quantidade de medicamentos roubados durante toda a CS é um fator que contribui para a consideração do modelo proposto frente ao atual. O roubo não só representa custos para a cadeia, mas também no rompimento no fluxo de medicamentos que chegam ao seu destino final, também influenciando na saúde do paciente.

Outro fator relevante, apesar de não ter sido simulado, é a oportunidade de gerenciamento da logística reversa, a qual favorece a sustentabilidade a longo prazo do sistema e contribuindo para a não contaminação do solo pelos princípios ativos presentes nos medicamentos.

4 DISCUSSÃO

Este capítulo tem como objetivo avaliar o modelo proposto, de modo que se entenda todas as etapas, desde a UP até o CF, desdobrando os resultados encontrados e problemas enfrentados.

4.1 AVALIAÇÃO DE CADA ETAPA DO MODELO PROPOSTO

O modelo proposto contou com quatro etapas bem definidas: UP, CD, GI e CF, as quais tiveram seus processos simulados e integrados utilizando o software ARENA.

De maneira geral, o presente trabalho teve como contribuição principal a proposta de um modelo alternativo ao SNCM, tendo como vantagens a diminuição de medicamentos roubados ao longo da CS e diminuição da ruptura de estoque quando comparado ao modelo atual.

Descrevendo cada etapa, pode-se dizer que a UP no modelo proposto apresentou maior eficiência, pois foi possível realizar ajustes em sua produção que mantivessem o nível de serviço do sistema.

O uso de uma produção que tinha como força motriz uma expressão e não uma constante, possibilitou adequar o sistema a um caso real, onde se tem condições adversas como quebra de máquinas, ausência de funcionários e variação da demanda.

Devido às grandes áreas ocupadas por medicamentos e pela variedade de produtos em um mesmo espaço, o CD pode apresentar várias melhorias com o modelo proposto. Essas melhorias, apesar de não serem demonstradas no presente trabalho, podem ser ilustradas pelo estudo de caso de PINTO et al. (2015), o qual tem uma proposta muito próxima ao modelo proposto pelo presente trabalho.

Através deste estudo de caso, percebe-se que a inserção de um sistema de gerenciamento de estoque, atrelado com a automatização de controle de pallets e caixas e, aumento da frota de transporte, garantem uma melhor distribuição de medicamentos e economia para o CD.

Outro ganho relevante do modelo proposto para o CD é a possibilidade de acompanhamento tanto da carga que está chegando, quanto da que está saindo do CD, possibilitando a diminuição da frequência de roubo de carga.

O atrelamento de forma automática de determinada carga ao caminhão que a transporta, bem como a possibilidade de acompanhar o trajeto deste caminhão, garante um maior controle do trajeto e segurança.

O maior controle das demandas, garante também para o CD a possibilidade de roteirização de seus trajetos, diminuindo o custo de viagens.

Mesmo com o aumento da segurança, caso haja roubo de mercadoria, é possível alinhar todos os elos de forma mais rápida que a atual. Outro ponto no modelo proposto por este trabalho é que, caso um determinado lote seja roubado, evidencia-se de forma rápida que aqueles medicamentos podem não estar mais na qualidade adequada para consumo.

Dessa forma, quando um lote é roubado, além de evidenciar os medicamentos que não estão mais com qualidade para consumo, pode-se requisitar um novo lote de forma automática, garantindo que não haja quebra de estoque na ponta da CS de medicamentos.

Assim como em Silva et al. (2011), o modelo proposto utilizando a GI visa promover uma cadeia enxuta através da logística puxada, ou seja, produzir e entregar somente o que é solicitado pelo consumidor final.

Quando se fala de descarte pelo modelo proposto no presente trabalho, tem-se, de acordo com Kiritsis et al. (2011), que a logística reversa promove duas possibilidades: há casos em que a embalagem pode ser reaproveitada pela indústria, voltando para a etapa de produção e há casos em que a embalagem não consegue ser reutilizada e é incinerada de forma adequada.

Atualmente há alguns projetos pioneiros para o descarte consciente das embalagens de medicamentos, porém são projetos privados, os quais não contam com subsídios do governo.

