

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA POLITÉCNICA

“Modelagem e análise de farmácia hospitalar por Rede de Petri”

Carolina Abiricha Montesi

Isadora Ghannam Ferreira

Dissertação apresentada à Escola Politécnica  
da USP, como parte das exigências para a  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Mecatrônica, Área: Engenharia Mecatrônica.

São Paulo-SP

2018



Carolina Abiricha Montesi

Isadora Ghannam Ferreira

“Modelagem e análise de farmácia hospitalar por Rede de Petri”

Versão Original

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eigi Miyagi

São Paulo-SP

2018

Carolina Abiricha Montesi  
Isadora Ghannam Ferreira

Modelagem e análise de farmácia hospitalar por Rede de Petri. São Paulo-SP,  
2018.

63p. : il.; 30 cm.

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da USP, como parte das exigências  
para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecatrônica

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eigi Miyagi

1. Rede de Petri. 2. Sistema a Eventos Discretos. 3. Farmácia Hospitalar.

*Este trabalho é dedicado às nossas famílias, amigos e professores.*



# **Agradecimentos**

Agradecimentos especiais são direcionados aos funcionários da farmácia do Hospital Universitário da USP<sup>1</sup> que nos receberam na farmácia e nos auxiliaram no decorrer do projeto. Sem eles este trabalho não seria possível.

Agradecemos também nosso orientador Paulo Eigi Miyagi pela dedicação, disponibilidade e paciência.

Por fim, não poderíamos deixar de agradecer nossas famílias, amigos e professores que acreditaram que somos capazes e nos incentivaram em toda a nossa trajetória.

---

<sup>1</sup> <<http://www.hu.usp.br/>>



## Resumo

Este trabalho consiste em desenvolver um modelo da farmácia hospitalar do Hospital Universitário da USP e estudar soluções de automação, com foco no aumento de produtividade e da segurança dos pacientes do hospital. Foi aplicada a teoria de sistemas a eventos discretos (SED) para descrever a estrutura e a operação da farmácia e utilizou-se a rede de Petri (RdP) como técnica de modelagem de processos. Para a construção do modelo, adotou-se o *Production Flow Schema* (PFS) para a descrição conceitual das principais atividades envolvidas e para derivar os modelos detalhados em RdP. A partir da análise do modelo construído, verificado e validado, foram estudadas opções de automação para as atividades de recebimento, processamento (com foco na unitarização de medicamento sólidos orais) e separação (dispensação) de medicamentos. A comparação entre o sistema atual e a proposta de automação indica que há oportunidade de reduzir a necessidade de mão de obra em 85% e o número de interações do medicamento com humanos em até 70%.

**Palavras-chave:** Rede de Petri. Sistema a Eventos Discretos. Farmácia Hospitalar.



# Abstract

This project consists in developing a model of the hospital pharmacy of Hospital Universitário da USP and study automation solutions, focusing on productivity and patients security increase. It was applied the discrete event system theory (DES) to describe the structure and operation of the pharmacy and it was used the Petri net (PN) as a process modeling technique. To the construction of the model, it was adopted the Production Flow Schema (PFS) to the conceptual description of the main activities involved and to derive the detailed models in PN. From the analysis of the constructed model, verified and validated, it was studied automation options to the activities of receiving, processing (focusing in oral solid medication unitarizing) and sorting (dispensing) medications. The comparison between the current system and the automation proposal indicates that there is opportunity to reduce the need of workforce in 85% and the number of medications and humans interaction in 70%.

**Keywords:** Petri Net. Discrete Event System. Hospital Pharmacy.



# **Lista de figuras**

Figura 1 – Macro fluxo de medicamentos na farmácia do HU-USP . . . . .	27
Figura 2 – Esquema da separação de medicamentos na Dispensação de acordo com as prescrições de cada paciente . . . . .	30
Figura 3 – Modelo em PFS do sistema de farmácia hospitalar . . . . .	34
Figura 4 – Modelo em PFS detalhado da atividade [Receber] . . . . .	35
Figura 5 – Modelo em PFS detalhado da atividade [Processar] . . . . .	36
Figura 6 – Modelo em PFS detalhado da atividade [Processar] com detalhamento da atividade [Unitarizar com tesoura] . . . . .	37
Figura 7 – Modelo em PFS detalhado da atividade [Separar] . . . . .	38
Figura 8 – Modelo em PFS detalhado da atividade [Enviar para pacientes] . . . .	39
Figura 9 – Modelo da atividade [Receber] a) em PFS e b) em RdP . . . . .	40
Figura 10 – Representação em RdP de atividade com transições a) não temporizadas e b) temporizadas . . . . .	40
Figura 11 – Modelo em RdP temporizada para a atividade [Receber] . . . . .	41
Figura 12 – Modelo em RdP temporizada e com recursos para a atividade [Receber]	42
Figura 13 – Modelo em RdP da atividade [Processar] . . . . .	43
Figura 14 – Modelo em RdP temporizada e com recursos da atividade [Processar] .	44
Figura 15 – Modelo em RdP da atividade [Separar] . . . . .	45
Figura 16 – Modeo em RdP temporizada e com recursos da atividade [Separar] .	45
Figura 17 – Modelo em RdP da atividade [Enviar para pacientes] . . . . .	46
Figura 18 – Modelo em RdP temporizada e com recursos da atividade [Enviar para pacientes] . . . . .	46
Figura 19 – Modelo em RdP com marcação inicial da atividade [Receber] . . . . .	48
Figura 20 – Modelo em RdP com marcação inicial da atividade [Processar] . . . .	49
Figura 21 – Modelo em RdP com marcação inicial das atividades [Separar] e [Enviar para pacientes] . . . . .	50
Figura 22 – Modelo em RdP para a atividade [Receber] sem automação . . . . .	54
Figura 23 – Modelo em RdP para a atividade [Receber] com automação . . . . .	54
Figura 24 – Modelo em RdP para a atividade [Processar] a) sem automação b) com automação . . . . .	56
Figura 25 – Modelo em RdP para as atividades [Separar] e [Enviar para pacientes] sem automação . . . . .	58
Figura 26 – Modelo em RdP para as atividades [Separar] e [Enviar para pacientes] com automação . . . . .	58



# **Lista de tabelas**

Tabela 1 – Comparação de algumas máquinas disponíveis no mercado . . . . .	51
Tabela 2 – Comparação entre o sistema atual da farmácia e a proposta de automação 1 - atividade [Receber] . . . . .	55
Tabela 3 – Comparação entre o modelo atual da farmácia e a proposta de automação 2 - atividade [Processar] . . . . .	57
Tabela 4 – Comparação entre o modelo atual da farmácia e a proposta de automação 3 - atividade [Separar] e [Enviar para pacientes] . . . . .	59
Tabela 5 – Comparação entre o modelo atual da farmácia e as propostas de automação em conjunto . . . . .	59



# **Lista de abreviaturas e siglas**

HU-USP	Hospital Universitário da USP
SED	Sistemas a Eventos Discretos
RdP	Rede de Petri
PFS	<i>Production Flow Schema</i>
IUM	Identificador Único de Medicamentos
GTIN	Número Global de Item Comercial
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
OMS	Organização Mundial da Saúde



# Sumário

1	INTRODUÇÃO . . . . .	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . .	23
2.1	Aplicação de simulação a eventos discretos em sistemas de saúde	23
2.2	Modelagem e simulação de farmácias hospitalares . . . . .	24
2.3	Aplicação de rede de Petri para a simulação de sistemas de saúde	24
2.4	Discussão . . . . .	25
3	CASO CONSIDERADO . . . . .	26
3.1	Compra e controle de estoque . . . . .	27
3.2	Prescrições . . . . .	27
3.3	Descrição do fluxo dos medicamentos . . . . .	28
3.4	Rastreamento dos medicamentos . . . . .	30
4	MODELAGEM . . . . .	32
4.1	Coleta de dados e premissas . . . . .	32
4.2	Descrição em nível conceitual em PFS . . . . .	34
4.3	Descrição em nível funcional em RdP . . . . .	39
4.4	Verificação e validação . . . . .	46
4.4.1	Simulação . . . . .	47
4.4.1.1	Receber . . . . .	47
4.4.1.2	Processar . . . . .	48
4.4.1.3	Separar e enviar . . . . .	49
4.5	Análise do sistema atual . . . . .	50
5	ESTUDO DE AUTOMAÇÃO . . . . .	51
5.1	Propostas de soluções automatizadas . . . . .	53
5.1.1	Proposta 1 - Receber . . . . .	53
5.1.2	Proposta 2 - Processar . . . . .	55
5.1.3	Proposta 3 - Separar e Enviar para pacientes . . . . .	57
5.2	Análise dos resultados . . . . .	59
6	CONCLUSÃO . . . . .	60
	Referências . . . . .	62



---

## Introdução

Segundo o Anuário da Segurança Hospitalar no Brasil [1], no ano de 2016 ocorreram 302.610 óbitos relacionados a condições adquiridas nos hospitais. Segundo mesma pesquisa 1,4 milhão de pessoas foram vítimas de ao menos um evento adverso durante sua internação, número que representa 7,2% do total de pessoas internadas nos hospitais do país nesse mesmo ano. Um evento adverso é um dano causado durante a prestação de cuidados, e não pela doença subjacente, e que prolonga o internamento do doente ou que acarreta alguma incapacidade no momento da alta do paciente [2]. Tais danos podem ser causados por diversos fatores, como uso incorreto de equipamentos, infecção hospitalar, ou erros de medicação. A parte de equipamentos e infecção hospitalar está relacionada com o tipo de hospital e muitas medidas de solução destes problemas derivam do sistema institucional de saúde adotado.

Por outro lado, erros de medicação derivam quase que exclusivamente de procedimentos operacionais no uso de fármacos. Esse tipo de erro pode ocorrer nas diversas etapas do uso de fármacos, desde a prescrição, até a manipulação e dispensação [3]. O sistema mais seguro de dispensação de medicamentos é por doses unitárias [4], que prevê que essa tarefa seja realizada numa farmácia hospitalar. No entanto, profissionais da área indicam que esse processo ainda é pouco automatizado, sendo assim propício a erros.

Nesse contexto, o objetivo deste projeto é modelar a farmácia do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (HU-USP) e, a partir da análise do modelo obtido, verificar e estudar possibilidades de automação desse sistema, comparando qualitativamente e quantitativamente os resultados obtidos. O trabalho visa contribuir para a análise de soluções de automação para reduzir erros de medicação, aumentar a segurança do paciente, melhorar a eficiência do processo de manipulação e dispensação de medicamentos.

Esse trabalho aborda a farmácia hospitalar como um sistema a eventos discretos (SED) [5, 6] de modo que estados discretos são derivados da ocorrência de eventos que são identificados e descritos como atividades e que caracterizam os fluxos de medicamentos, pessoas, equipamentos e informações. A partir de então se desenvolve e se valida um

modelo estrutural e funcional dos processos envolvidos, analisa-se os resultados do modelo sob diferentes cenários via simulação e propõe-se soluções de automação que atendam às melhorias esperadas.

# 2

---

## Revisão bibliográfica

Para o levantamento bibliográfico do estado da arte na área de modelagem, análise e simulação de farmácias hospitalares, foram empregadas as palavras-chaves “*discrete-event simulation healthcare*”, “*Petri net healthcare*”, “*modeling hospital pharmacy*”, “*simulation hospital pharmacy*” e seus equivalentes em português. A pesquisa não foi restringida por período e foi ordenada por relevância e, posteriormente, por data de publicação. Os bancos de dados utilizados para as buscas foram o Scopus, o IEEE Explorer e o Portal de Periódicos da Capes. Os trabalhos encontrados e considerados mais relevantes foram divididos em: (i) aplicação de simulação a eventos discretos em sistemas de saúde, (ii) modelagem e simulação de farmácias hospitalares e (iii) aplicação de rede de Petri para simulação de sistemas de saúde.

### 2.1 Aplicação de simulação a eventos discretos em sistemas de saúde

Vários trabalhos mostram a aplicabilidade da teoria de SED para a modelagem e análise de sistemas de saúde. A pesquisa realizada por Mielczarek e Uzalko-Mydlikowska [7] sobre esse tema analisou 156 artigos e conclui que a abordagem baseada em SED é a mais usada, representando 75,64% dos trabalhos analisados, contra 14,74% baseados na teoria de sistemas dinâmicos de variáveis contínuas e 9,62% baseados no método de Monte Carlo.

Outro estudo de destaque é a revisão feita por Fanti e Ukovich [8] sobre modelagem e simulação de sistemas de saúde, com foco nas abordagens por SEDs. Os autores apontam vários trabalhos que empregam os mais diversos métodos, entre eles a teoria de filas, cadeias de Markov e rede de Petri temporizadas, coloridas e contínuas. Ressalta-se que este artigo de revisão citou muitas teses que contribuíram para o levantamento do estado da arte.

## 2.2 Modelagem e simulação de farmácias hospitalares

Um dos primeiros trabalhos acerca da eficiência de farmácias hospitalares foi realizado por Rossetti, Kumar e Felder [9]. Por meio de uma abordagem de SED, foi feito um estudo dos processos de transporte de itens no laboratório clínico e na farmácia de um hospital. O objetivo era avaliar o custo e o ganho de desempenho relacionados à instalação e uso de uma frota de robôs móveis. Os resultados obtidos mostraram que para o caso avaliado, uma frota de seis robôs reduziria o tempo de transporte em 33% e os custos em 56% em relação ao sistema vigente com três funcionários.

Estudos similares foram feitos por Wong et al. [10] e por Spry e Lawley [11]. O primeiro trabalho quantificou as vantagens do uso de dispositivo eletrônico de processamento para pedidos, dispensação e administração de medicamentos. Foram criados um modelo do processo atual e um modelo do processo futuro, e cada um foi simulado dez vezes para um período de 5 semanas. Concluiu-se que a automatização do processo reduziu o tempo médio do recebimento do pedido até a entrega do medicamento de 256 para 123 minutos. Já o segundo estudo avaliou o tempo de processamento de pedidos de medicamentos para diferentes escalas de trabalho dos funcionários da farmácia de um hospital americano. Apesar de apresentarem resultados satisfatórios, os modelos desenvolvidos são específicos para os hospitais estudados.

Um estudo mais recente foi feito por Pinto [4]. Nesse trabalho foi apresentado um estudo sobre erros de medicação e automação no preparo de medicamentos, com foco em hospitais brasileiros. O trabalho também apresentou uma análise do processo de utilização de medicamentos por pacientes pediátricos na farmácia do HU-USP. Apesar de nenhum modelo ou experimento ser apresentado, é destacada a necessidade do desenvolvimento de um método de desenho de soluções para farmácias hospitalares. As etapas desse projeto incluem o mapeamento do processo e o desenvolvimento, validação e análise de modelos de simulação por meio de Rede de Petri (RdP) [4, 6].

