

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO NÚMERO DE CANDIDATOS A DOAÇÃO DE SANGUE NO *LEAD TIME* DE UM DOADOR EM UM HEMOCENTRO

MATEUS SANTANA

GILBERTO CLÓVIS ANTONELLI

Resumo

A disponibilidade de sangue é um ponto importante para todos os sistemas de saúde. Assim como qualquer organização, os hemocentros necessitam de boas práticas de gestão para atenderem seus clientes e manterem seus padrões de qualidades. Além disso, o uso de sangue e hemocomponentes, recursos necessários em vários tratamentos, é uma prática custosa para o governo, evidenciando a necessidade de uma boa gestão dos processos de hemocentros e unidades de coleta de sangue. Uma métrica útil para gerir esse tipo de organização é o lead time de seus doadores, por estar diretamente ligada à sua produtividade. Assim, o presente trabalho apresenta um estudo de caso do processo de doação de sangue do Hemocentro Regional de Maringá, com o intuito de mapear seus processos, determinar o lead time de um doador de sangue utilizando ferramentas da simulação computacional e verificar se o mesmo é influenciado pelo número de candidatos a doação de sangue em um dia de operação. Com o uso do software Flexsim HealthCare, foi possível construir o modelo e realizar as simulações computacionais, determinando os lead times médios dos doadores de sangue de uma amostra de dias de operação com 95% de nível de confiança e 5% de erro. Para verificar a existência da correlação entre as variáveis estudadas, utilizou-se o método do coeficiente de correlação linear. Por fim, observou-se um valor de 0,34 para o coeficiente, indicando não haver correlação entre o número de candidatos a doação de sangue em um dia com o lead time médio dos doadores.

Palavras-chave: *hemocentro; lead time; simulação; doação de sangue; Flexsim.*

1. Introdução

A disponibilidade de sangue é um ponto importante para todos os sistemas de saúde, visto sua necessidade em vários tratamentos e intervenções cirúrgicas. Por exemplo, em 2012, a necessidade anual de sangue nos Estados Unidos era de cerca de 10 milhões de bolsas de sangue de 450 mL, 2,1 na Itália e 2 na Turquia (BAŞ *et al.*, 2018). No Brasil, de acordo com o Ministério da Saúde, apenas 1,8% da população doa sangue, porcentagem inferior à taxa recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que é de 3% da população (BRASIL, 2017).

Assim como qualquer empresa, tais instituições necessitam de boas práticas de gestão para atenderem seus clientes e manterem seus padrões de qualidades. A satisfação dos pacientes

atendidos e o cuidado com a qualidade são importantes indicadores para o sucesso de qualquer empresa de saúde. Para sustentar de forma equilibrada crescimento e competência, é necessário que essas empresas foquem sua atenção na qualidade e eficiência dos seus serviços de maneira contínua (BUHAUG, 2002).

Além disso, o uso de sangue e hemocomponentes é de responsabilidade do governo e seu custo é alto, pois necessita de tecnologia de ponta e recursos humanos altamente especializados, e tem seu fornecimento diretamente relacionado à doação voluntária (BRASIL, 2010). Também, o sangue é um recurso limitado, uma vez que não pode ser produzido em laboratório, e de validade limitada, impossibilitando seu armazenamento por longo tempo (BAŞ *et al.*, 2018). Essas particularidades evidenciam a necessidade de uma boa gestão dos processos da empresa dado seu alto custo de operação e da importância e fragilidade do produto que lidam.

Tais processos necessitam ser avaliados e controlados quanto à sua efetividade, eficácia, eficiência, produção, produtividade, qualidade e quanto a prevenção e redução da índices de mortalidade, além da imagem que apresenta a usuários ou clientes (BITTAR, 1999). Assim, considerando que, segundo Martins e Laugeni (2005), a “produtividade” de um sistema é dada como “o quociente obtido pela divisão do quantitativo produzido por um dos fatores de produção”, no caso de um hemocentro, sua produtividade pode ser entendida como o quociente resultante da divisão da quantidade de bolsas de sangue obtidas por determinado recurso utilizado.

Uma métrica útil para se analisar a produtividade de um sistema em relação ao uso do recurso “tempo” é o chamado *lead time*, ou “tempo de atravessamento”, medida do tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias-primas em produtos acabados (TUBINO, 2007), ou, na perspectiva de um doador de sangue, seria o tempo gasto pelo mesmo para realizar os procedimentos necessários para a doação desde sua chegada até sua saída do hemocentro.

Existem diversas formas de se calcular o *lead time* de um processo tanto em empresas de manufatura quanto de serviços, como o descrito por Tubino (2007), sendo possível encontrar diversos trabalhos recentes na literatura científica sobre a gestão desse indicador em sistemas de saúde, porém não em hemocentros (BARRIOS, JIMÉNEZ, 2016; NGUYEN, SIVAKUMAR, GRAVES, 2014; ORTIZ *et al.*, 2016). Além disso, tais métodos de cálculos podem ser integrados com técnicas de modelagem e simulação dinâmica de forma a obter diversas vantagens, sendo a de maior destaque a possibilidade de prever o efeito que

determinada alteração no sistema teria sobre o mesmo e seu desempenho sem a necessidade de realizar modificações físicas dispendiosas (FREITAS FILHO, 2001).

Diante do exposto, o presente trabalho apresenta um estudo de caso do processo de doação de sangue do Hemocentro Regional de Maringá (HRM), no qual buscou-se mapear seus procedimentos, determinar o *lead time* dos doadores de sangue utilizando ferramentas da simulação computacional e verificar se o mesmo é influenciado pelo número de candidatos a doação de sangue em um dia.

1.1 Justificativa

Por meio de uma análise preliminar e geral do HRM, observou-se uma ausência de estudos sobre os processos do mesmo, especificamente sobre seu processo de doação de sangue. Assim, em consonância com os interesses dos gestores do HRM, o trabalho apresenta uma proposta de um estudo inicial utilizando simulação computacional para avaliar o processo de doação de sangue existente, auxiliando assim a tomada de decisões dos gestores.

1.2 Definição e delimitação do problema

O trabalho foi desenvolvido no HRM, situado no Hospital Universitário Regional de Maringá, na cidade de Maringá, Paraná. O processo avaliado será o de doação de sangue, englobando os procedimentos necessários que um possível doador tenha de realizar desde o momento de sua chegada ao HRM até o término de sua doação, em termos do tempo necessário total e por procedimento para sua realização. Para essa avaliação, serão utilizadas ferramentas e técnicas da simulação computacional.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Determinar se a quantidade de candidatos a doação de sangue que chegam ao HRM influencia no *lead time* de um doador de sangue.

1.3.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, tem-se:

- Identificar e caracterizar os processos para doação de sangue, desde a chegada de possíveis doadores até o armazenamento das bolsas de sangue;
- Coletar dados inerentes aos processos;
- Construir o modelo conceitual;
- Modelar computacionalmente os processos;

- Validar o modelo;
- Análise dos dados resultantes da validação do modelo;
- Simular o processo real;
- Determinar o *lead time* dos doadores em diferentes dias;
- Verificar se há correlação entre o *lead time* e a quantidade de candidatos a doação.