Um desses projetos é o Descarte Consciente, o qual possui gôndolas em uma determinada rede de farmácias. O usuário deposita a embalagem de determinado medicamento na gôndola e a mesma informa quanto em volume de água o usuário preservou (DESCARTE CONSCIENTE, 2017).

O projeto recolhe essas embalagens e faz a separação dos materiais, reutilizando ou incinerando em alguns casos.

Dessa forma, pode-se dizer que a logística reversa no caso de medicamentos não apenas previne a contaminação dos lençóis freáticos (BIDONE, 2001), mas também pode contribuir para uma economia de compra de matéria-prima da UP.

Para a implementação de um modelo que não apenas objetiva a eficiência e economia dos elos de sua cadeia, mas também a inserção de uma etapa ainda não existente, que é logística reversa, sabe-se que é necessário um incentivo governamental (MACHADO, 2000).

A implementação do modelo proposto exige investimentos em tecnologias e sistemas de integração, além de tempo para adaptação.

Desde a compra de antenas, etiquetas, gôndola e a manutenção desses sistemas, é necessário que o governo subsidie ou isente as indústrias farmacêuticas de algum imposto para que o modelo proposto seja implementado sem atrasos. Posteriormente, o modelo prova o seu valor, porém o custo inicial de implementação pode colocar em risco a adoção, o que já vem sendo observado pelo modelo proposto pelo SNCM.

O paciente, que hoje sofre com a ausência de medicamentos em determinados hospitais e centro de saúde público, tem a garantia que o medicamento estará disponível quando necessário.

O consumidor final pode ter informações da disponibilidade de seu medicamento em determinado hospital, ou caso ele não esteja próximo ao seu local de retirada do medicamento, retirar no local que tenha seu medicamento disponível.

Esse tipo de informação ao consumidor final já está disponível em cidades como São Paulo, através do aplicativo para celular “Aqui tem remédio” (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017). O aplicativo possibilita encontrar seu medicamento distribuído gratuitamente em um local mais próximo.

Apesar da centralização da disponibilidade de determinado medicamento, alguns não tem o fornecimento de informações no aplicativo, como é o caso do medicamento utilizado para estudo no presente trabalho, o Ritonavir (Figura 13).

Figura 13. Resultado da busca pelo Ritonavir no “Aqui tem remédio”

Buscar Medicamento

Caso o Medicamento informado não tenha sido encontrado, verifique o nome ou [veja aqui](#) a lista dos medicamentos disponibilizados pela Prefeitura

digite o endereço ✕

Exemplo: Praça da República, São Paulo

digite o nome do medicamento

Exemplo: omeprazol

ritonavir (RTV) 100 mg comprimido ✕

Este remédio é exclusivo para pacientes em tratamento de HIV/AIDS. Informações adicionais podem ser obtidas nas Unidades Básicas de Saúde.

Limpar Buscar

Ajude a melhorar este aplicativo. Envie suas sugestões para aquitemremedio@prefeitura.sp.gov.br

Fonte: PREFEITURA DE SÃO PAULO (2017)

A implementação do modelo proposto pelo presente trabalho poderá trazer não apenas economia para a CS de medicamentos, mas a diminuição no número de casos de roubos de medicamentos, sustentabilidade para o processo de produção e distribuição de medicamentos, podendo melhorar a qualidade de vida do paciente.

Mesmo sem a implementação em um caso real, o estudo de caso em PINTO et al. (2015), já demonstrou que a radiofrequência, um sistema de gestão de estoque, entre outras melhorias, pode garantir uma economia de R\$630 milhões para o distribuidor.

Dessa forma, tendo em vista essa economia, para implementar o modelo proposto pelo presente trabalho, o governo poderia investir ou ajudar a subsidiar as GIs e toda a estrutura necessária para colocar o modelo para funcionar.

Já a indústria tem como principal função se adequar ao novo sistema de forma rápida, entendendo a necessidade e o ganho que o mesmo deve trazer

também para a sua produção, pois, através do novo sistema proposto, é possível adequar estoque e demais custos, podendo prever a demanda.

Assim, uma vez que esse alinhamento e compartilhamento de indústria e governo seja realizado, será mais fácil replicar esse novo modelo para a produção não apenas de medicamentos de alto valor agregado, mas para os demais medicamentos também, otimizando a produção e controlando os medicamentos disponibilizados para toda a população.