## 2.3 Aplicação de rede de Petri para a simulação de sistemas de saúde

Modelagens de sistemas de saúde baseadas em rede de Petri (RdP) foram desenvolvidas por diversos pesquisadores ao longo dos últimos anos. Doloti et al. [12] apresentaram um modelo em RdP temporizada dos processos de atendimento de pacientes no Departamento de Pulmonologia de um hospital italiano. O modelo descreve o fluxo de pacientes e

atividades administrativas nos depósitos da farmácia do departamento. Amodio et al. [13] também desenvolveram para o hospital italiano um modelo dos processos de atendimento de pacientes baseado em RdP temporizada, sendo este aplicado para o Departamento de Emergência Cardiológica. Esse modelo descreve o fluxo de pacientes desde sua chegada até a sua saída do departamento em questão e permite detectar gargalos e calcular tempos de espera para diferentes cenários.

Outro trabalho que utiliza a abordagem por RdP para a modelagem de sistemas de saúde foi desenvolvido por Mahulea et al. [14]. Nesse trabalho é construído um modelo do sistema de um hospital espanhol com o objetivo de avaliar as sequências de tratamento para pacientes com doenças específicas e o uso de recursos nesses tratamentos. O modelo em RdP foi construído de forma modular, sendo que as entradas e saídas e cada módulo são conectadas de acordo com sua posição geográfica.

No Brasil, Lima et al. [15] desenvolveram e analisaram um modelo para os processos no ambulatório de um hospital de cardiologia baseado em RdP temporizada e usando o *software* Visual Object Net ++. Os resultados obtidos sugerem que um aumento do número de médicos de 5 para 8 contribuem para uma redução de 52,3% do tempo de espera, e mostra que apenas um balcão é suficiente para atender todos os pacientes. Leite et al. [16] usam RdP estocástica e o *software* PIPE para modelar processos na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) de outro hospital brasileiro. E finalmente Miyagi e Kisil [17] apresentam um estudo de caso do Ambulatório do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP. Nesse estudo foi utilizada a metodologia PFS/MFG, baseada em RdP, em comparação com as ferramentas baseadas em processos semi Markov generalizado e teoria das filas e concluiu-se que a ferramenta RdP é mais apropriada para a análise e modelagem de sistemas de saúde.

## 2.4 Discussão

A partir do levantamento realizado nota-se que a maior parte dos trabalhos destinados à modelagem de sistemas de saúde adota a teoria de SED para a descrição do sistema, sendo a técnica de modelagem por RdP utilizada em vários desses trabalhos. Há também trabalhos sobre a modelagem e simulação de farmácias hospitalares que adotam outras abordagens, mas estes não são recentes e são específicos para os casos estudados.

# 3

---

## Caso considerado

O HU-USP é um hospital com aproximadamente 200 leitos, sendo assim classificado como hospital de médio porte. O serviço de farmácia é responsável pelos pedidos de compra, armazenamento, processamento, controle e distribuição de medicamentos para pacientes internados no hospital. No HU-USP existe apenas uma farmácia central que processa e distribui os medicamentos para todas as unidades de internação. Essa farmácia é dividida em duas salas principais: a Dispensação e o Depósito. Existe ainda uma terceira sala auxiliar para a manipulação de medicamentos: a Farmacotécnica. Em cada uma dessas salas existe uma equipe de funcionários para executar as atividades correspondentes.

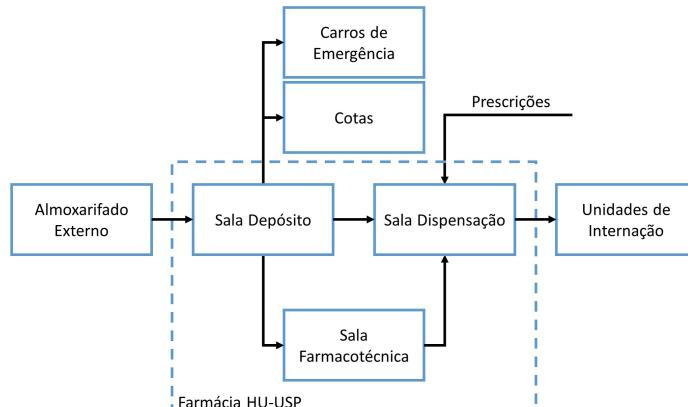
A Figura 1 resume os processos envolvidos na farmácia, com base no fluxo principal dos medicamentos. Os medicamentos entregues pelos fornecedores são recebidos e armazenados primeiramente no Almoxarifado Externo, de onde são enviados para a primeira sala da farmácia, o Depósito. Do Depósito, os medicamentos podem ser enviados para abastecer ‘carros de emergência’<sup>1</sup> ou repor ‘cotas’<sup>2</sup> de outras áreas do hospital. Dentro da farmácia, os medicamentos do Depósito seguem para a Dispensação, onde são separados de acordo com as prescrições<sup>3</sup> que chegam nessa sala para serem enviados às Unidades de Internação, ou para a Farmacotécnica, onde são manipulados antes de seguirem para a Dispensação.

<sup>1</sup> Carros de emergências possuem medicamentos e materiais para o pronto atendimento de pacientes em situação de emergência. Esses carros permanecem lacrados até que seja necessário o uso de seus medicamentos ou materiais, ou até que seja atingida a data de checagem e troca de medicamentos.

<sup>2</sup> Cotas são estoques de medicamentos disponíveis em outras áreas do hospital fora as Unidades de Internação, tais como pronto-socorro, centro cirúrgico, pediatria e ortopedia.

<sup>3</sup> Prescrições são documentos que contêm uma lista de medicamentos e orientações de uso para o paciente, efetuada por um profissional legalmente habilitado. No caso considerado, as prescrições são destinadas aos pacientes internados no hospital.

Figura 1 – Macro fluxo de medicamentos na farmácia do HU-USP



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.1 Compra e controle de estoque

Semanalmente o estoque do Depósito é conferido e são elaboradas listas de medicamentos com baixo estoque para o departamento de compras do hospital. Esses medicamentos são encomendados aos fornecedores que devem entregá-los ao hospital.

O controle de estoque da Dispensação e demais áreas do hospital ('cotas') é feito diariamente, da Farmacotécnica, duas vezes por semana e dos 'carros de emergência', duas vezes por mês ou quando há utilização de um deles. Os pedidos de reposição são encaminhados ao Depósito, que fornece medicamentos para esses estoques.

Na Dispensação, particularmente, implementou-se recentemente o sistema *kanban* para medicamentos injetáveis e sólidos orais por meio de recipientes devidamente identificados. Assim, quando 1 recipiente (de um total de 3 por medicamento) está vazio ele é encaminhado ao depósito para reposição, o que simplifica o controle de estoque.

### 3.2 Prescrições

As prescrições que são enviadas para a Dispensação são geradas pela equipe médica após avaliação ou reavaliação de cada paciente internado no hospital durante as visitas diárias dos médicos.

A decisão dos profissionais leva a uma prescrição, feita em duas vias físicas, especificando quais medicamentos devem ser ministrados ao paciente e como isso deve ser feito. Uma das vias da prescrição é anexada ao prontuário do paciente, enquanto a outra é levada à farmácia do hospital. Antes de serem enviadas à Dispensação, todas as prescrições

são conferidas por farmacêuticos clínicos, que verificam a coerência da prescrição dado o estado do paciente em questão.

### 3.3 Descrição do fluxo dos medicamentos

Os medicamentos adquiridos pelo hospital são recebidos pelos funcionários do Almoxarifado Externo, que realizam uma conferência inicial do pedido e o encaminham para o Depósito. No Depósito existem farmacêuticos, técnicos e funcionários de uma equipe terceirizada, contratada para auxílio de gestão de estoque. Os medicamentos que chegam ao Depósito são conferidos, inseridos no sistema de informações para registro da farmácia e armazenados em prateleiras ou refrigeradores.

Os medicamentos adquiridos e armazenados no Depósito são unitarizados, quando já não são adquiridos dessa forma. O procedimento de unitarização consiste na subdivisão de medicamentos que estão nas embalagens originais em doses previamente selecionadas para atender às prescrições. No Depósito são unitarizados os medicamentos sólidos orais, cuja embalagem original pode ser do tipo *blister*<sup>1</sup> ou embalagens múltiplas de plástico ou vidro. O primeiro tipo de embalagem corresponde a mais de 90% dos medicamentos sólidos orais unitarizados na farmácia do HU-USP e seu fracionamento é realizado por meio do corte manual do *blister* com uma tesoura, sendo que após o fracionamento é necessário identificar individualmente cada comprimido. Já a unitarização dos medicamentos em embalagens múltiplas é feita em uma máquina que recebe os medicamentos sólidos orais, que devem ser previamente retirados da embalagem original, e os embala e etiqueta individualmente. Para processamento via máquina é necessário que um funcionário a opere e sua capacidade de unitarização é atualmente de 2000 medicamentos por hora, sendo que o tempo de preparação da máquina é de aproximadamente 1 hora (dados fornecidos durante visita ao HU).

A unitarização é um procedimento importante para a prevenção de erros de medicação em hospitais, contribuindo para a segurança dos pacientes e também para o uso racional dos recursos do hospital. Todavia, ainda com foco em segurança e uso racional de recursos, não existe hoje no hospital um sistema único que permita o registro e o controle de prescrições em formato digital e tampouco algum registro e acompanhamento computadorizado da administração dos medicamentos aos pacientes. Esses fatores limitam a rastreabilidade dos medicamentos e diminuem a segurança e efetividade do sistema de distribuição de medicamentos.

Do Depósito, os medicamentos unitarizados seguem para os ‘carros de emergência’ do hospital, para as ‘cotas’, para a Farmacotécnica e para a Dispensação. Os medicamentos

<sup>1</sup> *Blister*: embalagem na forma de cartela base (papelão, alumínio, plástico), onde o medicamento é armazenado de forma individual dentro de uma bolha plástica.

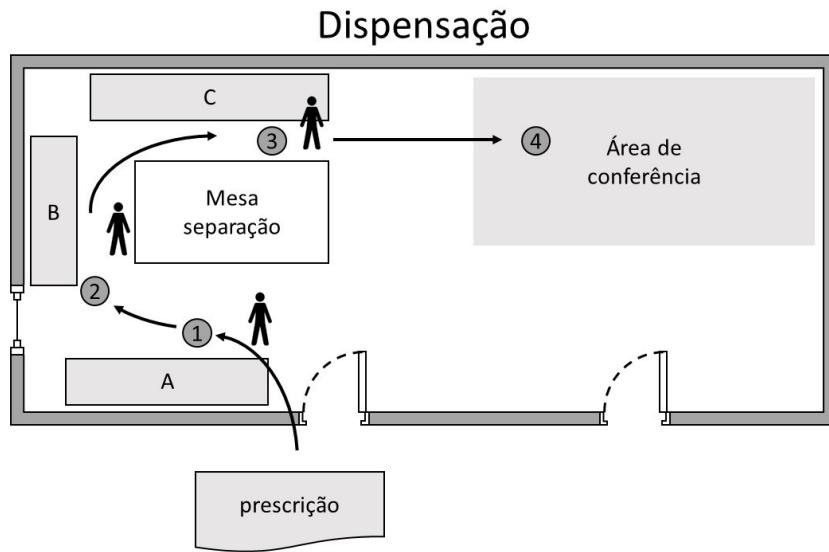
relativos às ‘cotas’ e aos ‘carros de emergência’ são consumidos conforme necessidade e prescrição médica diretamente nas respectivas áreas do hospital, tendo então o final de sua trajetória. Os ‘carros de emergência’ são reabastecidos com os medicamentos conforme a necessidade e as Cotas são reabastecidas diariamente com os medicamentos devidos. A Farmacotécnica realiza a unitarização das soluções orais e a transformação ou derivação de medicamentos, conforme prescrições encaminhadas, e para isso deve manter um estoque semanal de medicamentos. Por fim, a Dispensação deve manter um estoque de medicamentos suficiente para atender à demanda diária do hospital.

Na Dispensação os medicamentos são separados conforme as prescrições para os pacientes internados. Como pacientes internados precisam seguir um tratamento que exige o consumo de determinados medicamentos em determinados horários, de acordo com a prescrição, os funcionários da Dispensação recebem estas prescrições e separam os medicamentos por paciente e por período (manhã, tarde e noite). Os pacotes separados com os medicamentos de cada paciente e cada horário são conferidos e armazenados.

Os medicamentos são armazenados em três locais na Dispensação, nomeados neste trabalho como A, B e C. No local A, são armazenados os medicamentos controlados e nos locais B e C os demais medicamentos separados em ordem alfabética. Como ilustra a Figura 2, a separação é feita por funcionários, sendo cada um deles responsável pelos medicamentos de um local. A prescrição recebida na Dispensação é lida pelo primeiro funcionário que identifica os medicamentos do tipo A, os separa e os adiciona a um pacote identificado com dados do paciente (1). A prescrição e o pacote com os medicamentos do tipo A são então entregues ao segundo funcionário que identifica, separa e adiciona ao pacote os medicamentos do tipo B (2). Por último, o mesmo procedimento é feito para os medicamentos do tipo C e a atividade de separação na Dispensação é concluída (3). Após a separação, o pacote de medicamentos para cada paciente de acordo com a prescrição correspondente é conferido ainda na Dispensação (4). A cada período os medicamentos correspondentes são enviados para a devida Unidade de Internação, onde são ministrados aos pacientes pela equipe de enfermagem conforme a prescrição, finalizando o fluxo desses medicamentos no hospital.

Existe também na Dispensação prescrições que chegam ao longo do dia (que são tratadas como “prescrições extras”), devido à internação de novos pacientes e à mudança no estado de pacientes já internados. Essas prescrições são atendidas por demanda e os medicamentos separados são encaminhados fora dos horários padrão conforme a necessidade.

Figura 2 – Esquema da separação de medicamentos na Dispensação de acordo com as prescrições de cada paciente



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dos fluxos descritos anteriormente, existem fluxos alternativos para o caso de descarte de medicamentos por acidente (ampola quebrada, por exemplo) ou por vencimento do medicamento. Todos os medicamentos do hospital têm sua validade controlada via sistema e manualmente, de modo que medicamentos mais próximos ao vencimento são usados antes e medicamentos vencidos são descartados.

### 3.4 Rastreamento dos medicamentos

O rastreamento dos medicamentos consiste no monitoramento de cada medicamento desde o momento que ele é recebido até o momento em que ele é ministrado em um paciente. Realizar esse monitoramento faz com que o hospital tenha dados consistentes de que o medicamento devido foi para cada paciente [18], evite perdas de medicamento e consiga realizar um controle de estoque mais eficiente [19].

Atualmente no HU os medicamentos recebidos são comparados ao pedido e inseridos no sistema, de modo que há informação de todos os itens que entram no depósito da farmácia. Após a unitarização os medicamentos são reidentificados e reinseridos no sistema, sendo que é dada baixa nos medicamentos não unitarizados e novos medicamentos unitarizados são inseridos no sistema. Existe também um controle dos itens enviados do Depósito para a Dispensação, mas a partir desse ponto o monitoramento acaba, faltando uma verificação final dos medicamentos que foram ministrados nos pacientes.