2. Revisão da literatura

2.1 Cadeia de suprimento do sangue

A cadeia de suprimento de sangue consiste nas atividades típicas de uma cadeia de suprimento com foco na produção e distribuição do sangue, sendo segmentada em quatro etapas principais: coleta, processamento, armazenamento e distribuição, com alguns autores incluindo algumas segmentações mais detalhadas em seus modelos (BAŞ *et al.*, 2018; OSORIO *et al.*, 2016; KATSALIASKI, BRAILSFORD, 2007).

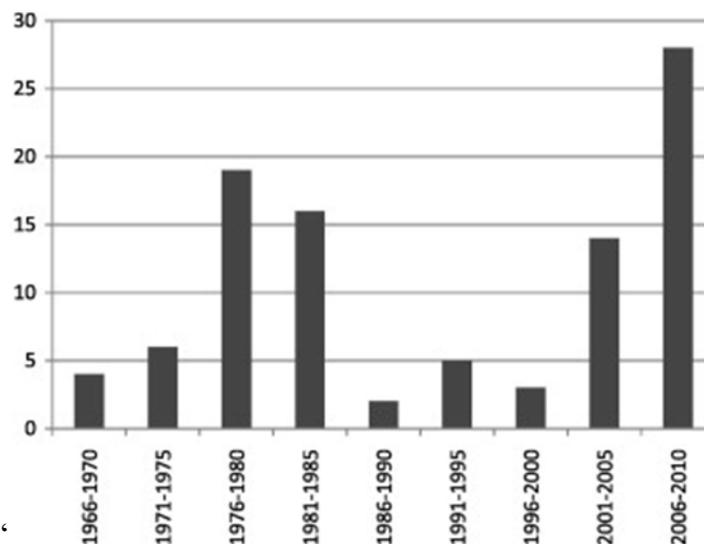
A etapa de coleta envolve os procedimentos tanto de triagem antes da extração do sangue do doador quanto do procedimento de coleta de sangue. Já a etapa de processamento está relacionada aos testes realizados para prevenir doenças infecciosas e a separação em hemocomponentes (produtos oriundos dos processos físicos de centrifugação refrigerada e congelamento da bolsa de sangue total). A etapa de armazenamento consiste no período em que as bolsas de sangue são estocadas até que sejam demandadas para uso. Por fim, a etapa de distribuição consiste no transporte das bolsas armazenadas às unidades de saúde que a requisitaram (BAŞ *et al.*, 2018; BRASIL, 2010).

No Brasil, os estabelecimentos de sangue, chamados de serviços de hemoterapia, são estruturados de acordo com complexidade técnica, capacidade de produção, demanda assistencial e distribuição geográfica e populacional, atualmente regulamentados de acordo com a Constituição Federal de 1988, a qual veda todo tipo de comercialização de material biológico de origem humana para fins terapêuticos, e pela Lei do Sangue (BRASIL, 2001), que regulamenta os procedimentos relativos a coleta, processamento, armazenagem, conservação, distribuição e uso do sangue e componentes (SILVA JÚNIOR; COSTA; BACCARA, 2015). Este trabalho buscará estudar os processos referentes apenas à etapa de doação.

Nos últimos anos, a literatura científica acerca da cadeia de suprimento do sangue tem crescido, com algumas etapas recebendo maior atenção que outras: a maior parte das pesquisas concentram-se na etapa de armazenamento, e a etapa de processamento é a menos estudada.

Quanto ao estágio de coleta, diversos aspectos são abordados pelos estudos, como a configuração de pontos de coleta, políticas e métodos de coleta e situações especiais como desastres e emergências (OSORIO *et al.*, 2016). Beliën e Forcé (2011), em sua revisão da literatura sobre a cadeia de suprimento do sangue, identificaram a frequência de trabalhos publicados sobre o tema nas bases de dados Web of Science, Pubmed, Academic Search Premier, Business Source Premier, Econlit e SCIRIUS, conforme ilustrado na Figura 1.

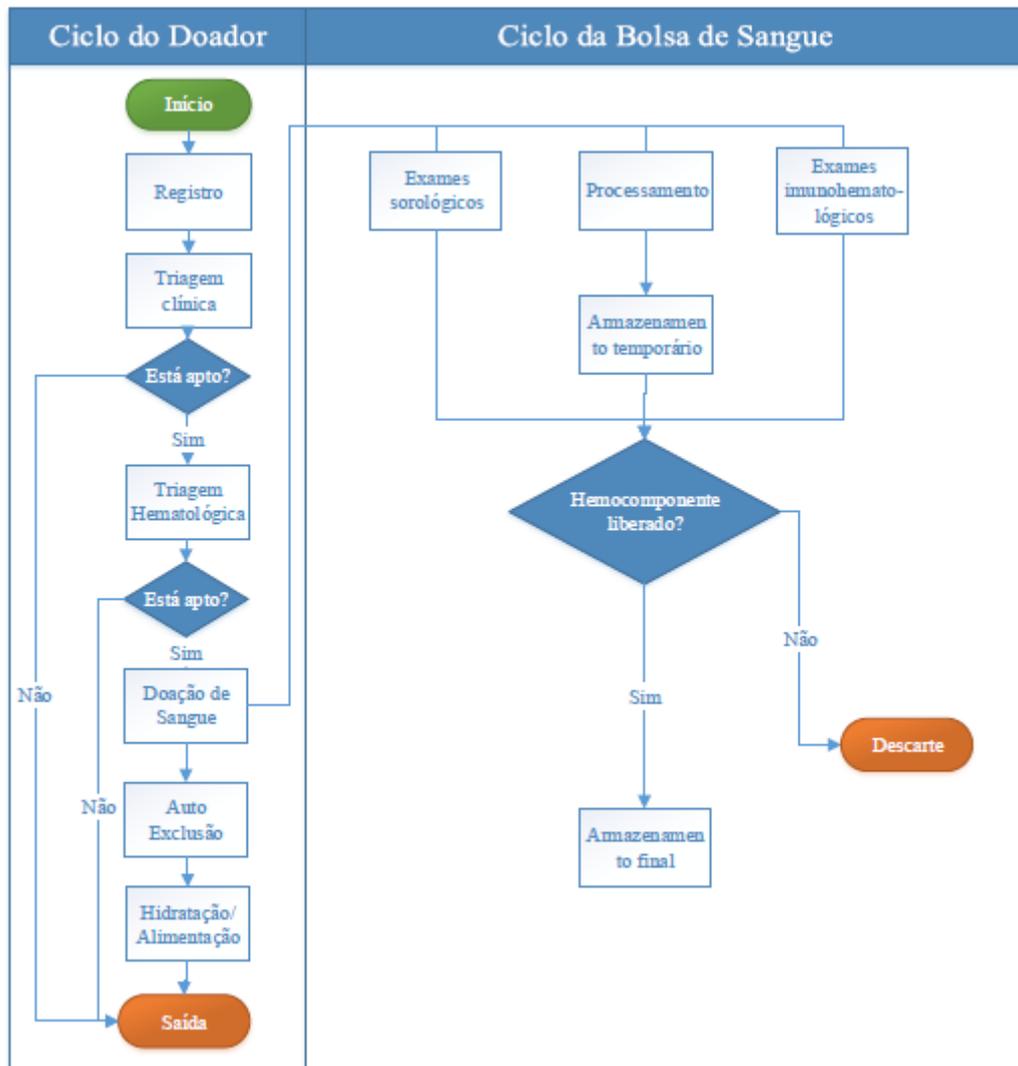
Figura 1 - Número de publicações sobre cadeia de suprimento do sangue