Outro fator importante é que, a economia na implementação do modelo com GI não está apenas na previsão de demanda, mas no combate à falsificação e roubo de medicamentos, diminuindo os custos das indústrias com grandes empresas de segurança.

A diminuição de medicamentos falsificados fará não apenas que a indústria economize, mas garantirá a qualidade dos medicamentos consumidos pela população, que hoje não sabe a origem do produto que utiliza.

5 CONCLUSÃO

Tem-se que o modelo proposto pelo presente trabalho apresenta a possibilidade de diminuir a quantidade de medicamentos roubados e falsificados, além de ajudar a garantir que uma maior quantidade de medicamentos seja entregue ao consumidor final, atingindo seu objetivo inicial. Os resultados só foram possíveis devido ao uso de tecnologias como RFID, GIs, aparados pelo conceito de IoT.

A capacidade de adequar a CS à variação da demanda pelo medicamento, garante que o estoque dos centros de distribuição e hospitais não fique sem medicamentos disponíveis no modelo proposto, solucionando o problema de falta de estoque.

O presente trabalho visou apresentar uma alternativa ao modelo proposto pelo SNCM. Espera-se que esse modelo seja base para pesquisas futuras na área de rastreabilidade de medicamentos.

Em pesquisas futuras, o modelo proposto por este trabalho pode ser aprofundado, visando uma maior contribuição.

Os aspectos a seguir são possíveis aprofundamentos:

- Simular toda a CS de suprimentos de uma mesma indústria farmacêutica, utilizando seus dados para adequar os processos propostos pelo modelo;
- Utilizar dados reais para mensurar quantidade de etiquetas necessárias em uma determinada CS, visando entender o custo de implementação do modelo proposto;
- Utilizar o modelo para simular a cadeia de suprimentos de outros tipos de medicamentos, como por exemplo, medicamentos de baixo valor agregado;
- Simular através de outros softwares de simulação, a forma com que as etiquetas de RFID devem ser dispostas ao longo da CS, de modo que favoreça o modelo de rastreabilidade;
- Visando entender a interação entre RFID e RSSF, deve-se entender de que forma seria um modelo que houvesse clara interação entre essas tecnologias, simulando, através de softwares, a melhor disposição entre as mesmas, quantidades necessárias de etiquetas e sensores;

- Através da simulação de um sistema com tecnologias de RFID e RSSF, entender o custo de implementação deste modelo e o retorno sobre o investimento para se valer na prática;
- Pesquisa futuras podem criar um aplicativo para uso do paciente, de forma que o mesmo tenha a visão de onde está disponível o medicamento do qual ele faz uso contínuo, não impactando em seu tratamento.

Procurar formas de melhorar a saúde da população, utilizando as tecnologias disponíveis, deve ser a força motriz de pesquisas futuras, para que tenhamos mais casos de sucesso na literatura.