A exceção para o que foi descrito são os medicamentos controlados, pois esses, por lei, devem ser monitorados em todas as etapas do processo. Ou seja, um medicamento controlado no HU é de fato monitorado desde o recebimento até ser consumido por um paciente. Isso é feito de forma parcialmente manual, sendo que a baixa final é anotada em um livro físico de registros.

Observa-se então que há uma rastreabilidade parcial dos medicamentos no HU, mas não só não há uma avaliação dos dados para um melhor controle de estoque, como no geral não há uma confirmação de que o paciente específico recebeu a medicação devida (prescrita). Assim, com o formato atual de rastreabilidade não há como verificar perdas de medicamentos e erros operacionais (como a separação de um medicamento ao invés de outro para um paciente) de maneira eficiente.

# 4

---

## Modelagem

Nesta seção se explica o desenvolvimento dos modelos dos processos de farmácia do HU-USP, assim como os estudos de verificação e validação desses modelos. Os modelos são representações simplificadas de sistemas reais. Dessa forma, ao desenvolver ou avaliar um modelo é essencial ter em mente tanto os objetivos da modelagem quanto as suas limitações. Assim, para a modelagem da farmácia do HU são adotadas algumas considerações e simplificações de acordo com os objetivos do projeto.

A farmácia do HU possui diversos fornecedores, de modo que uma representação mais detalhada do processo poderia considerar cada fornecedor e as entradas de medicamentos relativas a cada um deles. Todavia, dado que o foco é o funcionamento interno da farmácia de modo a estudar a mitigação de erros de medicação e possíveis solução de automação, não se considera aqui a parte específica dos diferentes fornecedores.

Outra simplificação adotada é relativa à classificação dos medicamentos. Existem várias maneiras de classificar os medicamentos de uma farmácia. Por função, formato (comprimido, líquido, etc) ou por composto ativo, por exemplo, de forma que no limite poder-se-ia incluir cada medicamento separadamente no modelo. Para o presente caso, adota-se a divisão em quatro tipos de medicamento: (i) os que devem ser unitarizados com uso de tesouras, (ii) os que devem ser unitarizados com auxílio de máquinas, (iii) os que serão processados pela farmacotécnica e (iv) os que já são fornecidos unitarizados. Essa divisão é adotada com objetivo de simplificar a representação dos processos.

### 4.1 Coleta de dados e premissas

Durante as visitas ao HU e em posterior contato com funcionários da farmácia foram coletadas diversas informações processuais e numéricas. Todavia, apesar desse contato, existem dados que não são coletados no dia a dia da farmácia ou que não estão disponibilizados, de forma que além dos dados coletados foram assumidas também algumas

premissas para a modelagem dos processos. Assim, tem-se os seguintes dados:

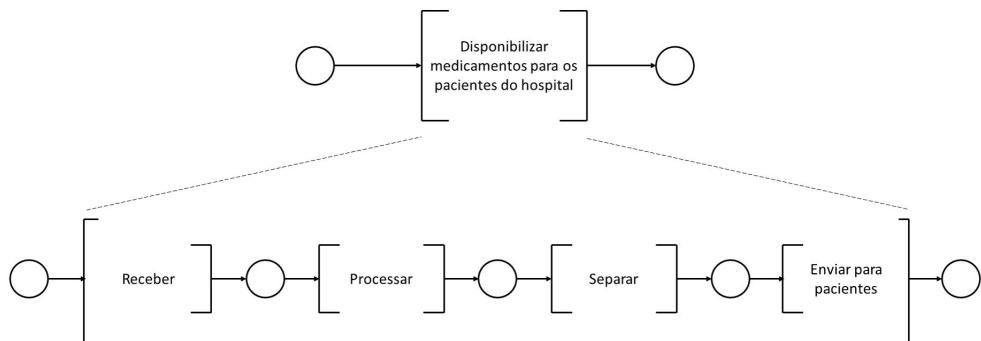
- Existem dois sistemas utilizados pela farmácia do HU-USP para o recebimento dos medicamentos (detalhamento no item 4.2), e a inserção de dados de um medicamento no sistema 1 e no sistema 2 requerem o mesmo tempo (7,68 segundos por dose unitária);
- A farmácia atende uma média de 250 prescrições por dia (número estimado a partir de dados fornecidos pelo hospital);
- Há uma média de 15 medicamentos por prescrição médica ( dado fornecido pelo hospital);
- Dada a classificação de medicamentos adotada (os que devem ser unitarizados com uso de tesouras, os que devem ser unitarizados com auxílio de máquinas, os que serão processados pela farmacotécnica e os que já são fornecidos unitarizados), tem-se que a proporção entre eles em termos de entrada/consumo no hospital é de 9%, 1%, 5% e 85%, respectivamente. Esses números foram estimados a partir de dados fornecidos pelo hospital;
- O tempo gasto em média para unitarizar 1 comprimido manualmente (utilizando tesoura) é de 3 minutos. Esse número foi obtido a partir de uma média feita por funcionários do hospital;
- O tempo gasto em média para separar os medicamentos relativos a uma prescrição é de 2 minutos (tempo estimado a partir do número total de prescrições e do tempo total gasto para dispensá-las);
- O tempo gasto em média para conferir cada conjunto de medicamentos separado para um paciente é de 4 minutos (tempo estimado a partir do número total de prescrições, número de funcionários que realizam a conferência e tempo total gasto para conferir a dispensação realizada);
- Para separação dos medicamentos por prescrição na Dispensação assumiu-se uma média de 5 medicamentos separados em cada local (A, B e C, descritos no item 3.3);
- A farmácia do HU funciona 24h, pois existe a possibilidade de demanda a qualquer momento. Todavia, existem horários nos quais o trabalho é mais intenso (no Depósito isso ocorre entre 8h e 18h e na Dispensação entre 13h e 19h). Para este trabalho são consideradas essas atividades que demandam mais mão de obra e consistem na maior parte do trabalho realizado na farmácia.

## 4.2 Descrição em nível conceitual em PFS

O PFS é uma técnica adotada aqui para facilitar a modelagem de processos por RdP. Essa técnica consiste em representar a estrutura do processo em nível macro, permitindo assim que o detalhamento das atividades seja feito de forma modular e gradual. Um modelo em PFS é composto por: (i) atividades, elementos ativos que representam macro eventos; (ii) distribuidores, elementos passivos correspondentes a um lugar de entrada e saída de itens; (iii) e arcos direcionadores, que indicam as relações entre os elementos ativos e passivos e a direção do fluxo de itens [6].

O processo geral da farmácia visa disponibilizar medicamentos para os pacientes do hospital, podendo ser dividida em quatro atividades: (i) Receber os medicamentos, (ii) Processá-los, (iii) Separá-los de acordo com as prescrições e (iv) Enviá-los para os pacientes das Unidades de Internação. Na Figura 3 é apresentado o modelo em PFS e seu detalhamento nessas atividades. Este modelo foi validado junto a uma representante da farmácia do HU-USP e a seguir, cada uma das quatro atividades realizadas na farmácia é detalhada.

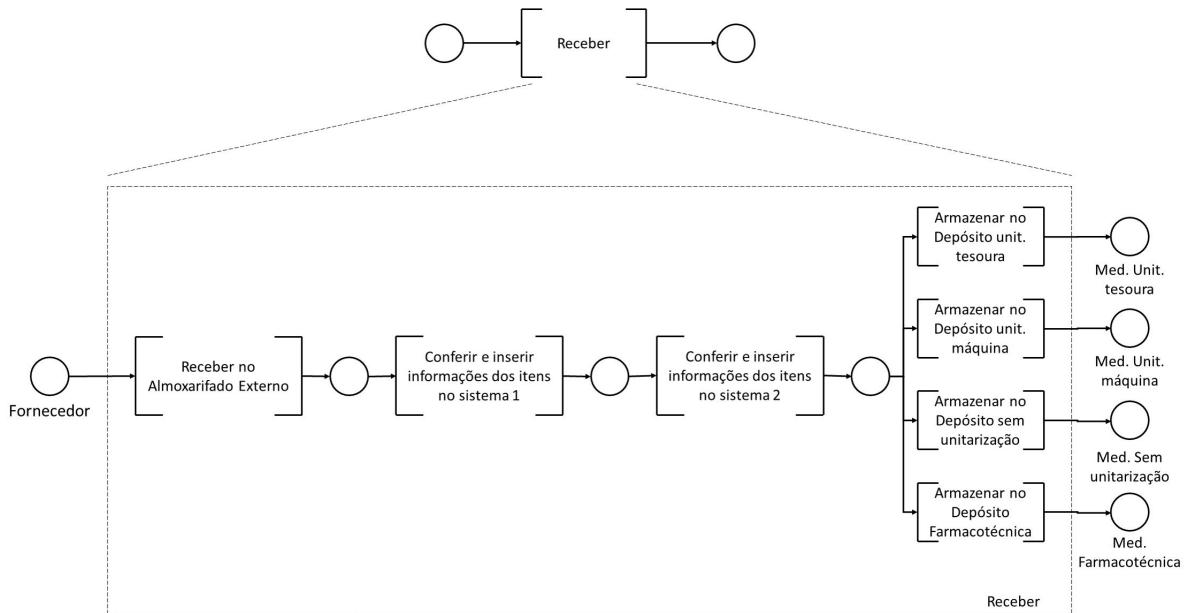
Figura 3 – Modelo em PFS do sistema de farmácia hospitalar



Fonte: Elaborado pelo autor.

A primeira atividade detalhada é o recebimento. Na farmácia do HU-USP, os medicamentos enviados pelos fornecedores são recebidos e conferidos primeiramente no Almoxarifado Externo. Na Figura 4, o elemento distribuidor da esquerda é identificado como “Fornecedor” e a primeira etapa é representada pela atividade [Receber no Almoxarifado Externo]. Só após essa atividade os medicamentos são encaminhados para conferência e depois para armazenagem no Depósito.

Figura 4 – Modelo em PFS detalhado da atividade [Receber]



Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma vez recebido o medicamento no Almoxarifado Externo, é necessário inserir as informações dos itens recebidos em dois sistemas de informações do hospital. O primeiro sistema, chamado “Apolo”, é um sistema de gestão mais antigo da farmácia do HU-USP. Um funcionário da farmácia confere o item e a validade dos medicamentos recebidos e insere essas informações, o lote e a quantidade correspondente ao item no sistema “Apolo”. No modelo, denomina-se esse sistema de informações como “sistema 1” e essa etapa é representada pela atividade [Conferir e inserir informações no sistema 1].

Em seguida, uma empresa terceirizada é responsável por inserir as mesmas informações no segundo sistema de informações, chamado de “Logística”, validar se as informações inseridas nos dois sistemas são coincidentes, emitir uma etiqueta para o item, criar o registro de entrega e recepcionar o medicamento. No modelo, denomina-se esse sistema de informações como “sistema 2” e essa etapa é representada pela atividade [Conferir e inserir informações no sistema 2].

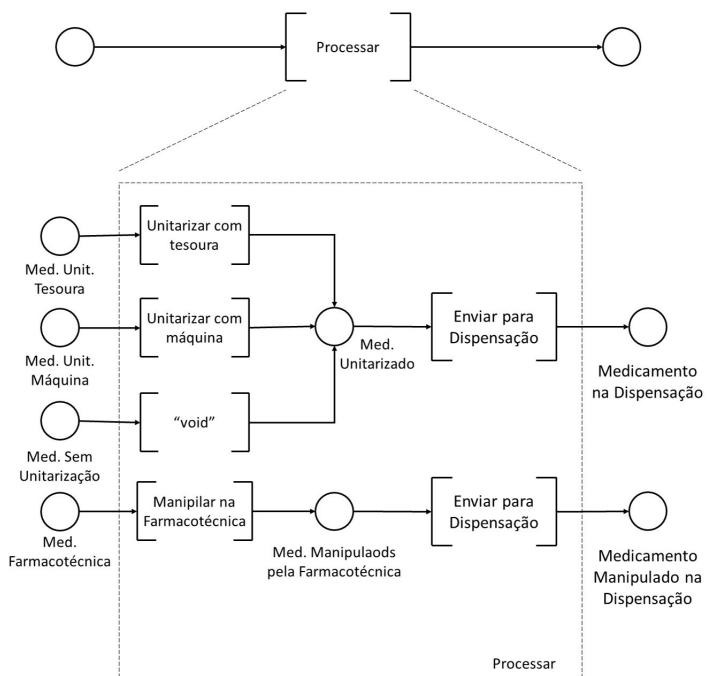
Finalmente, ao criar o registro de entrega e recepcionar o medicamento, a empresa terceirizada deve armazená-lo no local indicado no sistema “Logística”. Na modelagem, essa etapa é representada por quatro atividades de armazenagem conectadas por arcos direcionados a quatro distribuidores, sendo cada conjunto (atividade, arco direcionado e distribuidor) correspondente a um tipo de medicamento: (i) unitarização com tesoura, (ii) unitarização com máquina, (iii) sem unitarização e (iv) Farmacotécnica.

O processo de recebimento, se considerado do início ao fim, requer 16h diárias dos funcionários da farmácia e envolve atividades repetitivas (inserção de informações iguais

em dois sistemas) e manuais (inserção de informações por digitação).

A Figura 5 representa o detalhamento da atividade [Processar]. Considera-se como atividades de processamento a unitarização de medicamentos com o uso de tesoura ou com o uso de uma máquina e a manipulação de medicamentos na Farmacotécnica. Também considerou-se nessa atividade a etapa de envio dos medicamentos do Depósito para a reposição de estoque da Dispensação uma vez ao dia e da Farmacotécnica para a Dispensação. Os medicamentos que já são fornecidos de forma unitarizada e são encaminhados diretamente ao distribuidor “Med. Unitarizado” via uma atividade [“void”] de acordo com as regras de construção do PFS. No modelo gerado, os demais elementos distribuidores na entrada e na saída da atividade [Processar] também são detalhados.

Figura 5 – Modelo em PFS detalhado da atividade [Processar]



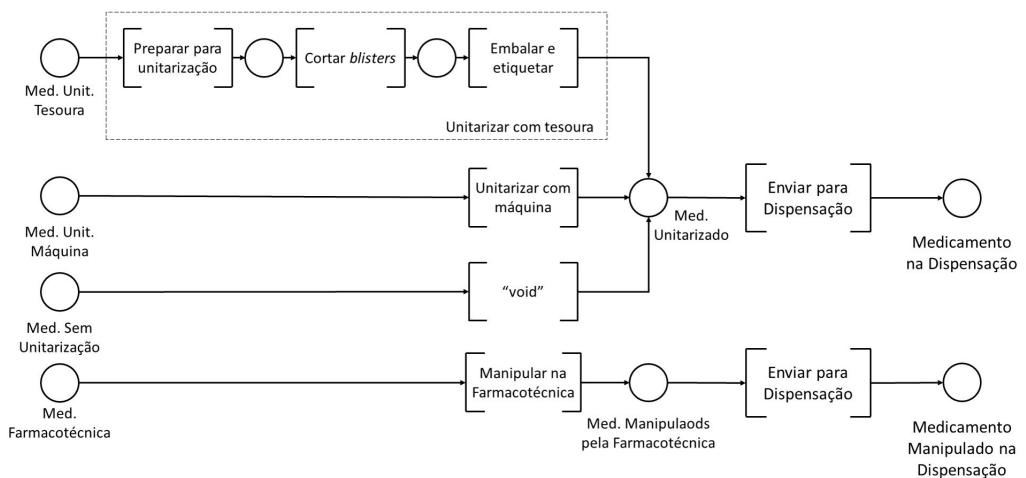
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 6 é detalhada a atividade [Unitarizar com tesoura]. Essa atividade é realizada diariamente por 5 a 6 funcionários. O primeiro passo é a preparação para a unitarização. Um funcionário da farmácia abre uma solicitação no sistema de informações “Logística” para que um funcionário da empresa terceirizada separe os itens a serem unitarizados. Com os medicamentos para unitarização em mãos, o funcionário da farmácia realiza a leitura dos códigos de barra e imprime as etiquetas para identificação do medicamento. Esse passo é representado na Figura 6 pela atividade [Preparar para unitarização].