Fonte: Beliën e Forcé (2011)

Na etapa de coleta, um dos serviços de hemoterapia que possuem grande relevância são os hemocentros regionais, responsáveis pela coleta de sangue e componentes e por suporte às demandas de sangue estaduais (SILVA JÚNIOR; COSTA; BACCARA, 2015). O processo de doação de sangue em um serviço de hemoterapia como um hemocentro seguem as normas estabelecidas pela resolução RDC 153/2004, publicada em 14 de junho de 2004 pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), e revisada e atualizada pela Portaria Nº 2712 de 12 de novembro de 2013, e seus procedimentos são ilustrados na Figura 2.

Figura 2 - Ciclo de doação do sangue



Fonte: ANVISA (2013 apud Gerônimo e Antonelli, 2017)

Um importante parâmetro para se avaliar a eficiência dos ciclos descritos na Figura 2 é o tempo necessário para a ocorrência dos mesmos (ou *lead time*), podendo ser calculado pelos tempos dos subprocessos individualmente.

2.2 Estudo de tempos

Segundo Barnes (1977), o estudo de movimentos e tempos é o estudo dos sistemas de trabalho com os objetivos de:

- Desenvolver o sistema e o método preferido;
- Padronizar a operação estudada de acordo com o sistema e método desenvolvidos;
- Determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica;

- Treinar o operador da atividade estudada para reproduzir o método definido.

Em seu livro, Barnes (1977) enfatiza os conceitos e técnicas inerentes ao terceiro objetivo, sendo lecionados até hoje em diversas obras de cunho didático como a de Martins e Laugeni (2005) e Peinaldo e Graeml (2007).

Para a coleta dos tempos, Barnes (1977) sugere três equipamentos: cronômetros, filmadoras e máquinas para registros de tempo, essa última já em desuso. Martin e Laugeni (2005) e Peinaldo e Graeml (2007) continuam sugerindo ambas ferramentas para se coletar os tempos a serem analisados.

Segundo Barnes (1977), o procedimento a ser seguido na execução do estudo de tempos seguem oito passos:

1. Obter e registrar informações sobre o colaborador em estudo;
2. Dividir a operação em elementos e registrar uma descrição completa do método;
3. Observar e registrar o tempo gasto pelo colaborador em estudo;
4. Determinar o número de ciclos a serem cronometrados;
5. Avaliar o ritmo do operador;
6. Verificar se foi cronometrado um número suficiente de ciclos;
7. Determinar as tolerâncias;
8. Determinar o tempo-padrão para a operação.

Em sistemas de saúde, o tempo também pode ser um parâmetro para análise da eficiência de seus processos. Joukes *et al.* (2018) estudam o quanto a implantação de um sistema informatizado impacta nos tempos de documentação e de dedicação ao paciente durante consultas clínicas. Singh *et al.* (2018) utilizaram métodos do estudo de movimentos e tempos para calcular o tempo de dedicação de profissionais da saúde que atuam em comunidades despendiam em suas atividades.

Conforme se observa na metodologia proposta por Barnes (1977), a decomposição da operação em elementos é uma etapa fundamental para a análise dos tempos. Para isso, podem ser utilizadas técnicas de mapeamento de processos.

2.3 Mapeamento de processos

O mapeamento de processos é uma ferramenta gerencial analítica e de comunicação cujo objetivo é melhorar os processos existentes de uma empresa ou organização (Hunt, 1996).

Consiste na construção de um modelo que evidencia a relação entre as atividades, pessoas, dados e objetos envolvidos na produção de um produto específico. Um dos motivos do porquê os métodos de mapeamento de processo são tão populares hoje é o reconhecimento de que tais modelos podem oferecer descrições úteis e de baixo custo que podem auxiliar no melhoramento e redesenho de processos gerenciais (BIAZZO, 2002).

Segundo a *Association of Business Process Management Professionals* (ABPM), uma associação internacional de profissionais de gerenciamento de processos de negócio (*Business Process Management*, ou BPM), a modelagem de processos é o conjunto de atividades envolvidas na criação de representações de processos existentes ou propostos com o propósito de refletir de maneira completa e precisa seu funcionamento. Já o modelo de um processo consiste na representação simplificada de um conceito ou atividades, podendo ser matemáticos, gráficos, físicos, narrativos ou alguma combinação destes (ABPM, 2013). Para um mesmo modelo, diversas notações podem ser utilizadas, conforme ilustrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Notações de modelagem de processos

Notação	Descrição
BPMN (<i>Business Process Model and Notation</i>)	Padrão criado pelo <i>Object Management Group</i> , útil para apresentar um modelo para públicos-alvo diferentes
Fluxograma	Originalmente aprovado como um padrão ANSI (<i>American National Standards Institute</i>), inclui um conjunto simples e limitado de símbolos não padronizados; facilita entendimento rápido do fluxo de um processo
EPC (<i>Event-driven Process Chain</i>)	Desenvolvido como parte da estrutura de trabalho ARIS, considera eventos como "gatilhos para" ou "resultados de" uma etapa do processo; útil para modelar conjuntos complexos de processos
UML (<i>Unified Modeling Language</i>)	Mantido pelo <i>Object Management Group</i> , consiste em um conjunto-padrão de notações técnicas de diagramação orientado à descrição de requisitos de sistemas de informação
IDEF (<i>Integrated Definition Language</i>)	Padrão da <i>Federal Information Processing Standard</i> dos EUA que destaca entradas, saídas, mecanismos, controles de processo e relação dos níveis de detalhe do processo superior e inferior; ponto de partida para uma visão corporativa da organização
<i>Value Stream Mapping</i>	Do <i>Lean Manufacturing</i> , consiste em um conjunto intuitivo de símbolos usado para mostrar a eficiência de processos por meio do mapeamento de uso de recursos e elementos de tempo

Fonte: ABPMN (2013, p. 79)

Segundo Kalman (2002), para se realizar um mapeamento de um processo são necessárias oito etapas:

1. Pré-mapeamento: Gestores identificam os problemas ou questões críticas do negócio, selecionam um proprietário do processo e definem uma meta mensurável;
2. Construir um mapa de processos macro;
3. Identificar gargalos e problemas no processo existente;
4. Identificar quais dos gargalos e problemas no processo existente são prioritários;
5. Construir um mapa com os subprocessos selecionados e identificar a causa raiz dos problemas;
6. Reconstruir o mapa;
7. Desenvolver planos de ação para aprovação dos gestores;
8. Implementar os planos aprovados.