REFERÊNCIAS

- ABCFARMA - Associação Brasileira do Comércio Farmacêutico. **Indústria, Crescimento Consistente**. Disponível em: <<http://www.abcfarma.org.br/noticias/industria-crescimento-consistente.html>>. Acesso em 04 mai. 2015.
- ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Estudo para o fomento do uso de etiquetas inteligentes nos setores de comércio e serviços logísticos - 2015. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1443720340.pdf>. Acesso em 20 de mar. 2017.
- ANMAT. **Sistema de Trazabilidad Prod. Médicos – Acerca del Sistema**. Disponível em: <http://www.anmat.gov.ar/trazabilidad_pm/Acercade.asp>. Acesso em 10 de jan. 2017.
- ANVISA. **Roubos, Furtos e Extravios**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/roubos-furtos-e-extravios>>. Acesso em 12 jul. 2016
- ANVISA. **Medicamentos roubados, furtados ou extraviados em 2014**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/bba20d8046d39a8588dffc2e64280806/MEDICAMENTO_S+31-12-2014.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em 25 jul. 2015
- ANVISA. **Rastreamento de Medicamentos- Proposta de Resolução- 40ª Reunião ordinária.do Conselho Consultivo Anvisa - 2013**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d499818040294bbfa950f9dc5a12ff52/CCA_40_RO_Rastreabilidade_de_Medicamentos.ppt?MOD=AJPERES>. Acesso em 03 mai. 2015
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. **The Internet of Things: A Survey**. In **Computer Networks**, v.54, 2010, pages 2787-2805.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. Editora Bookman, Porto Alegre, RS, 2006.
- BANKS, L. **EU stakeholders form medicines traceability organization**. 2015. Disponível em: <<http://pharmaphorum.com/news/eu-stakeholders-form-medicines-traceability-organisation/>>. Acesso em: 25 de jan. 2017.
- BIDONE F. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.
- BORLINA FILHO, V. **Saúde atrasa distribuição e falta de remédio expõe doente grave a risco (2016)**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2016/02/1743067-saude-atrasa-distribuicao-e-falta-de-remedio-expoe-doente-grave-a-risco.shtml>>. Acesso em 15 jan. 2017.
- BOWERSOX, D. J.; D. J. CLOSS e D. J. COOPER. **Supply Chain Logistics Management**. McGraw-Hill Publisher, New York, USA, 2002.
- CARVALHO, S. C. P.; GOMES, J. P. T.; **Gerência de RSSF para controle de temperatura e umidade em ambientes de saúde**. Computer on the beach – Concurso de trabalhos técnicos, 2013.
- CAVALCANTI, H. **Brasil tem mais de 240 mil processos na área da Saúde**. 2011. Disponível em: <<http://www.cnj.jus.br/noticias/cnj/56636-brasil-tem-mais-de-240-mil-processos-na-area-de-saude>>. Acesso em 03 de mai 2016.
- CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **1/3 dos remédios de SP são roubados em outros estados**. 2011. Disponível em: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/release_rbcarga.pdf>. Acesso em 02 de out. 2016.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation** (4ªed.). Pearson Education, New Jersey, USA, 2010.

COOPER, M. C., LAMBERT, D. M., PAGH, J. D. **Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics**. The International Journal of Logistics Management, Vol. 8 Iss 1, 1997, pp. 1 – 14.

CRUZ, E. P.; FONTANILLAS, C. N.; SILVA, W. B.; SILVA, F. N. S. **Um estudo da cadeia de suprimentos dos medicamentos do programa municipal de DST/AIDS de Macaé**. XVII Congresso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Cartagena, Colombia, 2012.

CUNHA, J. **Rastreabilidade de medicamentos divide a indústria farmacêutica**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/06/1644246-rastreabilidade-de-medicamentos-divide-a-industria-farmaceutica.shtml>> Acesso em 06 ago. 2015.

DASKIN, M. S. **Logistics: an overview of the state of the art and perspectives on future research**, Transportation Research-A, v.19A, n.5/6, 1985, p.383-393.

DEPARTAMENTO DE IST, AIDS E HEPATITES VIRAIS - IST. **Brasil vai produzir Ritonavir (2010)**. Disponível em: <http://www.aids.gov.br/noticia/brasil-vai-produzir-ritonavir>. Acesso em: 11 out. 2015.

DESCARTE CONSCIENTE. Disponível em: www.descarteconsciente.com.br. Acesso em 15 fev. 2017.

EFMI-European Federation for Medical Informatics. **EFMI WG Trace – Trace ability of Supply Chains, 2009**. Disponível em: <http://www.helmholtz-muenchen.de/ibmi/efmi/index.php?option=com_content&task=view&id=1084&Itemid=262>. Acesso em 04 mai. 2015.

EFPIA. **European Pack Coding Guidelines (2013)**. Disponível em: <[http://www.efpia.eu/uploads/images/EFPIA%20European%20Pack%20Coding%20Guideline%20V3_6%20\(Final\).pdf](http://www.efpia.eu/uploads/images/EFPIA%20European%20Pack%20Coding%20Guideline%20V3_6%20(Final).pdf)>. Acesso em 12 de fev.2017.

ESTADÃO CONTEÚDO. **Hypermarcas faz recall voluntário de medicamentos por falha em pesagem**. Disponível em: < <http://istoe.com.br/hypermarcas-faz-recall-voluntario-de-medicamentos-por-falha-em-pesagem/>>. Acesso em 29 de mar. 2017.

EUROPEAN COMMISSION. **Directive 2011/62/EU of the European Parliament and the council of 8 June 2011**. Disponível em: < https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/files/eudralex/vol-1/dir_2011_62/dir_2011_62_en.pdf>. Acesso em 12 de jan. 2017.