O segundo passo, representado pela atividade [Cortar *blisters*], consiste em cortar com o uso de uma tesoura as embalagens dos medicamentos de modo que as doses sejam unitárias. Finalmente, na atividade [Embalar e etiquetar], um funcionário da farmácia

embala individualmente esses medicamentos, agrupa-os em conjuntos de quantidade definida em uma segunda embalagem e insere-os novamente no sistema de informações (agora em formato unitarizado) para que, em seguida, um funcionário da empresa terceirizada rearmazene-os.

Figura 6 – Modelo em PFS detalhado da atividade [Processar] com detalhamento da atividade [Unitarizar com tesoura]



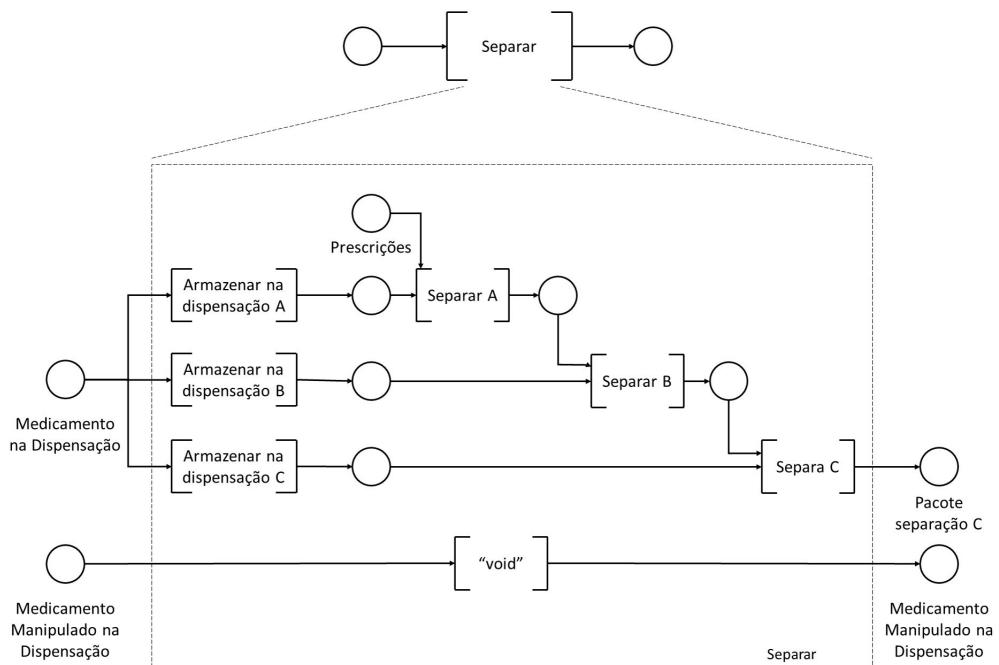
Fonte: Elaborado pelo autor.

Além do corte de *blisters*, existem medicamentos que são unitarizados com o auxílio de uma máquina que consegue processar apenas comprimidos fora do *blister*. Quando há fracionamento de medicamentos com rompimento da embalagem primária o prazo de validade deve ser revisto para 25% do tempo restante que consta na embalagem original [20] e por isso a máquina é usada apenas para a unitarização de comprimidos em embalagens múltiplas.

A Figura 7 descreve o modo como são separados os medicamentos na Dispensação. Dada a distribuição dos medicamentos nesse local e o modo como isso afeta o processo, os medicamentos são reclassificados de acordo com o local de dispensação (A, B e C), como explicado no item 3.3. Na modelagem, assim como no processo real, as etapas de separação em A, B e C foram cascadeadas. Assim, para a atividade [Separação A], existem duas entradas (as prescrições e os medicamentos armazenados no local A da Dispensação) e a saída consiste no pacote com os medicamentos prescritos do tipo A. Para a atividade [Separação B], as entradas são o pacote resultante da separação A e os medicamentos armazenados no local B da Dispensação e a saída consiste no pacote com os medicamentos prescritos dos tipos A e B. Similarmente, a saída da atividade [Separar C] consiste no pacote com os medicamentos prescritos dos tipos A, B e C. Para fins de simplificação, assumiu-se na modelagem que as prescrições sempre contém medicamentos dos tipos A, B e C e que há a mesma quantidade de cada tipo.

Nos dias úteis de uma semana, a separação na farmácia do HU ocorre por um período de 5 a 6 horas e conta com funcionários que lêem as prescrições e separam os medicamentos e funcionários que conferem o que foi separado. Nos turnos com menor demanda (manhã e noite) há uma quantidade menor de funcionários, mas o processo é similar, sendo que são dispensadas apenas as prescrições extras solicitadas nesses horários.

Figura 7 – Modelo em PFS detalhado da atividade [Separar]

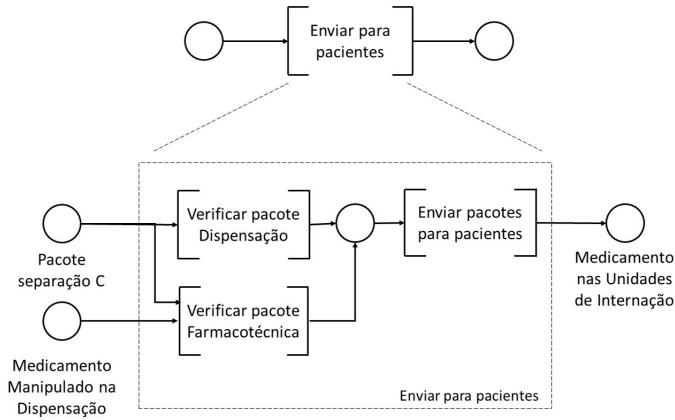


Fonte: Elaborado pelo autor.

Finalmente, a Figura 8 detalha a atividade de envio dos medicamentos. Depois da separação dos medicamentos de cada prescrição em pacotes, estes são verificados por um técnico da Dispensação e em seguida são enviados aos pacientes de cada Unidade de Internação.

Algumas prescrições incluem medicamentos que devem ser manipulados na Farmacotécnica. Por isso, no modelo, separou-se a verificação em duas atividades. [Verificar pacote Dispensação] representa a conferência de pacotes de medicamentos separados para prescrições sem itens manipulados na Farmacotécnica e [Verificar pacote Farmacotécnica] representa a conferência de pacotes com itens da Farmacotécnica, e por isso esta segunda atividade tem como entrada tanto o distribuidor “Pacote separação C”, quanto “Medicamento manipulado na Dispensação”.

Figura 8 – Modelo em PFS detalhado da atividade [Enviar para pacientes]



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 4.3 Descrição em nível funcional em RdP

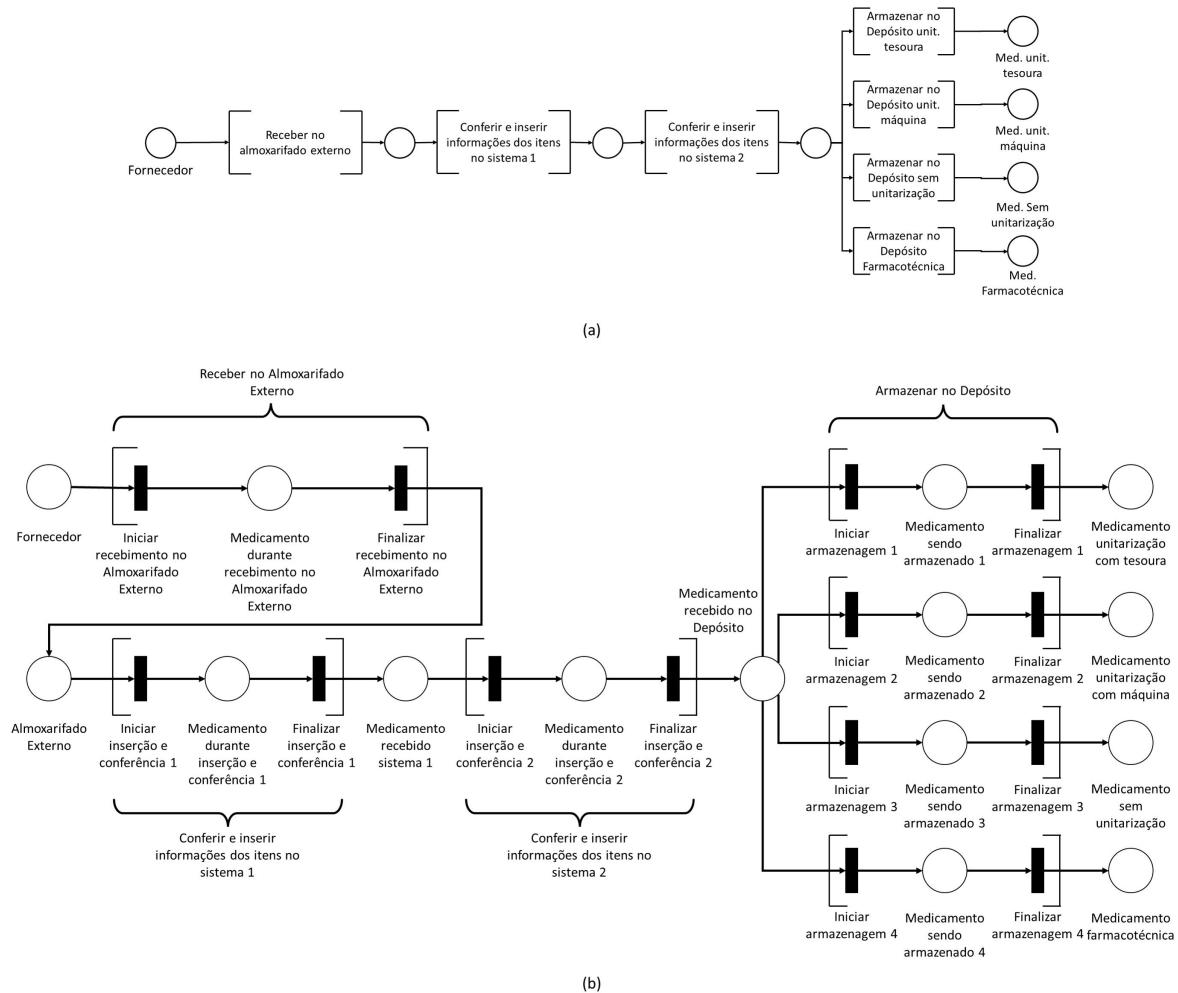
Um modelo de processo em RdP [6] é composta por: (i) transições, que representam eventos; (ii) lugares que representam os estados, isto é, a localização e formato do medicamento (se ele está unitarizado ou não, no caso); (iii) e arcos direcionados, que ligam transições e lugares. Marcas (*tokens*) indicam se um estado é válido, no caso da modelagem da farmácia, marcas representam itens de medicamentos, informações e recursos (pessoas ou máquinas) que são necessários para a ocorrência de um evento.

Os modelos em RdP descrevem o comportamento dinâmico de um processo. Os modelos desenvolvidos descrevem assim o funcionamento da farmácia detalhando todas as atividades e subatividades identificadas no modelo em PFS.

A partir do modelo em PFS, o sistema é detalhado por meio de modelos em RdP usando-se o *software PIPE* v4.3.0. O desenvolvimento dos modelos em RdP é realizado em partes de acordo com as atividades descritas no modelo em PFS.

Na Figura 9 a) é reproduzido o modelo em PFS da atividade [Receber] da farmácia. Para derivar o modelo em RdP a partir do modelo em PFS, cada atividade do PFS é representada em RdP por duas transições e um lugar ligados por arcos direcionados. E cada distribuidor é substituído por um lugar correspondente no modelo de RdP. O resultado dessas substituições é o modelo em RdP da Figura 9 b).

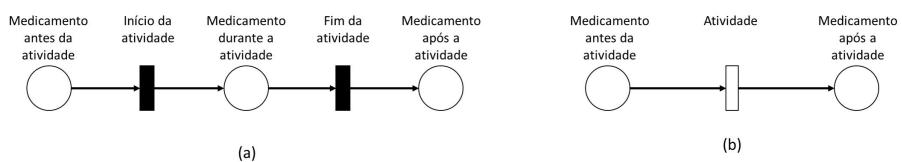
Figura 9 – Modelo da atividade [Receber] a) em PFS e b) em RdP



Fonte: Elaborado pelo autor.

No segundo passo de desenvolvimento do modelo em RdP, o conjunto composto por duas transições não temporizadas que representam o início e o fim de uma atividade e um local que representa o estado em que essa atividade está sendo executada, são substituídas por uma transição temporizada. Nas figuras adotou-se a representação das transições não temporizadas como retângulos preenchidos e das transições temporizadas como por retângulos não preenchidos, conforme a Figura 10.

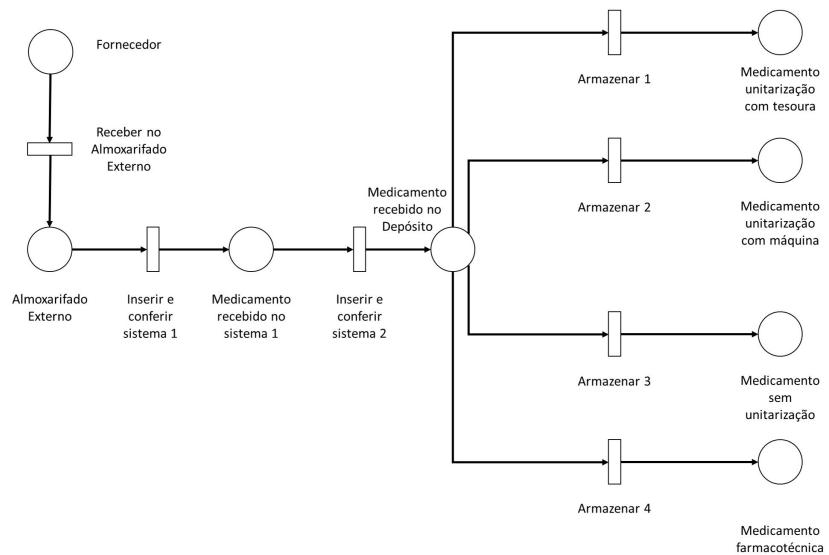
Figura 10 – Representação em RdP de atividade com transições a) não temporizadas e b) temporizadas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Abaixo na Figura 11 é mostrado o resultado desse segundo passo de desenvolvimento do modelo em RdP.