Na área da saúde, diversos trabalhos exemplificam a utilidade do mapeamento de processos como auxílio para gestão. Vaccari *et al.* (2017) mapeiam os processos de um hospital para identificar sua geração de resíduos e melhor geri-los. Chung *et al.* (2017) traz uma revisão de diversos trabalhos científicos sobre o uso de mapeamentos de processos em cirurgias para aumentar a eficiência destas. Takagi, Kanai e Misue (2017) mapeiam o fluxo dos pacientes obstétricos para a construção de um modelo matemático que melhor o represente. Gurupur *et al.* (2012) utilizam técnicas de mapeamento para a construção e um sistema de informação em uma empresa de saúde. Trebble *et al.* (2010) trazem um *framework* prático para a aplicação das técnicas de mapeamento de processos em hospitais de forma a melhorar a qualidade do atendimento e o uso de recursos.

Construído o mapa dos processos e mensurados os tempos necessários das operações, as informações podem ser agregadas e estudadas utilizando simulação computacional, bem como a observação de melhorias propostas tanto na ordem dos processos quanto nos tempos destes.

2.4 Simulação computacional

Diversos conceitos de “simulação” podem ser encontrados na literatura, conforme ilustra o Quadro 2.

Quadro 2 - Definições para o termo "Simulação"

Autor	Definição
Scriber (1974)	“Simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo.”
Pegden (1990)	“Simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação.”
Freitas Filho (2001)	“A simulação computacional de sistemas [...] consiste na utilização de determinadas técnicas matemáticas, empregadas em computadores digitais, as quais permitem imitar o funcionamento de, praticamente, qualquer tipo de operação ou processo (sistemas) do mundo real.”
Chaim (2011)	“Simulação vem do latim <i>simulare</i> que significa imitar. O objetivo da simulação é ‘imitar’ o sistema real de modo que seu comportamento possa ser estudado.”
Bateman <i>et al.</i> (2013)	“Simulação é um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno.”

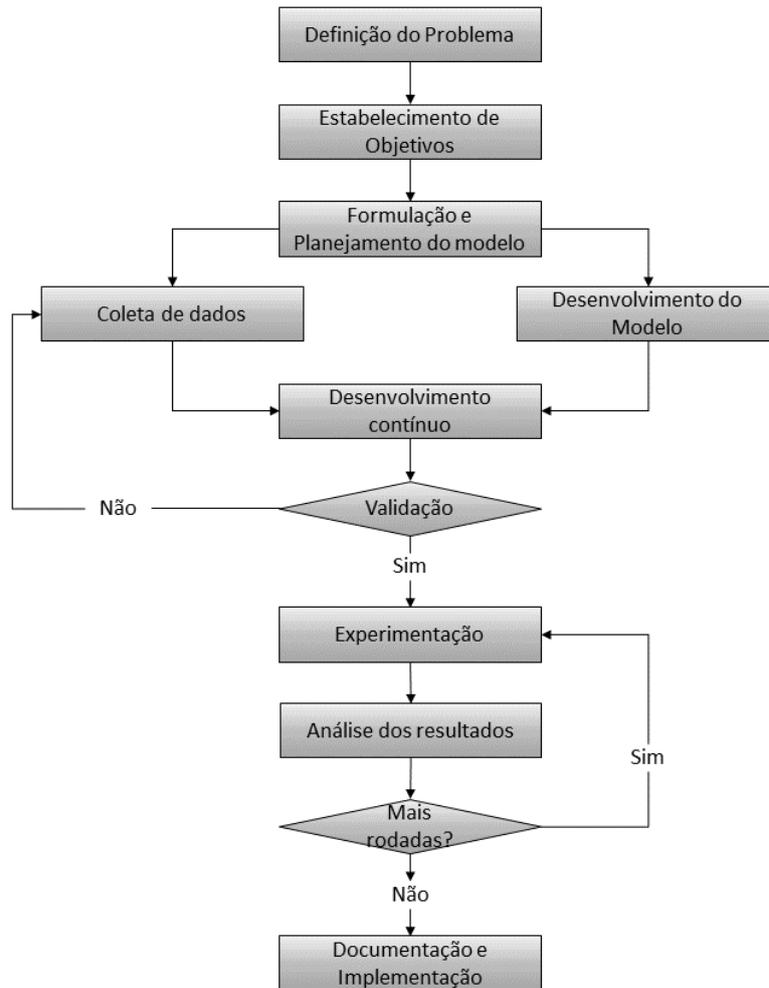
Fonte: Autoria própria (2018)

Como se observa nas definições apresentadas, a simulação pode ser entendida como a replicação de sistemas por meio de modelos de forma a possibilitar a avaliação de seu estado atual e futuro após alguma alteração no sistema estudado. Modelos, à vista da computação, são “programadas de computadores cujas variáveis apresentam o mesmo comportamento dinâmico e estocástico do sistema real que apresenta.” (SHANNON, 1975).

No tocante aos hemocentros, diversos trabalhos utilizam a simulação computacional como método para resolução de problemas e otimização de processos. Lowalekar e Ravichandran (2010) utilizam modelos de simulação para comparar o efeito que a introdução de dois critérios de seleção de doadores teria sobre os indicadores de custo, desperdícios e disponibilidade de bolsas em relação à política de coletar toda a oferta disponível de bolsas de sangue. Alfonso *et al.* (2012, 2013) desenvolvem modelos de simulação objetivando determinar a capacidade de um serviço de coleta de sangue e os recursos humanos demandados. Testik *et al.* (2012) utilizaram técnicas da modelagem e simulação para, a partir dos dados de chegada de doadores em um hemocentro, calcular os recursos humanos necessários e sua alocação no processo de doação de sangue. Alfonso *et al.* (2015) apresentam uma abordagem de otimização baseada na simulação da dinâmica de eventos para planejamento de capacidade e agendamento de consultas em serviços de hemoterapia.

Para a construção de uma simulação, Bateman *et al.* (2013) e Freitas Filho (2001) propõem uma sequência de passos que se inter-relacionam conforme Figura 3, tomando como base a sequência de Banks e Carson (1984).