EUROPEAN COMMISSION. **Safety features for medicinal products for human use- Questions and Answers- V5 (2016)**. Disponível em: < http://ec.europa.eu/health/sites/health/files/files/falsified_medicines/qa_safetyfeature_v5_0.pdf>. Acesso em 12 de jan. 2017.

FARM TO FORK. Disponível em: < <http://www.rfid-f2f.eu/details.asp?id=1608> > .Acesso em 14 out. 2015.

FDA. **Drug Supply Chain Security Act (DSCSA) – Title II of the Drug Quality and Security Act of 2013**. Disponível em : < <https://www.fda.gov/Drugs/DrugSafety/DrugIntegrityandSupplyChainSecurity/DrugSupplyChainSecurityAct/>>. Acesso em 22 de fev. 2017.

FIGUEIREDO, T. **Falta de medicamentos pode ter causado mortes (2006)**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff2104200602.htm>>. Acesso em 15 jan. 2017.

G1. **Quadrilha que desviava remédios participava de licitações, diz Gaeco (2016)**. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2016/05/quadrilha-que-desviava-remedios-participava-de-licitacoes-diz-gaeco.html>. Acesso em 23 de jun. 2016.

GILCHRIST, A. **DSCSA Track- and- Trace: Next Steps for pharmacists (2015)**. Disponível em: < <http://www.pharmacytimes.com/news/dscsa-track-and-trace-next-steps-for-pharmacists>>. Acesso em 12 jan. 2017.

GLISIC, S., LORENZO, B.; **Advanced Wireless Networks**. Second edition, John Wiley & Sons Publishing Company, United Kingdom, 2009.

GOVERNO DO BRASIL. **LEI Nº 11.903. 14/01/2009**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11903.htm> Acesso em 01 abr. 2017.

GS1. **Códigos e Padrões**. Disponível em: < <https://www.gs1br.org/codigos-e-padroes> >. Acesso em 10 out. 2015.

GS1. **EPC/RFID**. Disponível em: < <https://www.gs1br.org/codigos-e-padroes/epc-rfid>>. Acesso em 27 ago. 2017.

GS1. **Hospital Moinhos de Vento: GS1 DataMatrix pela segurança do paciente**. Disponível em: < <https://www.gs1br.org/educacao-e-pratica/cases/hospital-moinhos-de-vento>>. Acesso em 10 out. 2016.

GS1. **RFID Solution developed by Geodis for the Dijon Hospital (2008)**. Disponível em: <http://www.gs1.org/docs/healthcare/events/110208/RFID_Dijon_Hospital.pdf>. Acesso em 15 set. 2015

GS1. **Successful cases of traceability in the healthcare sector in Argentina (2014)**. Disponível em: < http://www.gs1.org/docs/healthcare/Healthcare_local_cases_GS1_Argentina.pdf>. Acesso em 27 de jan 2017.

GUBBI, J., BUYYA, R., MARUSIC, S., PALANISWAMI, M. **Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions**. Future Generation Computer Systems, v.29, 2013, p. 1645-1660.

HDA. **Pharmaceutical Traceability**. Disponível em: < <https://www.healthcaredistribution.org/issues/pharmaceutical-traceability>>. Acesso em 12 de jan. 2017.

JANK, M. S.; NASSAR, A. M. **Competitividade e globalização**. In: Economia e gestão dos negócios agroalimentares : indústria de alimentos, indústria de insumos, produção agropecuária, distribuição[S.l: s.n.], 2000.

JONES, P.; HILL, C. C.; HILLIER, D.; COMFORT, D. **The benefits, challenges and impacts of radio frequency identification technology (RFID) for retailers in the UK**. Marketing Intelligence & Planning, vol.23, 2005, pp. 395- 402.

JURAN, J. M.; GODFREY, A. B. **Juran's Quality Handbook** (5ªed.). McGraw-Hill Publisher, USA,1999.

KIRITSIS, D.; **Closed – loop PLM for intelligent products in the era of the Internet of things**. Computer – Aided Design. Vol. 43, 2011, pp. 479-501.