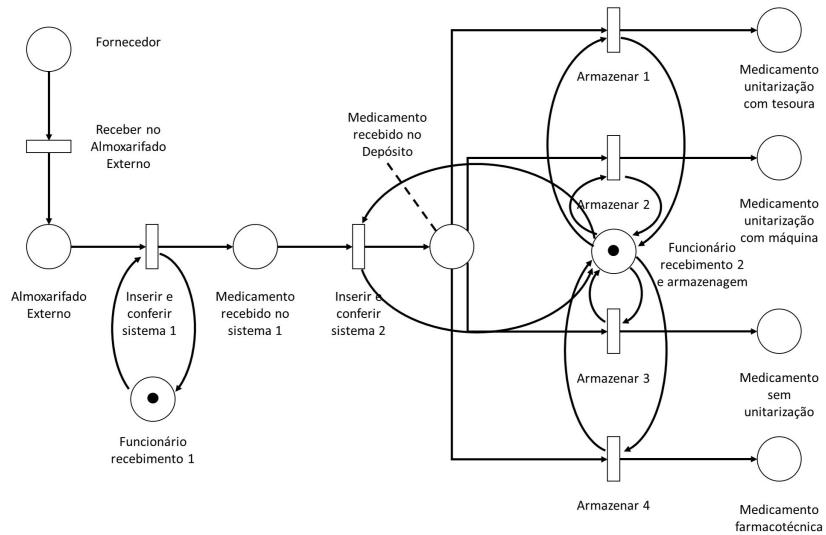
Figura 11 – Modelo em RdP temporizada para a atividade [Receber]



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em um terceiro e último passo, são acrescentados ao modelo recursos (funcionários ou máquinas), representados por lugares com marcações do número disponível de funcionários. No caso do processo de recebimento, para simplificação, considerou-se na modelagem que há 1 funcionário responsável por receber os medicamentos provenientes do Almoxarifado Externo no Depósito utilizando o sistema 1. E outro funcionário, este da empresa terceirizada, responsável por receber os medicamentos no sistema 2 e armazená-los no Depósito. Também considerou-se no modelo que não é necessário indicar recursos para realizar a atividade [Receber no Almoxarifado Externo], uma vez que o foco do estudo são os processos realizados no Depósito e na Dispensação como proposto no item 3. Esse modelo em RdP da atividade [Receber] com recursos é mostrado na Figura 12.

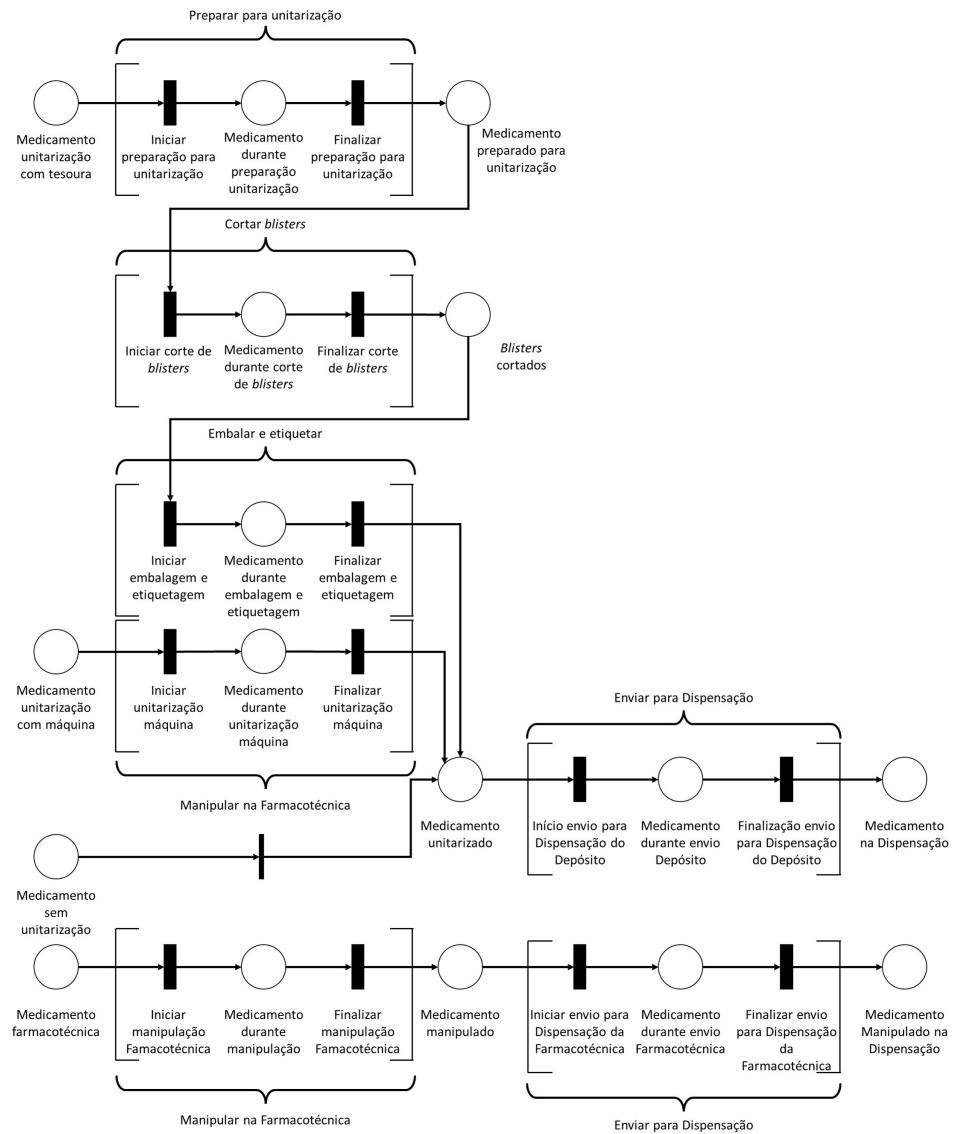
Figura 12 – Modelo em RdP temporizada e com recursos para a atividade [Receber]



Fonte: Elaborado pelo autor.

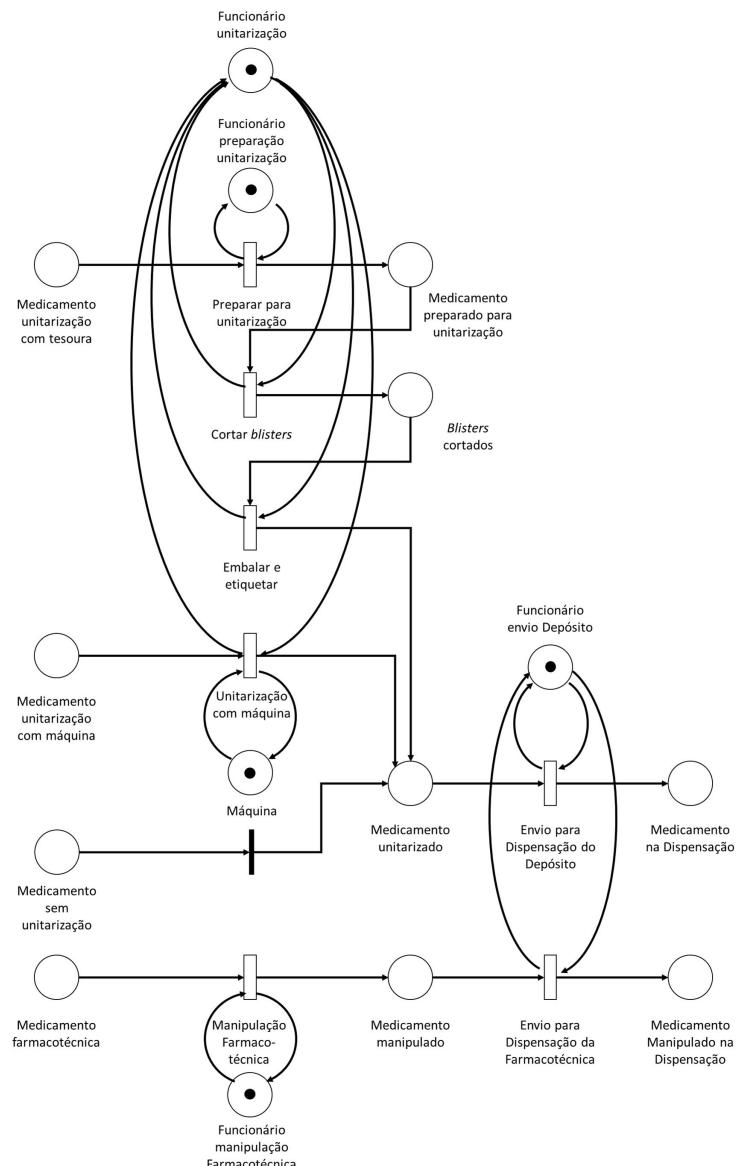
Para construção do modelo em RdP da atividade [Processar], assim como para as demais atividades, seguiu-se a mesma metodologia descrita para o recebimento: a partir da descrição em PFS é derivado o modelo em RdP não temporizada e em seguida cada conjunto [transição de “início”, atividade em execução, transição de “fim”] é transformado em uma transição temporizada e os recursos envolvidos são incluídos, sendo que, em alguns casos, esses recursos são compartilhados por mais de uma atividade. O desenvolvimento da modelagem para a atividade de processamento é mostrado nas Figuras 13 e 14.

Figura 13 – Modelo em RdP da atividade [Processar]



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 – Modelo em RdP temporizada e com recursos da atividade [Processar]

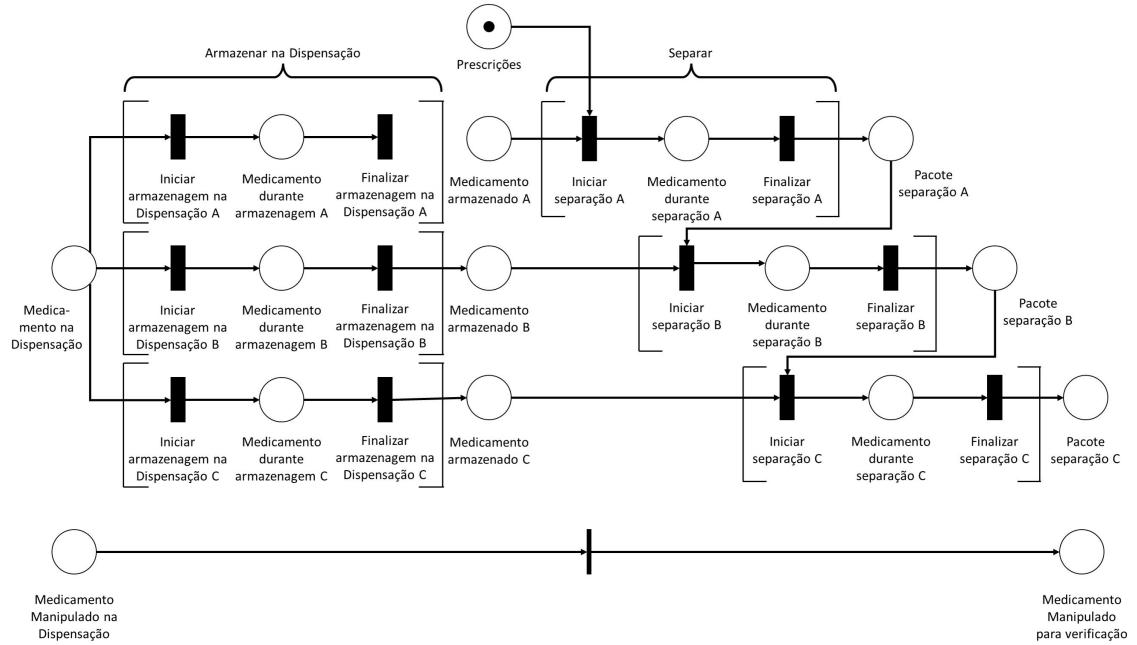


Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 15 é mostrado o modelo em RdP resultante do primeiro passo de modelagem a partir do PFS da atividade [Separar]. Como cada etapa da separação (A, B e C) só pode ocorrer após a conclusão da etapa anterior, um arco direcionado liga o lugar final da etapa A de separação à primeira transição correspondente ao início da atividade de separação B, e o mesmo foi feito entre as etapas B e C. Também tem-se um lugar para representar as prescrições que chegam na Dispensação. A existência de prescrições nesse lugar habilita a transição correspondente à atividade da etapa A de separação.

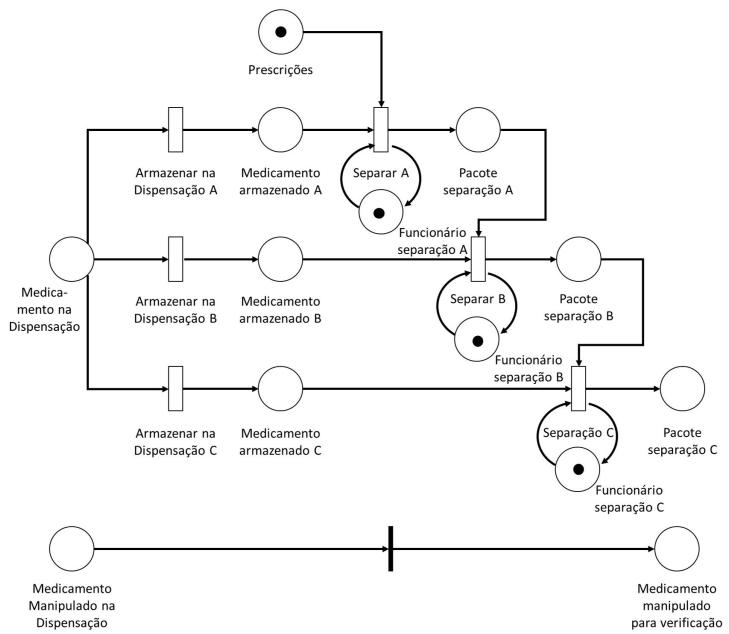
No segundo e terceiro passo de construção do modelo (resultado apresentado na Figura 16), foram acrescentados três recursos (funcionários) responsáveis pela separação de medicamentos conforme descrito no item 3.3.

Figura 15 – Modelo em RdP da atividade [Separar]



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 – Modeo em RdP temporizada e com recursos da atividade [Separar]

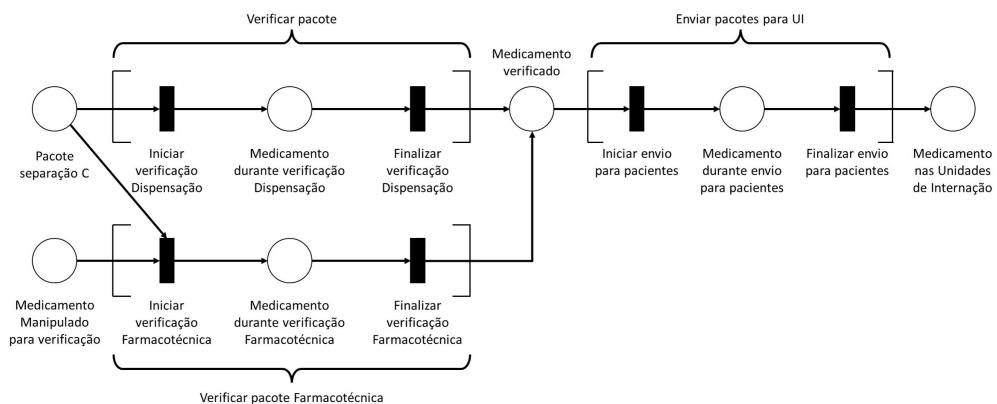


Fonte: Elaborado pelo autor.