Figura 3 - Interrelação entre os passos da simulação



Fonte: Adaptado de Bateman *et al.* (2013, p.33)

1. **Definição do Problema e Estabelecimento de Objetivos:** Mesmo os mais exaustivos estudos serão desvalorizados se não visarem a necessidade real (BATEMAN *et al.*, 2013). Nesse passo, deve-se entender o porquê de o problema estar sendo estudado, quais respostas esperam-se alcançar e quais restrições e limites são esperados das soluções obtidas (FREITAS FILHO, 2001);
2. **Formulação e Planejamento do Modelo:** Traçar um esboço do sistema, de forma gráfica ou algorítmica, definindo componentes e descrevendo as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema (FREITAS FILHO, 2001);
3. **Coleta de Dados:** Coletar fatos, informações e estatísticas derivados de observações, experiências pessoais ou de arquivos históricos (FREITAS FILHO, 2001). Se dados insuficientes ou incompletos estão disponíveis, também é necessário que o responsável pelo projeto de simulação: consiga assistência

adicional daqueles familiarizados com o sistema; reúna informações por si próprio; e apoiar-se em pressupostos na construção do modelo, sendo necessário uma análise de sensibilidade posteriormente nesse último caso (BATEMAN *et al.*, 2013);

4. **Desenvolvimento do Modelo:** Codificar o modelo numa linguagem de simulação apropriada (FREITAS FILHO, 2001). O modelo normalmente inicia-se como uma abstração conceitual do sistema, com crescentes níveis de detalhes adicionados durante seu desenvolvimento, tornando-se mais lógico à medida que o processamento de eventos e os relacionamentos entre estes estejam bem definidos (BATEMAN *et al.*, 2013);
5. **Validação:** Assegurar que o modelo reflete a operação do sistema real em estudo de tal forma que dê encaminhamento ao problema definido, funcionando da maneira como o modelador pretendia (BATEMAN *et al.*, 2013). Os resultados fornecidos pelo modelo devem possuir crédito e ser representativos dos resultados do modelo real (FREITAS FILHO, 2001);
6. **Experimentação:** Projetar um Projeto Experimental (conjunto de experimentos que produza a informação desejada de forma a possibilitar a análise e comparação de alternativas) e executar as simulações para a geração dos dados desejados (FREITAS FILHO, 2001; BATEMAN *et al.*, 2013);
7. **Análise dos Resultados:** Traçar inferências sobre os resultados alcançados pela simulação e comparações para as medidas de desempenho nos cenários planejados (FREITAS FILHO, 2001). Em certos casos, podem ser necessárias replicações adicionais para se determinar a significação estatística de uma melhoria observada (FREITAS FILHO, 2001; BATEMAN *et al.*, 2013);
8. **Implementação:** Programação do projeto de implantação das decisões tomadas. Nessa etapa, a boa comunicação entre a equipe do projeto é fundamental para o bom desenvolvimento deste (FREITAS FILHO, 2001; BATEMAN *et al.*, 2013).

Diversos *softwares* podem ser utilizados para a construção da simulação. Um deles é o Flexsim®, seu módulo adicional Flexsim Healthcare® e a possibilidade de integra-lo com o *software* ExpertFit®, descritos a seguir.

2.4.1 Softwares utilizados

O *software* de simulação Flexsim® foi lançado em 2003 e possui um ambiente de programação orientada a objeto, sendo utilizado para desenvolver, modelar, simular, visualizar

e monitorar as atividades e sistemas de processo com fluxo dinâmico, sendo um conjunto completo de ferramentas de desenvolvimento para modelagem e simulação, conforme seu presidente à época Willian B. Nordgren (2002).

O *software* possui um módulo adicional específico para simulação de sistemas de saúde chamado Flexsim Healthcare®, ou apenas Flexsim HC. Segundo o desenvolvedor, o Flexsim HC permite seu usuário analisar todos os componentes do atendimento ao paciente e avaliar o impacto que eles têm no sistema de saúde, tudo em um ambiente virtual centrado no paciente. As soluções encontradas são precisas e possibilitam as organizações de saúde a serem o mais eficiente possível sem a necessidade de experiências reais e seus riscos e sem sacrificar a capacidade dos profissionais de fazer o que fazem melhor: ajudar os pacientes a melhorarem (FLEXSIM, 2018).

O Flexsim HC possui integração com o ExpertFit®, *software* de ajuste de distribuição que possibilita encontrar distribuições estatísticas de maneira ágil, determinando automática e precisamente qual a distribuição de probabilidade melhor representa a base de dados estudada em poucos segundos. O *software* possui 40 distribuições, 30 gráficos de alta qualidade, 4 testes de adequação tecnicamente corretos e amostras de tamanhos de até 100.000 (LAW, 2012). Tais distribuições possuem diferentes representações para serem inseridas no Flexsim HC de acordo com seus parâmetros de entrada, conforme exemplificado no Quadro 3, no qual algumas distribuições são descritas.

Quadro 3 - Representações de distribuições estatísticas no Flexsim HC e seus parâmetros de entrada

Distribuição	Representação no Flexsim HC	Parâmetros de entrada
Beta	$\text{beta}(a, b, \alpha_1, \alpha_2, \text{stream})$	<ul style="list-style-type: none"> - a = extremo inferior $\in (-\infty, \infty)$; - b = extremo superior ($b > a$); - α_1 = 1º parâmetro de forma $\in (0, \infty)$; - α_2 = 2º parâmetro de forma $\in (0, \infty)$;
Johnson S _B limitada	$\text{johnsonbounded}(a, b, \alpha_1, \alpha_2, \text{stream})$	<ul style="list-style-type: none"> - stream = semente de geração de números aleatórios $\in \{0, 1, 2, \dots\}$.
Erlang	$\text{erlang}(\gamma, \beta, m, \text{stream})$	<ul style="list-style-type: none"> - γ = parâmetro de localização $\in (-\infty, \infty)$; - β = parâmetro de escala ($\beta > 0$); - m = parâmetro de forma $\in \{1, 2, \dots\}$; - stream = semente de geração de números aleatórios $\in \{0, 1, 2, \dots\}$.
Log-Normal	$\text{lognormal2}(\gamma, \beta, m, \text{stream})$	
Pearson tipo V	$\text{pearsont5}(\gamma, \beta, m, \text{stream})$	
Exponencial	$\text{exponential}(\gamma, \beta, \text{stream})$	
Pearson tipo VI	$\text{pearsont6}(\gamma, \beta, \alpha_1, \alpha_2, \text{stream})$	<ul style="list-style-type: none"> - γ = parâmetro de localização $\in (-\infty, \infty)$; - β = parâmetro de escala ($\beta > 0$); - α_1 = 1º parâmetro de forma $\in (0, \infty)$; - α_2 = 2º parâmetro de forma $\in (0, \infty)$; - stream = semente de geração de números aleatórios $\in \{0, 1, 2, \dots\}$.
Weibull	$\text{weibull}(\gamma, \beta, \alpha, \text{stream})$	<ul style="list-style-type: none"> - γ = parâmetro de localização $\in (-\infty, \infty)$; - β = parâmetro de escala ($\beta > 0$); - α = parâmetro de forma ($\alpha > 0$); - stream = semente de geração de números aleatórios $\in \{0, 1, 2, \dots\}$.

Fonte: FLEXSIM (2018).