KELEPOURIS, Thomas, PRAMATARI, Katerina e DOUKIDIS, Georgios. **RFID-enabled traceability in the food supply chain**. Industrial Management & Data Systems, v. 107, n. 2, 2007, p. 183-200.

LEE, Y. M.; CHENG, F.; LEUNG, Y.T. **Exploring the impact of RFID on supply chain dynamics**. Proceedings of the 2004 winter simulation conference, Washington, 2004, pp. 1145-1152.

LOVIS, C. **Traceability in Healthcare: Crossing Boundaries**. IMIA Yearbook of Medical Informatics, 2008, p.105-113.

MACHADO, R. T. M. **Rastreabilidade, Tecnologia da Informação e Coordenação de Sistemas Agroindustriais**, 224f. Tese (Doutorado em Administração) – Faculdade de Economia Administração

e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MEMARI, A.; ZAHRAEE, S. M.; ANJOMANSHOAE, A.; RAHIM, A. R. B. A. **Performance assessment in a production- distribution network using simulation**. Caspian Journal of Applied Sciences Research, 2013, pp. 48-56.

METZNER, V. C. V.; CUGNASCA, C.E. **Modelo de rastreabilidade de medicamentos usando RFID e o conceito de internet das coisas**. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEPE, 2015, Fortaleza, CE. Anais do XXXV ENEGEPE - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015, v.1

METZNER, V.; SILVA, R. F.; CUGNASCA, C. E. **Modelo de rastreabilidade de medicamentos utilizando identificação por radiofrequência, redes de sensores sem fio e o conceito de internet das coisas**. In: XXVIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2014, Curitiba, PR. Anais do XXVIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2014. v. 1. p. 1-12.

MOORI, Roberto G., POPADIUK, Silvio, MARCONDES, Reynaldo C. e CARUSO, Claudio R. W. **Alinhamento da Cadeia de Suprimentos entre a Indústria de Medicamentos e as Farmácias e Drogarias sob a Perpectiva das Dimensões da Informação**. EnANPAD – Encontro da Associação Nacional de Pós- Graduação e Pesquisa em Administração, Brasília, Distrito Federal, 2005.

NOGUEIRA, Ellen e NETO, Gonzalo V. **Falsificação de Medicamentos e a Lei nº 11.903/09: Aspectos Legais e Principais Implicações**. Revista de Direito Sanitário, São Paulo, v.12, n.2, 2011, p.112-139.

OPOVO. **Abastecimento de remédio é desafio da saúde em Fortaleza**. Disponível em: < <http://www.opovo.com.br/jornal/cotidiano/2017/02/abastecimento-de-remedios-e-desafio-da-saude-em-fortaleza.html>>. Acesso em 23 de mar. 2017.

PAVANI, L. **Faturamento do Mercado farmacêutico cresce 12% no primeiro trimestre de 2015**. Disponível em: <<http://maringa.odiario.com/economia/2015/04/faturamento-do-mercado-farmaceutico-cresce-12-no-primeiro-trimestre-de-2015/1383679/>>. Acesso em 13 abr. 2015.

PAES, L. R.A. **Uma investigação sobre o uso da informação na cadeia interna de suprimentos em hospitais na cidade de São Paulo**. 196f. Tese (Doutorado em Administração) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2009.

PAVLIDIS, T., SWARTZ, J.; WANG, Y. P. **Fundamentals of bar code information theory**. Computer, vol. 23, no. 4, 1990, p. 74-86.

PCCW SOLUTIONS. **Smart Shelf**. Disponível em: < <http://www.pccwsolutions.com/public/Software/PCCW%20Solutions%20Products/Smart%20Shelf/>>. Acesso em 15 out. 2015.

PERSSON, F.; OLHAGER, J. **Performance simulation of supply chain designs**. International Journal of Production Economics, 2002, pp. 231-245.

PINTO, M. A. L. B. C; FONTANILLAS, C. N.; GARCIA, S. M. S.; LEONARDO, I. C. M. **O gerenciamento de um prestador de serviços logísticos na cadeia de suprimentos da saúde pública brasileira: um estudo de caso**. Sustainable Business International Journal, vol. 48, 2015.

PORTAL BRASIL. **Fiocruz bate recorde de produção de antirretrovirais contra a Aids**. 2014. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/saude/2014/12/fiocruz-bate-recorde-de-producao-de-antirretrovirais-contr-a-aids>>. Acesso em 14 de dez. 2016.