O desenvolvimento do modelo em RdP para a última atividade, [Enviar para pacientes], é mostrado nas Figuras 17 e 18. Considerou-se que há pacotes com e sem itens da Farmacotécnica, e assim como no modelo em PFS, a atividade de verificação do pacote

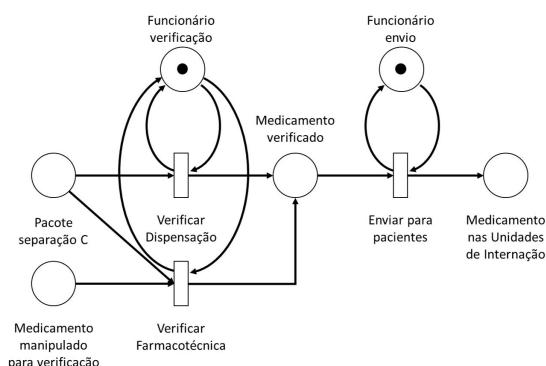
de medicamentos foi representada por duas atividades. A primeira atividade, [Verificar Dispensação], necessita apenas da disponibilidade de pacotes separados na Dispensação para ser habilitada. A segunda atividade, [Verificar Farmacotécnica], necessita tanto da disponibilidade de um pacote separado na Dispensação, quanto de medicamentos manipulados na Farmacotécnica para ser habilitada.

Figura 17 – Modelo em RdP da atividade [Enviar para pacientes]



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 – Modelo em RdP temporizada e com recursos da atividade [Enviar para pacientes]



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.4 Verificação e validação

A verificação do modelo funcional do sistema em RdP consiste em avaliar a estrutura e a evolução da marcação no grafo. O modelo resultante foi editado e simulado no *software PIPE* v4.3.0 e observou-se que ele possui um funcionamento adequado, isto é, foram verificadas suas propriedades comportamentais e estruturais, tais como vivacidade, conservatividade e reversibilidade de acordo com o previsto pelos funcionários que hoje atuam na farmácia do HU.

A validação do modelo busca avaliar sua coerência com o objetivo geral do projeto. Essa etapa foi realizada a partir da coleta de dados, desenvolvimento de premissas e simulação do modelo em RdP, de modo que os resultado obtidos pudessem ser avaliados. Simulou-se o modelo com cenários baseados em dados reais das entradas e observou-se que as saídas são coerentes com os resultados esperados. Dessa forma, o modelo foi validado.

#### 4.4.1 Simulação

Para a análise dos modelos via simulação foram utilizadas as premissas do item 4.1 para definição da marcação inicial, isto é, o estado inicial de cada cenário. Neste estudo sendo que foi simulado o equivalente às tarefas de 1 dia na farmácia. Além disso, dada a quantidade de componentes e a complexidade do modelo em RdP, optou-se por avaliar separadamente partes do modelo (atividades identificadas no PFS), interpretando-se os resultados para avaliação do modelo completo e do sistema.

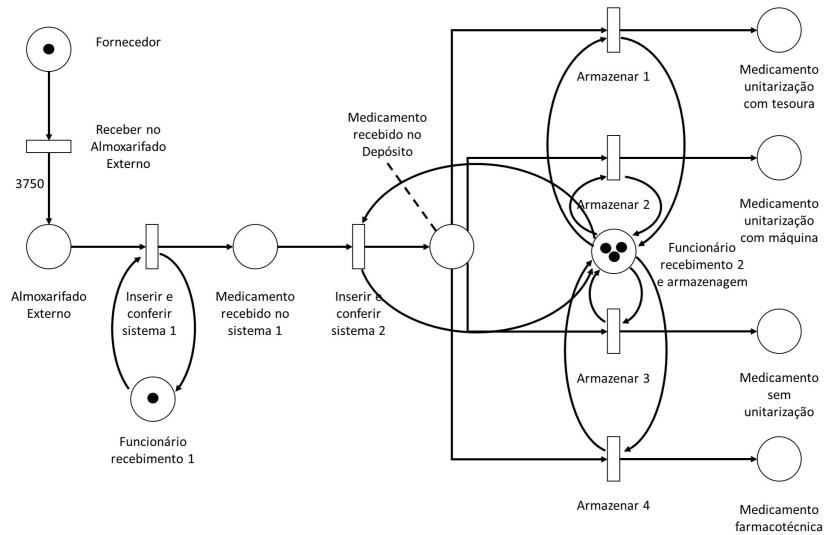
Na farmácia do HU algumas tarefas são realizadas pelos mesmos funcionários (como o recebimento e o processamento), o que indica um compartilhamento de recursos no modelo em RdP. Todavia, as tarefas consideradas (receber, processar, separar e enviar) quando realizadas pelos mesmos funcionários ocorrem em horários distintos, o que leva à consideração de que todos os funcionários que realizam determinada tarefa estejam disponíveis durante sua realização. Assim, tem-se o detalhamento da simulação descrito nos itens 4.4.1.1, 4.4.1.2 e 4.4.1.3.

##### 4.4.1.1 Receber

Considerando uma situação na qual a quantidade de medicamentos utilizados em 1 dia é a mesma que o HU recebe diariamente, tem-se que são recebidos 3750 medicamentos (doses unitárias) por dia. Isso é representado no modelo em RdP inserindo 1 marca no lugar “Fornecedor” e colocando um peso de 3750 no arco entre a atividade [Receber no Almoxarifado Externo] e o lugar “Almoxarifado Externo”.

A atividade [Inserir e conferir sistema 1] é realizada por 1 funcionário da empresa terceirizada, enquanto a atividade “Inserir e conferir sistema 2” é realizada por 3 funcionários da farmácia. Com isso, tem-se o modelo em RdP com as marcas iniciais conforme a Figura 19 para simulação da atividade [Receber].

Figura 19 – Modelo em RdP com marcação inicial da atividade [Receber]



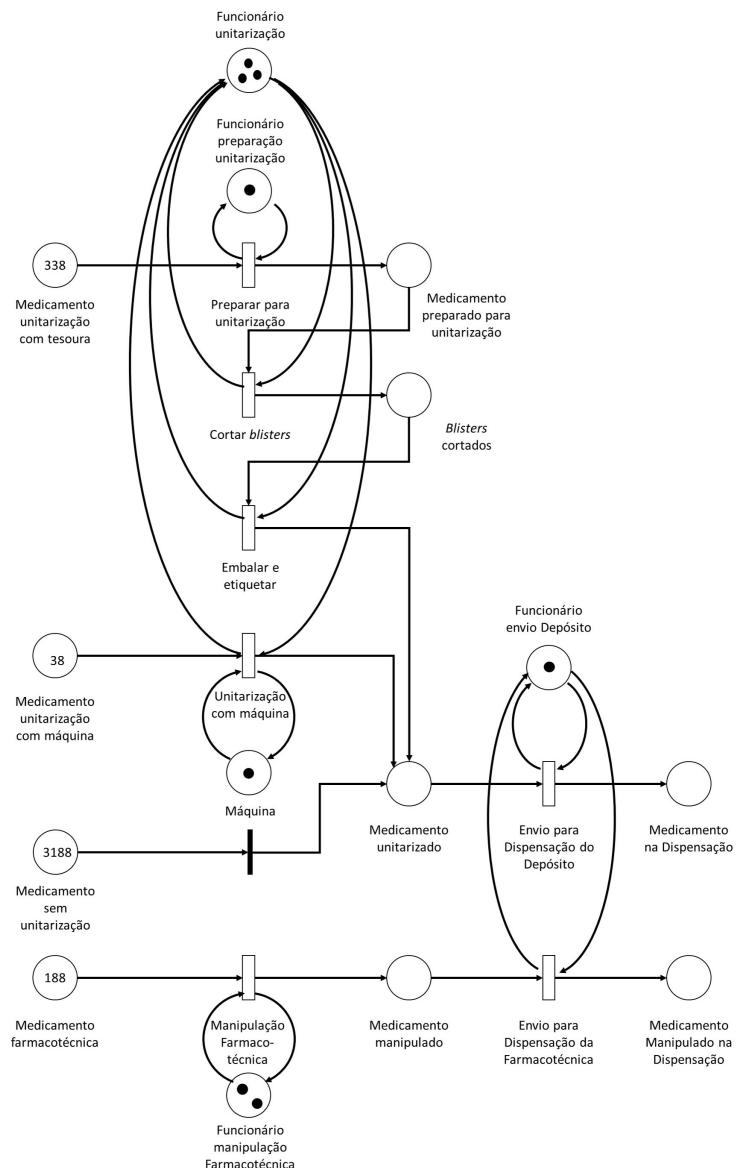
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4.1.2 Processar

De acordo com os resultados da simulação da atividade [Receber] de acordo com a marcação inicial na 19, para a simulação da atividade [Processar] tem-se 338 marcas iniciais no lugar “Medicamento unitarização com tesoura”, 38 marcas no lugar “Medicamento unitarização com máquina”, 3188 marcas iniciais no lugar “Medicamento sem unitarização” e 188 marcas iniciais no lugar “Medicamento farmacotécnica”, estes dados são coerentes com os dados coletados junto ao pessoal do HU e com as premissas adotadas.

Existe na farmácia 1 funcionário que realiza a atividade [Preparar para unitarização] e 3 funcionários que realizam corte, etiquetagem e unitarização com máquina. Na farmacotécnica há 2 funcionários para as tarefas de manipulação dos medicamentos e há 1 funcionário para enviar os medicamentos do Depósito e da Farmacotécnica para a Dispensação. Assim, obtém-se o modelo em RdP da Figura 20 para simulação da atividade [Processar].

Figura 20 – Modelo em RdP com marcação inicial da atividade [Processar]



Fonte: Elaborado pelo autor.

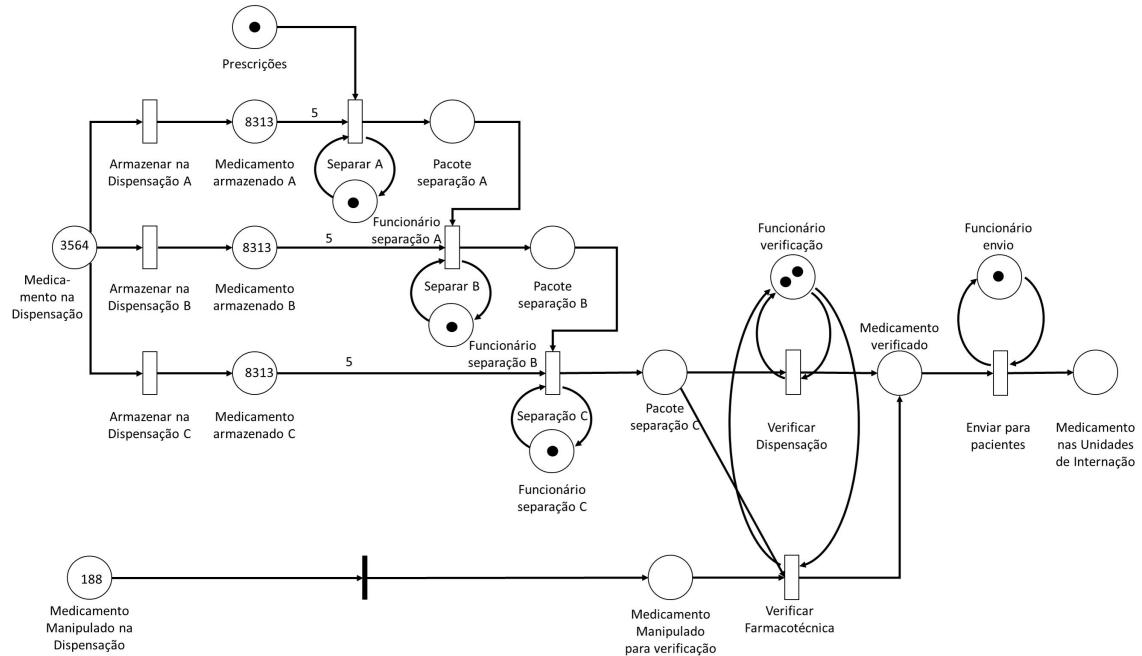
#### 4.4.1.3 Separar e enviar

Para simulação da separação e envio, são inseridas 250 marcas iniciais no lugar “Prescrições”, pois de acordo com o pessoal do HU é este tipo de conjunto que diariamente costuma ser entregue para a equipe da Dispensação. Há 1 funcionário responsável pela separação de cada tipo de medicamento (A, B ou C) e existe um estoque de 7 dias na Dispensação, de modo que se considera 8313 marcas iniciais nos lugares “Medicamento armazenado A”, “Medicamento armazenado B” e “Medicamento armazenado C”. Como em geral se tem o consumo de 5 medicamentos de cada tipo (A, B e C) para cada prescrição separada, são colocados pesos com valor 5 nos arcos de saídas dos lugares de “Medicamentos

armazenados”.

Além disso, 2 funcionários realizam a verificação dos medicamentos e 1 funcionário diferente é responsável pelo envio. Dessa forma, obtém-se o modelo em RdP com a configuração inicial da Figura 20 para simulação.

Figura 21 – Modelo em RdP com marcação inicial das atividades [Separar] e [Enviar para pacientes]



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.5 Análise do sistema atual

A partir da análise do modelo da farmácia percebe-se a existência de atividades manuais que demandam que a rotina dos funcionários seja dedicada exclusivamente a essas tarefas. Estas atividades manuais são propensas a mais erros quando comparadas a atividades automatizadas, o que implica em menor segurança para os pacientes.

Foram simulados cenários nos quais não há falta de funcionários, representando assim um dia regular na farmácia. Esses cenários abrangem a maior parte dos dias na farmácia do HU, de forma que essa proposta é adequada para o que é proposto neste trabalho.

Baseado na análise do sistema atual de funcionamento da farmácia e na demanda intrínseca por medidas que reduzem a possibilidade de erros de medicação além de melhorar o desempenho operacional, o estudo de automação dos processos envolvidos foram focados em três partes: (i) na recepção dos medicamentos, (ii) no processamento e (iii) na separação e envio para pacientes.

# 5

## Estudo de automação

Para cada atividade detalhada e modelada anteriormente ([Receber], [Processar], [Separar] e [Enviar para pacientes]) são apresentadas neste capítulo algumas soluções de automação. A avaliação dessas soluções é baseada na comparação dos resultados do modelo do sistema atual com os resultados do modelo do sistema com automação.