2.5 Intervalo de confiança da simulação

Segundo Freitas Filho (2001), a determinação de intervalos de confiança para as variáveis estudadas num sistema simulado é um componente fundamental para se analisar os resultados da simulação. Tal intervalo compreende uma faixa numérica que possui uma probabilidade igual a $(1 - \alpha)$ de incluir o verdadeiro valor da variável sob análise, onde $(1 - \alpha)$ é denominado o nível de confiança do intervalo e α é o erro admitido ao se concluir sobre a presença do verdadeiro valor da variável no intervalo calculado.

Ainda segundo o autor, para se calcular tal intervalo é necessário calcular a média e o desvio padrão da variável a partir de uma amostra. Porém, para isso, é necessário primeiramente determinar o tamanho dessa amostra, o que corresponde, no caso da simulação computacional,

determinar o número de replicações da simulação (n). Esse processo pode ser realizado iterativamente por meio dos passos a seguir descritos por Freitas Filho (2001):

1. Definir o nível de confiança ($1 - \alpha$) do intervalo da variável que se deseja obter;
2. Executar a simulação com n^* replicações, podendo o valor de n^* para a primeira iteração ser um valor arbitrário;
3. Calcular a média \bar{x} e o desvio padrão s da variável analisada após as n^* replicações;
4. Aplicar a Eq. 01 abaixo e determinar o valor de n , ou seja, do tamanho da amostra necessário para se obter um intervalo de confiança com o nível de confiança exigido, considerando um erro de $r\%$ e o valor z da variável Normal padronizada para o nível de confiança desejado:

$$n = \left(\frac{100zs}{r\bar{x}} \right)^2 \quad (\text{Eq. 01})$$

5. Se $n \leq n^*$, o número de replicações já realizada é suficiente. Do contrário, no caso de $n > n^*$, realizar uma nova iteração a partir do passo 2, substituindo o valor de n^* pelo de n .

Com o tamanho da amostra definido, pode-se determinar o intervalo de confiança calculando o semi-intervalo h por meio da Eq. 02.

$$h = t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{Eq. 02})$$

Onde $t_{n-1, 1-\alpha/2}$ é o valor tabulado de distribuição T de Student. Obtido o valor de h e sabendo que o intervalo é simétrico em torno da média, os limites do intervalo são:

$$[\bar{X} - h, \bar{X} + h]$$

Como pode-se observar, o tamanho do intervalo depende do nível de confiança desejado, de forma que, quanto maior esse nível de confiança, maior o tamanho do intervalo.

Além de determinar valores confiáveis para as análises, para estudos em que se busca observar a influência de uma determinada variável em outra em um sistema é necessário realizar uma análise de correlação.

2.6 Análise de correlação

Quando se possuem duas variáveis quantitativas e deseja-se descobrir se há dependência entre elas (ou seja, se a variação no valor de uma das variáveis influencia na variação da outra

variável), um procedimento bastante comum é o uso de gráficos de dispersão, que consiste em representar os pares de valores das variáveis analisadas num sistema cartesiano e observar como o aumento ou diminuição de uma das variáveis influencia na outra (BUSSAB; MORETTIN, 1998).

Ainda segundo Bussab e Morettin (1998), muitas vezes pode ser útil quantificar a associabilidade entre as variáveis, o que pode ser muito difícil de se realizar apenas por meio da observação dos gráficos de dispersão. Assim, existem diversos procedimentos para se determinar essa associabilidade, cuja mais simples é a linear. No procedimento para se determinar esse tipo de associação, busca-se calcular um coeficiente que avalia o quanto os pontos plotados no gráfico de dispersão aproximam-se de uma reta, chamado de **coeficiente de correlação linear** ou somente **coeficiente de correlação**, o qual é calculado segundo a Eq. 03:

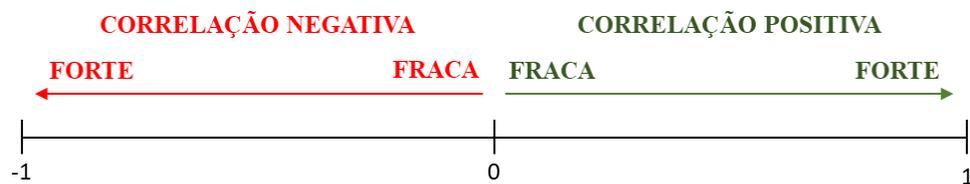
$$Corr (X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{DP(X)} \right) \left(\frac{y_i - \bar{y}}{DP(Y)} \right) \quad (\text{Eq. 03})$$

Na qual:

- **Corr (X, Y)**: coeficiente de correlação entre as variáveis X e Y;
- **n**: número de pares de valores $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)$;
- **DP(X), DP(Y)**: desvio padrão do rol de valores das variáveis X e Y, respectivamente.

Em seguida, avalia-se o valor do coeficiente, que varia entre -1 e 1, conforme a Figura 4 ilustra.

Figura 4 - Tipos e níveis de correlação entre duas variáveis de acordo com o coeficiente de correlação



Fonte: Autoria própria (2018)

Quando a correlação é positiva, o aumento de uma das variáveis causa o aumento da outra. Já quando é negativa, o aumento de uma das variáveis causa a diminuição da outra. E quanto mais próximo de zero, menor a dependência entre as variáveis (BUSSAB; MORETTI, 1998).

3. Metodologia

Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa pode ser classificada de acordo com sua natureza, objetivos, procedimentos e forma de abordagem do problema.

Quanto à natureza, este trabalho pode ser classificado como pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Quanto aos seus objetivos, pode ser classificado como descritiva, pois os fatos observados serão apenas registrados e descritos, sem interferência humana, visando descrever as características de determinada população ou fenômeno. Em relação aos procedimentos, pode ser vista como estudo de caso, envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento. Por fim, sob ponto de vista da forma de abordagem do problema, pode ser classificada como pesquisa quantitativa, pois buscara-se traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, utilizando recursos e técnicas estatísticas (PRODANOV e FREITAS, 2013).