PORTAL BRASIL. **Mais de 100 mil pacientes terão acesso ao antirretroviral 3 em 1**. 2015. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude/2015/04/ministerio-da-saude-estende-acesso-a-medicamento-antirretroviral-3-em-1> . Acesso em 25 de out. 2016.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Manual aqui tem remédio**. Disponível em:

http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/assist_farmaceutica/index.php?p=207663. Acesso em 12 jan. 2017.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Aqui tem remédio**. Disponível em: < <http://aquitemremedio.prefeitura.sp.gov.br/#/>>. Acesso em 25 de fev. 2017.

PRESIDENCIA DE LA NACIÓN ARGENTINA. Guia de Funcionamento. Disponível em: < http://productosmedicos.servicios.pami.org.ar/pdfs/como_funciona.pdf>. Acesso em 12 de fev. 2017.

RFIDJOURNAL. **Hospital Espanhol implanta RFID para gerenciar pacientes**. 2012. Disponível em: < <http://brasil.rfidjournal.com/noticias/vision?10220>>. Acessado em 09/07/2014.

RFIDJOURNAL. **Perguntas Frequentes**. Disponível em: < <http://brasil.rfidjournal.com/perguntas-frequentes> >. Acesso em 20 jan. 2014

RFIDJOURNAL. **RFID Tracks Spanish Shoppers' Interest in Shoes, Books**. 2012. Disponível em: < <http://www.rfidjournal.com/articles/view?9308>>. Acesso em 01 out. 2015.

RIBEIRO, R.; SILVA, V. **Em Iguatu falta inclusive medicamentos para HIV por falta de carro para ir a Fortaleza**. 2016. Disponível em: < <http://iguatunews.com.br/press/em-iguatu-falta-inclusive-medicamentos-para-hiv-por-falta-de-carro-para-ir-a-fortaleza/>>. Acesso em 05 de jan. 2017.

ROBERTS, C.M. **Radio frequency identification (RFID)**. Computers & Security, 25(1), 2006, p.18-26.

ROCKWELL AUTOMATION. **Arena simulation software**. Disponível em: <<http://www.arenasimulation.com>>. Acesso em 04 mai. 2015.

RODRIGUES, M.; CUGNASCA, C. E.; FILHO, A. P. Q. **Rastreamento de Veículos**. 1ª. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 124 p.

SCHUSTER, E. W.; KOH, R. **Track and Trace in the Pharmaceutical Supply Chain**. White Paper, Auto-ID Center, MIT. Disponível em: < [http://web.mit.edu/edmund_w/www/APICS%20Pharma%20Counterfeit%20EWS%206-30-03\).pdf](http://web.mit.edu/edmund_w/www/APICS%20Pharma%20Counterfeit%20EWS%206-30-03).pdf) >. Acesso em 10 out. 2016

SENADO NOTÍCIAS. **Projeto que endurece combate a falsificação de remédios vai a sanção**. Disponível em: < <http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/03/15/projeto-que-endurece-combate-a-falsificacao-de-remedios-vai-a-sancao>>. Acesso em 20 de mar. 2017

SICLOM. **Sistema de controle logístico de medicamentos antirretrovirais**. Disponível em: <http://azt.aids.gov.br/>. Acesso em 15 de dez. 2016.

SILVA, R. F., MORAES, G.V., KAWANO, B. R., CUGNASCA, C. E. **As tecnologias RFID e RSSF**, Agroanalysis (FGV), v.06, 2013, p. 1-3.

SILVA, Samuel B., SILVA, Iris B. e VILLAR, Reinaldo S. G. **Desenvolvimento de um modelo teórico de Resuprimento baseado em Agentes de Suprimentos, RFID e Lean Manufacturing – Estudo de Caso: Cartuchos de Tintas HP**. X SBAI- Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, ISSN: 2175-8905, v. X, São João del Rei, Minas Gerais, 2011.

SNCM – Sistema Nacional de Controle de Medicamento. Disponível em: < <http://www.sncm.com.br/> >. Acesso em 18 fev. 2017.