Para desenvolvimento das propostas foram pesquisadas soluções de mercado para automação de atividades numa farmácia hospitalar, como máquinas e *softwares* comercializados pelas empresas SisnacMed [21], Swisslog [22], Sinteco [23] e Opuspac [24].

Estas máquinas possuem funcionalidades diversas que visam cobrir total ou parcialmente as tarefas do dia a dia de uma farmácia hospitalar. As empresas apresentam assim soluções tanto para tarefas específicas quanto para alguns processos como um todo, conforme exemplos expostos na Tabela 1. A tabela mostra em quais macro atividades as máquinas em questão atuam, sendo que uma automação "total" indica que todas as tarefas da atividade são influenciadas pelo uso da máquina, mas isso não quer dizer que não há funcionário algum atuando. Automações "parciais" indicam que parte das tarefas da macro atividade são afetadas. Quando "não há" automação em uma atividade, a máquina em questão simplesmente não influencia diretamente nessa atividade.

Tabela 1 – Comparaçao de algumas máquinas disponíveis no mercado

	Blister COBI (SisnacMed)	Opus 30i+BC (Opuspac)	Pegasus C (Sinteco)	PillPick (Swisslog)
[Receber]	total	total	total	total
[Processar]	parcial	total	não há	total
[Separar]	não há	não há	total	total
[Enviar]	não há	não há	parcial	total

Os *softwares* encontrados (por exemplo: *Pharmacy Manager* da empresa Swisslog [22], Opus 4.0 da empresa Opuspac [24] e Athena da empresa Sinteco [23]) compõem o sistema de informação para integração das máquinas com controle de estoque e de rastreamento dos medicamentos.

Conforme apresentado no item 3.4, ao considerar o rastreamento dos medicamentos, a revisão do sistema visa inserir no sistema da farmácia uma forma mais completa e automatizada de rastreamento. Isso viabiliza uma base de dados sólida e com mais informações para o hospital além da possibilidade de gerar alertas para erros e ser uma fonte efetiva de informações para conferência dos medicamentos que foram ministrados para cada paciente.

O sistema de rastreamento está acoplado a várias propostas de automação de partes do processo. Para uma verificação final de que um paciente específico recebeu a medicação devida, é necessário que o paciente possua uma identificação, como uma pulseira com um código de barras e que os enfermeiros realizem a leitura desse código de barras e dos códigos dos medicamentos ao ministrarem o que foi prescrito.

Dado isso, para a avaliação das propostas de automação, os seguintes critérios foram adotados:

- Critério 1: Resposta a aumento de demanda (avalia-se aqui a dificuldade para o processo analisado atender uma demanda maior. A resposta é considerada “boa” se para dobrar o número de prescrições atendidas as mudanças forem poucas e rápidas<sup>1</sup>. Por outro lado, a resposta é considerada “ruim” se para dobrar o número de prescrições atendidas forem necessárias mudanças complicadas e trabalhosas<sup>1</sup>);
- Critério 2: Tempo total (horas) dedicado de funcionários por dia (aqui são consideradas apenas horas de funcionários da farmácia);
- Critério 3: Presença de rastreamento dos medicamentos (parcial quando há algum controle, mas não do início ao fim e total quando há controle do início ao fim do processo);
- Critério 4: Número de interações dos medicamentos com humanos. Este é um dos indicadores de qualidade de uma farmácia hospitalar, já que quanto menos pessoas estão envolvidas no processo, menor a possibilidade de erro humano.

É importante destacar que existem outros critérios que não foram considerados neste estudo, como custos de alteração de um procedimento, tempo de implementação de um novo procedimento, necessidade de treinamento das pessoas envolvidas e custo de

<sup>1</sup> Para estabelecer o que significam mudanças poucas e rápidas ou muitas e trabalhosas foi utilizada a percepção de alguns funcionários do HU e a percepção gerada nas autoras deste trabalho a partir das visitas ao HU. Considera-se que para dobrar o número de prescrições atendidas hoje as mudanças seriam muitas e trabalhosas, pois seriam necessárias alterações físicas no ambiente da farmácia, além da contratação do dobro de funcionários. Comparando esse cenário com um no qual os processos são automatizados, entende-se que as mudanças no cenário automatizado para atender o dobro de prescrições são poucas e rápidas por exigirem menos mudanças estruturais no ambiente e menos mão de obra nova.

manutenção. Isso porque o foco do trabalho está em avaliar como a técnica de modelagem e análise aqui adotadas contribui para o estudo de soluções de automação que diminuem as tarefas repetitivas e manuais feitas por pessoas e melhoram a qualidade do processo e a segurança do paciente.

Também não foi considerado neste estudo os casos de falha/defeito/quebra de máquinas. Situações anormais (quebra de máquina ou falta de funcionários, por exemplo), precisam ser previstas e planos de ação devem existir para cada cenário, mas isso não foi aqui considerado, focando o estudo em quando os sistemas (com e sem automação) funcionam normalmente.

## 5.1 Propostas de soluções automatizadas

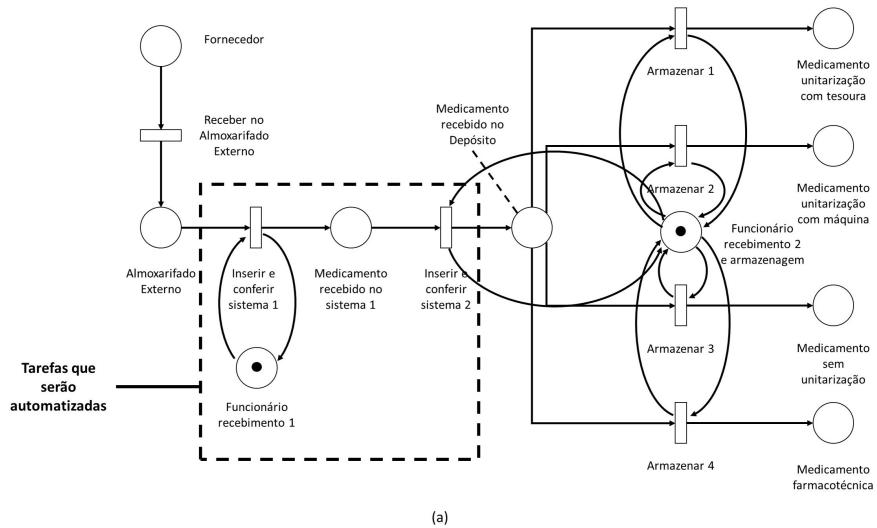
### 5.1.1 Proposta 1 - Receber

A primeira proposta consiste na utilização de um *software* único para gestão do recebimento e controle de medicamentos da farmácia, o que elimina o retrabalho descrito no item 4.2. Independente do sistema utilizado, as informações de cada medicamento devem ser inseridas de alguma maneira no sistema de gestão. Conforme descrito no item 4.2, na farmácia do HU grande parte das informações é colocada manualmente nos sistemas.

O ideal seria que cada medicamento fosse fornecido com uma identificação padronizada com os dados necessários para seu controle e rastreamento. Nesse sentido, existe no Brasil atualmente uma regulamentação que estabelece a adoção do código bidimensional DataMatrix para o Identificador Único de Medicamentos (IUM), que deve conter as seguintes informações: Número Global de Item Comercial (GTIN) da apresentação, Número de registro da apresentação do medicamento junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Código serial, de até 20 dígitos, Data de validade e Lote de fabricação [25]. Essa regulamentação para rastreabilidade está atualmente em fase de teste, e deve entrar em vigor em 2019 [26]. Dado que parte das empresas já adota esse padrão descrito e que a lei entrará em vigor em breve, considera-se aqui que todos os medicamentos possuem o IUM descrito e que um *software* pode ser capaz de ler o IUM de um medicamento e colocar os dados automaticamente no sistema.

Uma proposta de implementação de um *software* de uma das empresas pesquisadas faz com que haja a modificação no modelo em RDP conforme indicado nas Figuras 22 e 23.

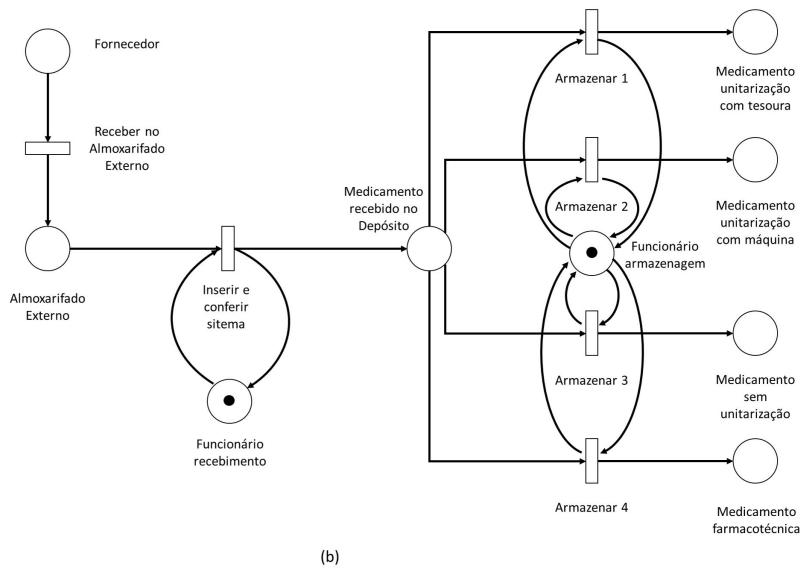
Figura 22 – Modelo em RdP para a atividade [Receber] sem automação



(a)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 23 – Modelo em RdP para a atividade [Receber] com automação



(b)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparando os dois casos (com e sem automação) a partir dos critérios descritos anteriormente, tem-se os dados da Tabela 2.

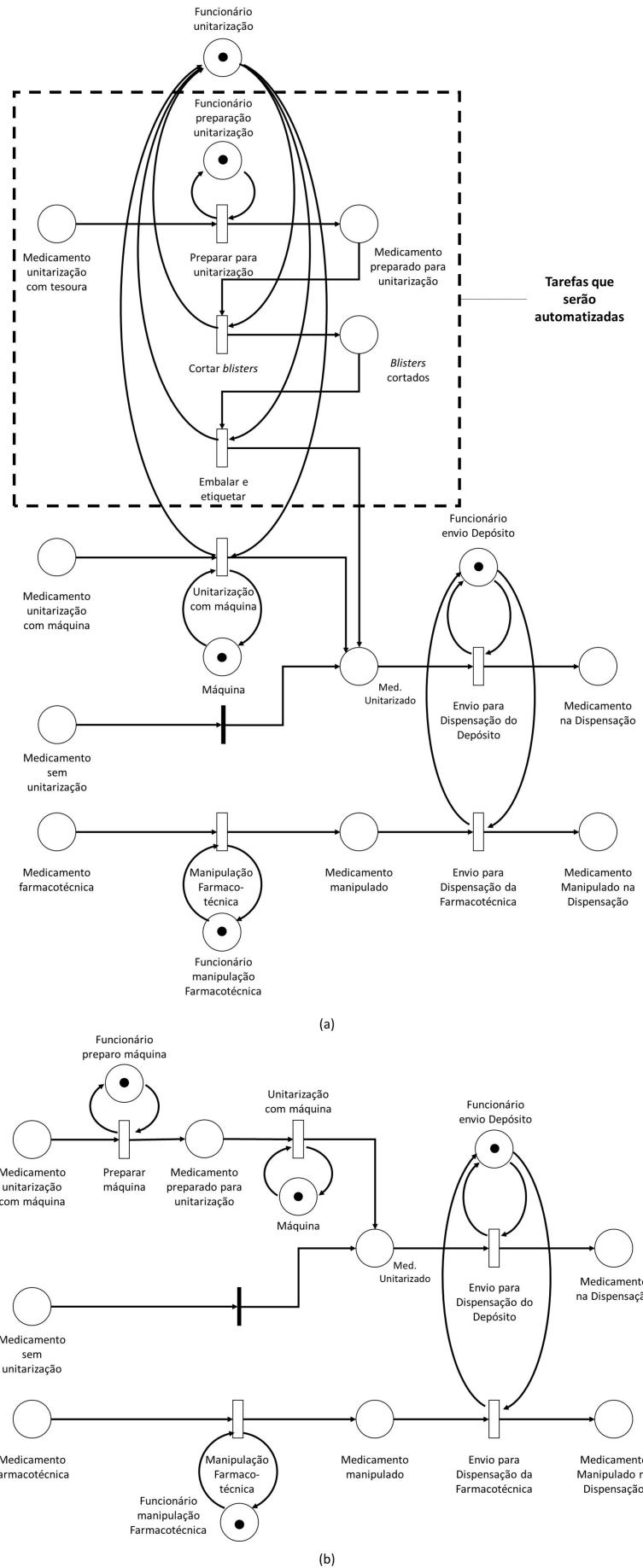
Tabela 2 – Comparação entre o sistema atual da farmácia e a proposta de automação 1 - atividade [Receber]

	Modelo Atual	Proposta 1
Critério 1 (Resposta a aumento de demanda)	baixa	alta
Critério 2 (Tempo funcionários)	16 horas	6 horas
Critério 3 (Rastreamento)	total	total
Critério 4 (Número de interações com humanos)	2	1

### 5.1.2 Proposta 2 - Processar

Para automação do processamento foi considerado também o uso de máquinas para substituição da [Unitarização via tesoura]. Aqui a função da máquina é cortar os *blisters* e embalá-los. Para esse processo existem máquinas que exigem o acompanhamento obrigatório de um operador enquanto outras necessitam do operador humano apenas no abastecimento de (*blisters* colocados na máquina), e na retirada dos produtos finalizados (medicamentos unitarizados e embalados). Foi considerada aqui a segunda opção, usando como referência os dados da máquina PillPick, da empresa Swisslog [27] sendo que o processo com essa automação é apresentado na Figura 24.

Figura 24 – Modelo em RdP para a atividade [Processar] a) sem automação b) com automação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Máquinas similares encontradas no mercado, como a utilizada neste caso, depois de abastecidas cortam, embalam e etiquetam em torno de 600 medicamentos por hora e podem processar vários tipos de medicamentos, o que diminui drasticamente o tempo de unitarização.