Como amostra de estudo, serão utilizadas as pessoas e processos envolvidos e existentes para doação de sangue no HRM. Assim, para determinar o *lead time* desse processo, com base na literatura apresentada na Seção 2, a seguinte metodologia foi proposta:

1. **Realizar revisão bibliográfica dos conceitos relacionados:** “serviços de hemoterapia”, “estudo de tempos”, “mapeamento de processos” e “simulação computacional”;
2. **Modelar processos:** Identificar elementos e fases envolvidos no processo de doação de sangue, bem como a relação entre cada, por meio de entrevistas com colaboradores do HRM;
3. **Construir mapa de processos:** Desenhar o processo de doação de sangue utilizando linguagem BPMN e o *software* Bizagi Modeler®;
4. **Validar mapa de processos:** Validar com colaboradores do HRM se o mapa do processo corresponde à realidade;
5. **Identificar dados de entrada necessários:** Com base no modelo, identificar os tempos e frequências que devem ser coletadas para alimentar a simulação;
6. **Coletar dados por filmagens:** As câmeras de segurança filmam o local 24 horas por dia, armazenando as filmagens por até 15 dias. Utilizando essas filmagens, serão coletados os tempos e as frequências de ocorrência de cada evento e procedimento, conforme identificados na etapa anterior;

7. **Identificar distribuições estatísticas:** Identificar quais distribuições estatísticas melhor descrevem a ocorrência de cada evento e a variação dos tempos de cada procedimento utilizando o *software* ExpertFit®;
8. **Construir modelo de simulação:** Codificar o mapa de processos em um modelo de simulação utilizando o *software* Flexsim HC;
9. **Alimentar simulação com dados de entrada:** Alimentar a simulação com as funções de distribuição estatísticas obtidas na etapa 7, bem como jornadas de trabalho e demais variáveis para refinamento da simulação;
10. **Validação da simulação:** Assegurar que o modelo reflete a operação do sistema real em estudo, simulando cada dia estudado na quantidade de replicações definida pelo tamanho ideal da amostra segundo Freitas Filho (2001) e comparando as variáveis de saída simuladas com as quantidades reais;
11. **Determinar o lead time de uma amostra de dias:** Somar os tempos necessários para a realização de cada procedimento do processo de doação de sangue e determinar o *lead time* e seu intervalo de confiança, com um certo nível de confiança estatística;
12. **Análise de correlação:** calcular o coeficiente de correlação entre as variáveis *lead time* e o número de candidatos a doação de sangue.

4. Resultados e discussões

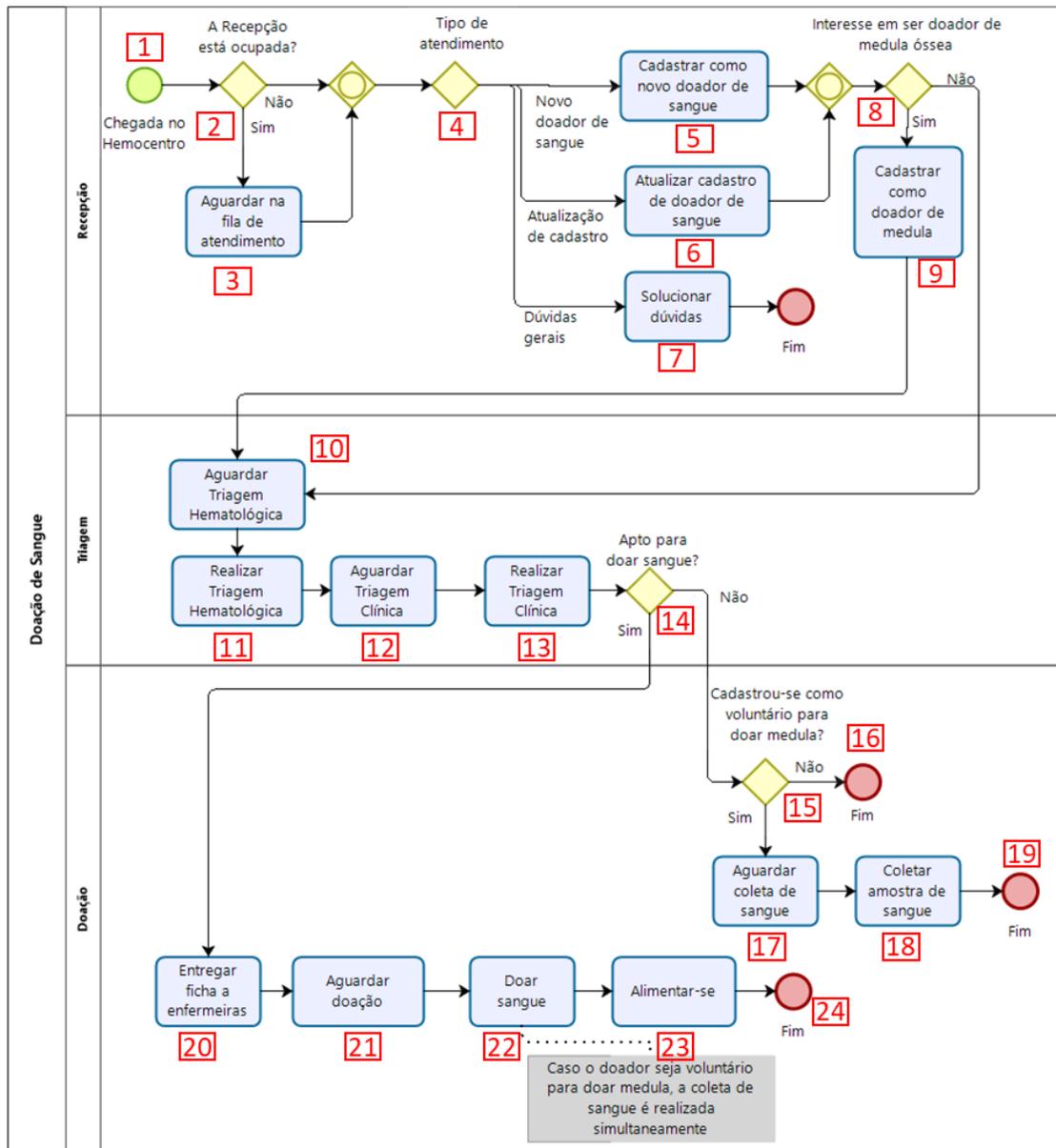
4.1 Modelagem de processos

Em entrevistas com os colaboradores do HRM, foram identificados três processos: a doação de sangue, a doação por aférese e a coleta de sangue para doação de medula, os quais foram mapeados e são detalhados nos tópicos 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3 seguintes. Embora este trabalho busque estudar o processo de doação de sangue apenas, os outros dois processos citados interferem no seu *lead time*, sendo assim necessário estudá-los também.

4.1.1 Doação de sangue

É a doação de sangue habitual, também chamada de doação de sangue “total”, onde até 450 ml de sangue são coletados em uma bolsa produzida com materiais e soluções que permitem a preservação do sangue (HEMONORTE, 2013), sendo o procedimento mais frequente do HRM, representado na Figura 5 e cujo *lead time* foi determinado.