SUN, C. **Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things**. In: AASRI Procedia I 2012: Conference on Computational Intelligence and Bioinformatics, Changsha, China, 2012, pp.106-111.

VALOR ECONÔMICO. **Rastreamento de remédio tenta barrar falsificação**. 2013. Disponível em: < <http://www.valor.com.br/brasil/3101278/rastreamento-de-remedio-tenta-barrar-falsificacao>>. Acesso em 09 mai. 2015.

WANT, R. **An Introduction to RFID Technology**. IEEE Pervasive Computing, 5(1), 2006, p.25-33

WHO – World Health Organization. **Counterfeit medicines: the silent epidemic (2006)**. Disponível em: <<http://www.who.int/medicines/events/FINALBACKPAPER.pdf?ua=1>>. Acesso em 18 fev. 2017.

WILSON, J. S.; **Sensor Technology Handbook**. Elsevier Inc. Oxford, UK, 2005.

WILSON, T. P.; CLARKE, W. R. **Food safety and traceability in the agricultural supply chain: using the Internet to deliver traceability**. Supply Chain Management, v. 3, n. 3, 1998, p. 127-133.

YICK, J., MUKHERJEE, B., GHOSAL, D. **Wireless sensor network survey**. Computer Networks, v. 52, 2008, p.2292-2330.

YUGUE, R. T. **Rastreabilidade de Medicamentos: Proposta para o Mercado Brasileiro**. 84 f. Monografia (Capacitação Gerencial) – Fundação Instituto de Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

APÊNDICE A – Entrevista com responsáveis da área de medicamentos

Visando entender a CS de medicamentos, foram realizadas algumas entrevistas com médicos, gerentes e diretores logísticos de farmacêuticas, de modo a entender como funciona o setor.

Abaixo algumas perguntas que foram feitas ao diretor de área terapêutica de uma indústria farmacêutica internacional, o qual não permitiu que fosse identificado.

1. Como é a embalagem do medicamento?

R.: A embalagem dos medicamentos varia de medicamento para medicamento.

2. Quanto tempo para envase?

R.: Não é possível precisar, mas com certeza são milésimos de segundo.

3. Quantos medicamentos são envasados por dia?

R.: Não é possível responder essa pergunta, pois varia muito.

4. Quantos medicamentos compõe um pallet?

R.: Depende do medicamento.

5. Como é realizada a distribuição?

R.: A distribuição é realizada pelo governo. A farmacêutica recebe do governo uma prévia da quantidade de medicamento que ele vai precisar ao longo do ano.

6. Para quantos hospitais e/ou postos de saúde é realizada essa distribuição?

R.: Não sabemos precisar.

7. Qual o tempo de entrega?

R.: Depende da distância do CD, pode levar dias.

8. De quanto é a média de viagens?

R.: Não sabemos precisar.

9. Quais são os custos em transporte?

R.: Não sabemos precisar.

10. Quantos pallets cabem em um caminhão?

R.: Variável.

11. Tem sistema de segurança?

R.: A maioria tem e precisa de segurança para a carga.

12. Os caminhões são refrigerados?

R.: Sim para os medicamentos que precisam.

13. Qual a temperatura que os medicamentos devem ser mantidos?

R.: Depende do tipo de medicamento.

14. Sofre com altos estoques?

R.: Para alguns medicamentos sofremos com altos estoques e para alguns há ruptura, devido a algumas vezes haver problemas de visibilidade de demanda.

APÊNDICE B – Exemplo de relatório do software Arena

O software Arena, utilizado para simulação dos diferentes cenários deste trabalho, foi processado em um computador com sistema operacional Windows 10 e processador Intel i5.

Após cada simulação, o sistema disponibilizava um relatório, o qual é exemplificado abaixo pela Figura B-1.

Figura B-1 – Exemplo de relatório do software Arena

Fonte: Software Arena (2017)

A Figura B-1 representa a página mais utilizada do relatório do Arena para o desenvolvimento deste trabalho, pois foi através do contador do software que foi possível entender a variação de medicamentos roubados e entregues ao seu destino final.

O software disponibiliza várias outras visões como processo em mais uso, número de entidades dentro e fora do processo, porém a página acima foi a mais usada pelo presente trabalho.

O próprio software já disponibiliza o valor médio entre as replicações, ajudando no desenvolvimento dos resultados.