Dessa forma, para a proposta de automação para o processamento, tem-se os dados da Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação entre o modelo atual da farmácia e a proposta de automação 2 - atividade [Processar]

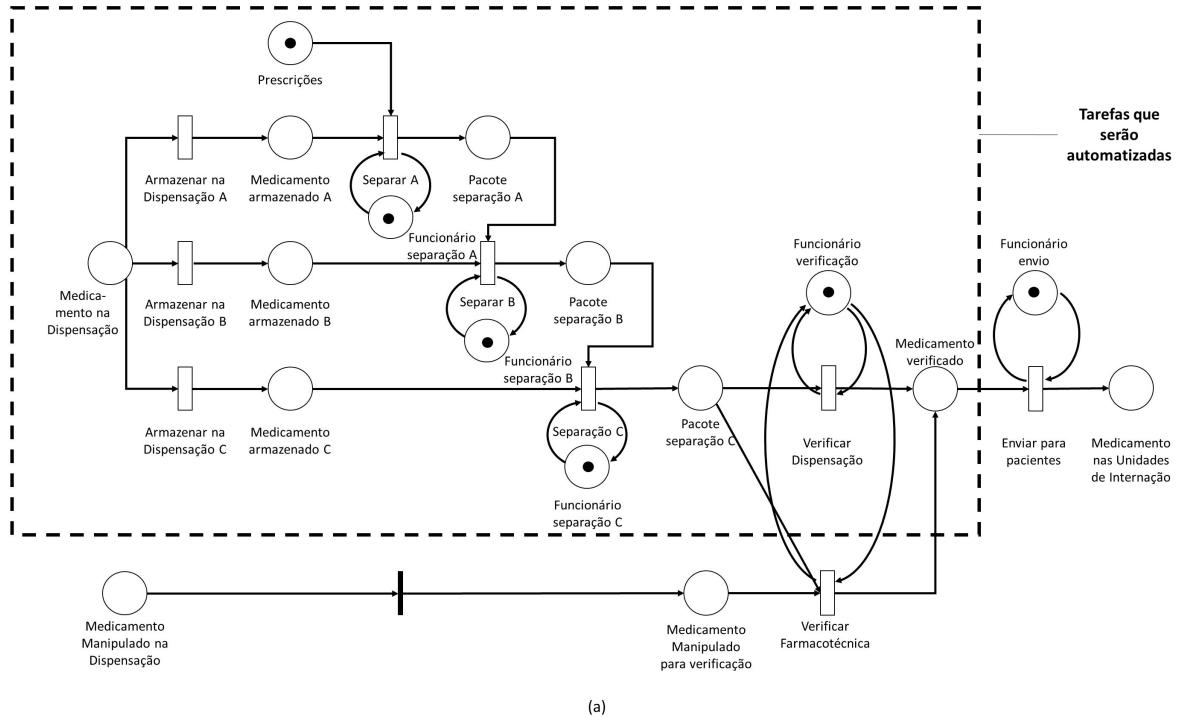
	Modelo Atual	Proposta 2
Critério 1 (Resposta a aumento de demanda)	baixa	alta
Critério 2 (Tempo funcionários)	22 horas	2 horas
Critério 3 (Rastreamento)	total	total
Critério 4 (Número de interações com humanos)	3	1

### 5.1.3 Proposta 3 - Separar e Enviar para pacientes

Neste caso considera-se automações relativas à área de Dispensação da farmácia. Foi aqui também considerado o uso da máquina PillPick, da empresa Swisslog [27], sendo que ao receber uma prescrição médica (digital), a máquina dispensa e identifica os medicamentos do paciente e libera o pacote pronto para ser enviado. A máquina PillPick possui a capacidade de dispensar 1000 doses por hora, sendo que a necessidade de um operador da máquina nesse processo está apenas no recolhimento dos pacotes dispensados.

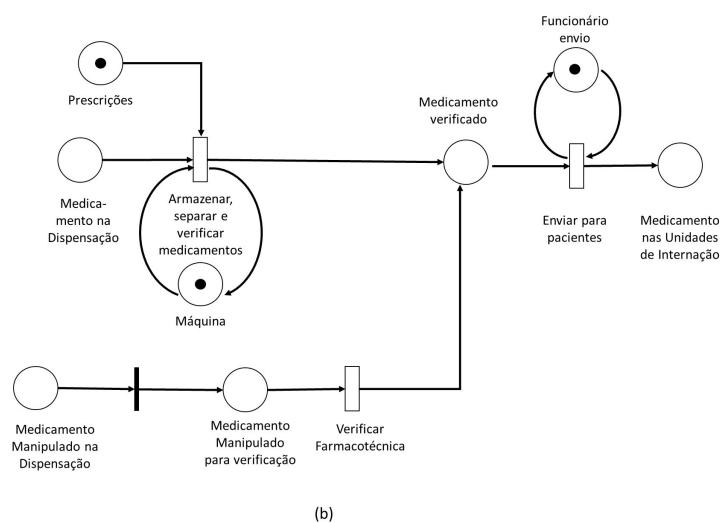
Para essa proposta, tem-se a modelagem apresentada nas Figuras 25 e 26.

Figura 25 – Modelo em RdP para as atividades [Separar] e [Enviar para pacientes] sem automação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 26 – Modelo em RdP para as atividades [Separar] e [Enviar para pacientes] com automação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o novo modelo, tem-se a comparação apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação entre o modelo atual da farmácia e a proposta de automação 3 - atividade [Separar] e [Enviar para pacientes]

	Modelo Atual	Proposta 3
Critério 1 (Resposta a aumento de demanda)	baixa	alta
Critério 2 (Tempo funcionários)	30 horas	1 hora
Critério 3 (Rastreamento)	parcial	total
Critério 4 (Número de interações com humanos)	6	1

## 5.2 Análise dos resultados

As propostas aqui apresentadas exemplificam as vantagens da automação em relação a tarefas repetitivas e manuais.

Ao considerar a aplicação em conjunto das 3 propostas e conceber um sistema de farmácia automatizado, tem-se os dados da Tabela 5

Tabela 5 – Comparação entre o modelo atual da farmácia e as propostas de automação em conjunto

	Modelo Atual	Proposta completa
Critério 1 (Resposta a aumento de demanda)	baixa	alta
Critério 2 (Tempo funcionários)	68 horas	9 horas
Critério 3 (Rastreamento)	parcial	total
Critério 4 (Número de interações com humanos)	11	3

Considerando a situação na qual a farmácia funciona normalmente (situação analisada aqui), em todos os critérios de comparação o sistema automatizado é superior ao atual nos quatro critérios adotados. A quantidade de horas de funcionários gastos diminui 85% quando são incluídos diferentes tipos de automação. A quantidade de interações do medicamento com humanos no processo diminuiu até 70%. Como os registros históricos indicam que na maior parte do tempo a farmácia funciona sem imprevistos, esse resultado é válido, mas em situações imprevistas o modelo deve ser revisto e analisado com as novas condições e reavaliado.

Apesar da implementação de um sistema com rastreamento ter sido avaliada apenas de maneira qualitativa, é claro seu potencial no registro e documentação médica dos pacientes e para aprimoramento do sistema como um todo, pois as informações obtidas, de localização e administração dos medicamentos, podem prevenir erros, evitar perdas e possibilitar uma melhor gestão. Com isso, mais uma vez a proposta automatizada se mostra melhor que o sistema atual.

Outro ponto de análise relevante é o de que outros critérios podem ser considerados (como custo ou tempo de implementação) e o resultado obtido pode ser diferente. Em casos onde há significativa limitação de recursos financeiros, por exemplo, a automação de apenas parte do sistema pode se mostrar uma alternativa mais vantajosa.

# 6

---

## Conclusão

Neste trabalho foi modelada a farmácia do HU-USP a partir da aplicação da teoria de SED e do formalismo de RdP. Para construção do modelo utilizou-se a abordagem *top-down* da técnica PFS. O resultado foi um modelo relativamente simples e que mostra a utilização de recursos e as principais funcionalidades envolvidas de forma clara. O modelo foi verificado, validado e analisado, de forma que conclui-se que a abordagem é válida para análise de farmácias hospitalares similares à do HU-USP, que adotam sistemas de doses unitarizadas de medicamentos.

A teoria de SED utilizada se mostrou adequada para a aplicação proposta, pois foi possível gerar um modelo em RdP temporizada que permite compreender o funcionamento do sistema e analisá-lo em diferentes condições. Além disso, o uso dessa teoria permite uma abordagem sistematizada para o estudo de propostas de automação pela substituição de partes do grafo que representam operações e funcionalidades a serem aprimoradas.

O modelo em RdP foi desenvolvido para o caso considerado da farmácia do HU-USP e foi detalhado tendo em vista os objetivos de modelar os processos envolvidos e estudar possibilidades de automação desse sistema. O estudo de automação foi realizado para as principais atividades da farmácia e mostrou que para essas atividades há soluções de mercado que auxiliam na redução de erros de medicação e no consequente aumento da segurança dos pacientes atendidos, além do aumento da produtividade da farmácia.

As principais limitações deste trabalho estão relacionadas com:

- Simplificações na modelagem, tais como classificação dos medicamentos e número de fornecedores;
- Necessidade de adoção de premissas devido à disponibilidade de informações em relação à quantidade exata de medicamentos consumidos e em relação ao tempo necessário para realização das tarefas;
- Simplificações nos cenários considerados na simulação, tais como compartilhamento

de recursos e casos de exceção (funcionários ausentes, interrupções, falha de máquina, etc.);

- Definição de critérios específicos no estudo de possibilidades de automação, como por exemplo o Rastreamento dos medicamentos, que é viável em processos com maior nível de automação.

Dadas essas limitações, podem ser considerados trabalhos futuros de modelagem de farmácias de outros hospitais. Além disso, o modelo da farmácia do HU-USP aqui desenvolvido pode ser usado ou adaptado para objetivos diferentes, como o estudo de previsão de demanda de um tipo específico de medicamento ou o estudo das tarefas da Farmacotécnica.

Trabalhos futuros podem também visar a análise de soluções de automação considerando outros critérios e outras atividades da farmácia ou ainda o desenvolvimento de novas soluções de automação. Como critérios adicionais a serem considerados, destaca-se custos de implantação, operação e manutenção, tempo e viabilidade estrutural de implantação e necessidade de treinamento de funcionários. Outras atividades da farmácia que podem ser estudadas são aquelas não detalhadas no modelo, como a manipulação na Farmacotécnica, o recebimento no Almoxarifado Externo, a elaboração de prescrições e a encomenda de medicamentos da farmácia.

---

## Referências

- 1 COUTO, R. et al. Anuário da segurança assistencial hospitalar no brasil [internet]. *Belo Horizonte: Instituto de Estudos de Saúde Suplementar*, 2017.
- 2 OMS. Estrutura conceitual da classificação internacional sobre segurança do doente. *Relatório Técnico Final. Direção Geral da Saúde*, 2011.
- 3 SILVA, A. et al. The process of drug dispensing and distribution at four brazilian hospitals: a multicenter descriptive study. *Lat Am J Pharm*, v. 27, n. 3, p. 446–53, 2008.
- 4 PINTO, T. Modelos para automação de farmácia de hospitais brasileiros. *Relatório Interno, Hospital Universitário da Universidade de São Paulo*, 2014.
- 5 CASSANDRAS, C. G.; LAFORTUNE, S. *Introduction to discrete event systems*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2009.
- 6 MIYAGI, P. E. *Controle programável: fundamentos do controle de sistemas a eventos discretos*. [S.l.]: Edgard Blucher, 2001.
- 7 MIELCZAREK, B.; UZIAŁKO-MYDLIKOWSKA, J. Application of computer simulation modeling in the health care sector: a survey. *Simulation*, Sage Publications Sage UK: London, England, v. 88, n. 2, p. 197–216, 2012.
- 8 FANTI, M. P.; UKOVICH, W. Discrete event systems models and methods for different problems in healthcare management. In: IEEE. *Emerging Technology and Factory Automation (ETFA), 2014 IEEE*. [S.l.], 2014. p. 1–8.
- 9 ROSSETTI, M. D.; KUMAR, A.; FELDER, R. A. Mobile robot simulation of clinical laboratory deliveries. In: IEEE COMPUTER SOCIETY PRESS. *Proceedings of the 30th conference on Winter simulation*. [S.l.], 1998. p. 1415–1422.
- 10 WONG, C. et al. Redesigning the medication ordering, dispensing, and administration process in an acute care academic health science centre. In: CITESEER. *Winter Simulation Conference*. [S.l.], 2003. v. 2, p. 1894–1902.
- 11 SPRY, C. W.; LAWLEY, M. A. Evaluating hospital pharmacy staffing and work scheduling using simulation. In: IEEE. *Simulation Conference, 2005 Proceedings of the Winter*. [S.l.], 2005. p. 8–pp.
- 12 DOTOLI, M. et al. Modeling and management of a hospital department via petri nets. In: IEEE. *Health Care Management (WHCM), 2010 IEEE Workshop on*. [S.l.], 2010. p. 1–6.

- 13 AMODIO, G. et al. A petri net model for performance evaluation and management of an emergency cardiology departments. *ORHAS*, 2009.
- 14 MAHULEA, C. et al. Modular petri net modeling of healthcare systems. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, v. 30, n. 1, p. 329–357, Jun 2018. ISSN 1936-6590. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10696-017-9283-9>>.
- 15 LIMA, F. et al. Petri net application in simulation of ambulatory processes. In: IEEE. *Industrial Electronics Society, IECON 2015-41st Annual Conference of the IEEE*. [S.l.], 2015. p. 004696–004701.
- 16 LEITE, C. R. et al. Modeling of medical care with stochastic petri nets. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 2010. p. 1336–1339.
- 17 MIYAGI, M. M.; MIYAGI, P. E.; KISIL, M. Modelagem e análise de serviços de saúde baseados em redes de petri interpretadas. *Production*, SciELO Brasil, v. 11, n. 2, p. 23–39, 2001.
- 18 ALMEIDA, S. H. O. d. Incorporação de novas tecnologias de informação em um sistema de distribuição de medicamentos: avaliação quanto ao aumento da segurança de pacientes. 2010.
- 19 SILVA, C. P. da; BRITO, R. dos R. Rastreamento de medicamentos na área hospitalar. *Facit Business and Technology Journal*, v. 1, n. 5, 2018.
- 20 VIGILÂNCIA, S. D. Ministério da saúde. *Secretaria de*, p. 40, 2006.
- 21 SISNACMED. 2018. [Http://sisnacmed.com.br/farmacia-hospitalar-armazenamento-de-medicamentos/](http://sisnacmed.com.br/farmacia-hospitalar-armazenamento-de-medicamentos/). Acessado em 12/10/2018.
- 22 SWISSLOG. 2018. [Https://www.swisslog.com/](https://www.swisslog.com/). Acessado em 12/10/2018.
- 23 SINTECO. 2018. [Https://www.sintecorobotics.com/pt/it/CA/sistema-de-gestao-de-dose-unitaria-27](https://www.sintecorobotics.com/pt/it/CA/sistema-de-gestao-de-dose-unitaria-27). Acessado em 12/10/2018.
- 24 OPUSPAC. 2018. [Https://opuspac.com.br/](https://opuspac.com.br/). Acessado em 12/10/2018.
- 25 ANVISA. ResoluÇÃo da diretoria colegiada – rdc n 157. 2017. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2724161/RDC\\_157\\_2017\\_.pdf/a91d19ef-937e-432b-b0-4bf9cb75062e](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2724161/RDC_157_2017_.pdf/a91d19ef-937e-432b-b0-4bf9cb75062e)>.
- 26 TI inside. *Sistema Nacional de Rastreamento de Medicamentos deve entrar em vigor em 2019*, 2018. Disponível em: <<http://tiinside.com.br/tiinside/23/08/2018/sistema-nacional-de-rastreamento-de-medicamentos-deve-entrar-em-vigor-em-2019/>>.
- 27 CHOU, J. Swisslog pillpick qa consultation report. 2011. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/324521359>>.