Figura 5 - Processo de um doador de sangue



Fonte: Autoria própria (2018)

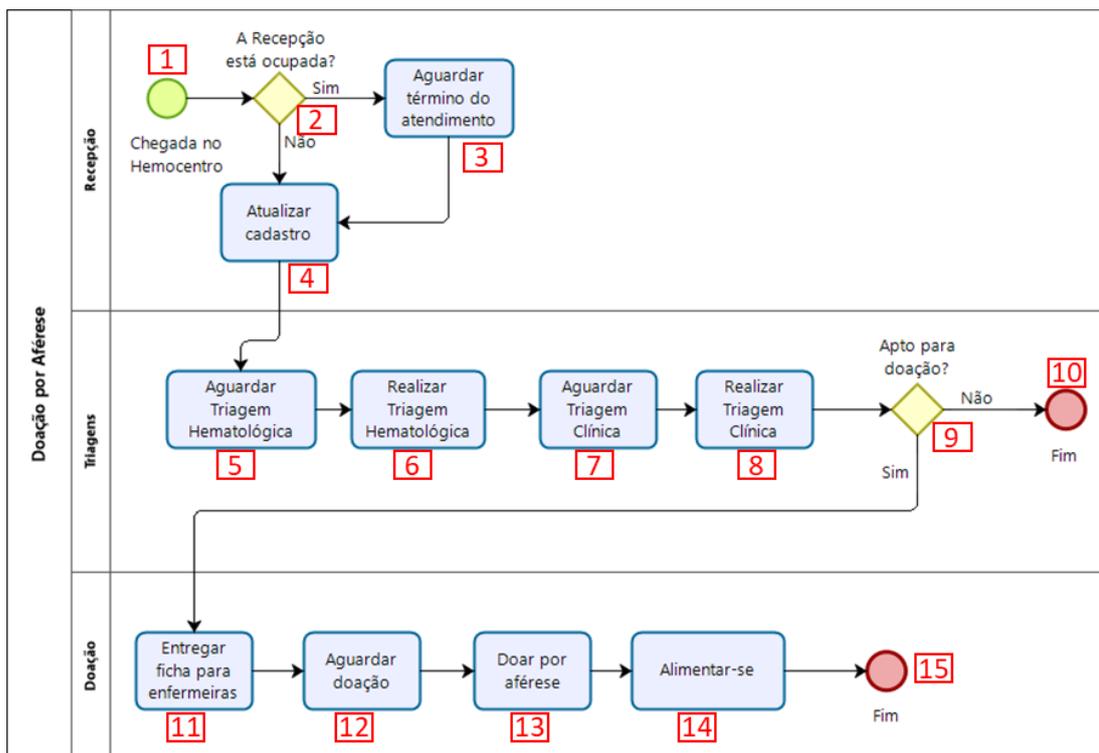
O fluxograma da Figura 5 corresponde tanto aos doadores que objetivam apenas doar sangue como para os que objetivam doar sangue e medula. Nesse último caso, uma vez que o interessado em doar medula necessita que parte de seu sangue seja coletado para análises de compatibilidade, tal coleta pode ocorrer simultaneamente à doação de sangue.

4.1.2 Doação por aférese

Na doação de sangue por aférese, o sangue é retirado do braço do doador por meio de um kit estéril e descartável, instalado em um equipamento separador de células, através de uma centrifugação. O componente desejado é então drenado para uma bolsa de coleta e os demais componentes vão retornando continuamente ao doador (PARANÁ, 2013).

No HRM, o processo de um doador por aférese é semelhante ao do doador de sangue habitual, com a exceção de que, na doação por aférese, o doador sempre já terá cadastro no HRM e de que a etapa de coleta de hemocomponentes é substancialmente mais longa que a etapa de doação de sangue. O fluxograma do processo desse doador encontra-se na Figura 6. Os números em vermelho identificam cada subprocesso e decisão e suas funções serão detalhadas na Seção 4.2.

Figura 6 - Processo de um doador por aférese



Fonte: Autoria própria (2018)

Convém ressaltar que o doador por aférese possui prioridade em relação aos outros doadores na fila de atendimento. Logo, caso um doador por aférese chegue ao HRM e haja fila para atendimento na Recepção, o mesmo ocupa o primeiro lugar da fila, sendo o próximo doador a ser atendido, caso a Recepção esteja ocupada no momento da chegada, ou imediatamente, caso a Recepção esteja vazia.

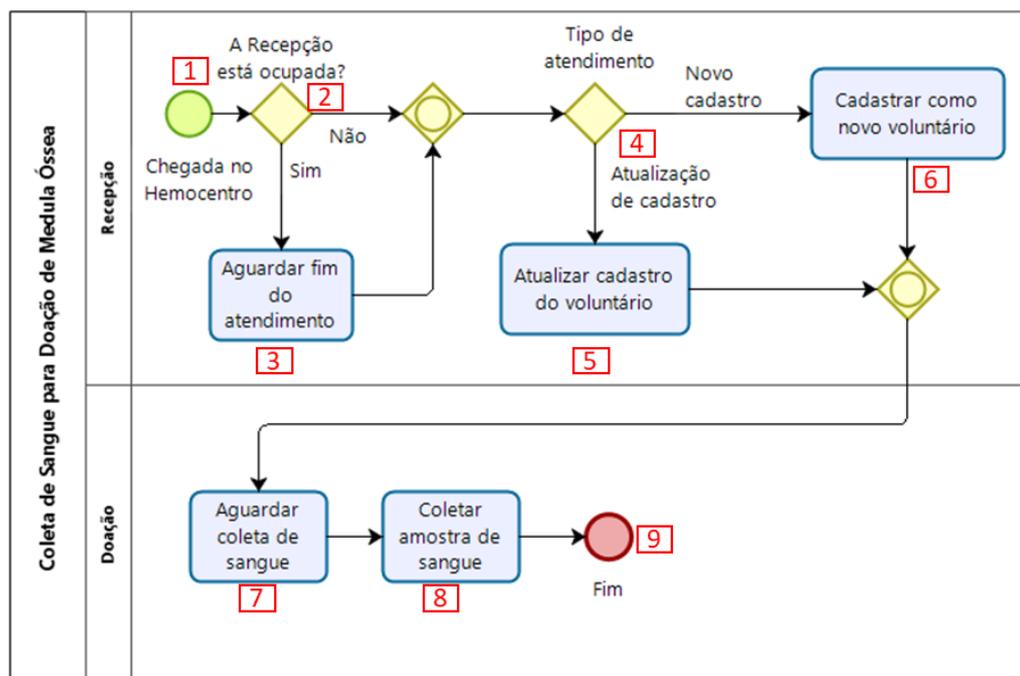
4.1.3 Coleta de sangue para doação de medula óssea

O HRM também realiza coletas de sangue para doação de medula óssea, havendo a possibilidade de uma pessoa interessar-se em doar apenas medula óssea, não realizando a doação de sangue simultaneamente. Conforme exposto no *site* do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA), nesse processo, os interessados em serem doadores de

medula tem uma pequena amostra de sangue coletada (10 ml) para fins de tipagem de sangue e cadastro e, caso seja encontrado um doador compatível, uma nova coleta é realizada para fins de confirmação de compatibilidade (INCA, 2015). Essa primeira coleta de sangue também pode ocorrer durante a doação de sangue, caso o voluntário também seja doador de sangue e não seja reprovado durante as triagens.

No HRM, em ambas as coletas o processo segue o fluxograma descrito na Figura 7 e o doador possui prioridade na fila de atendimento, semelhantemente à doação por aférese.

Figura 7 - Processo de coleta de sangue de um doador de medula óssea

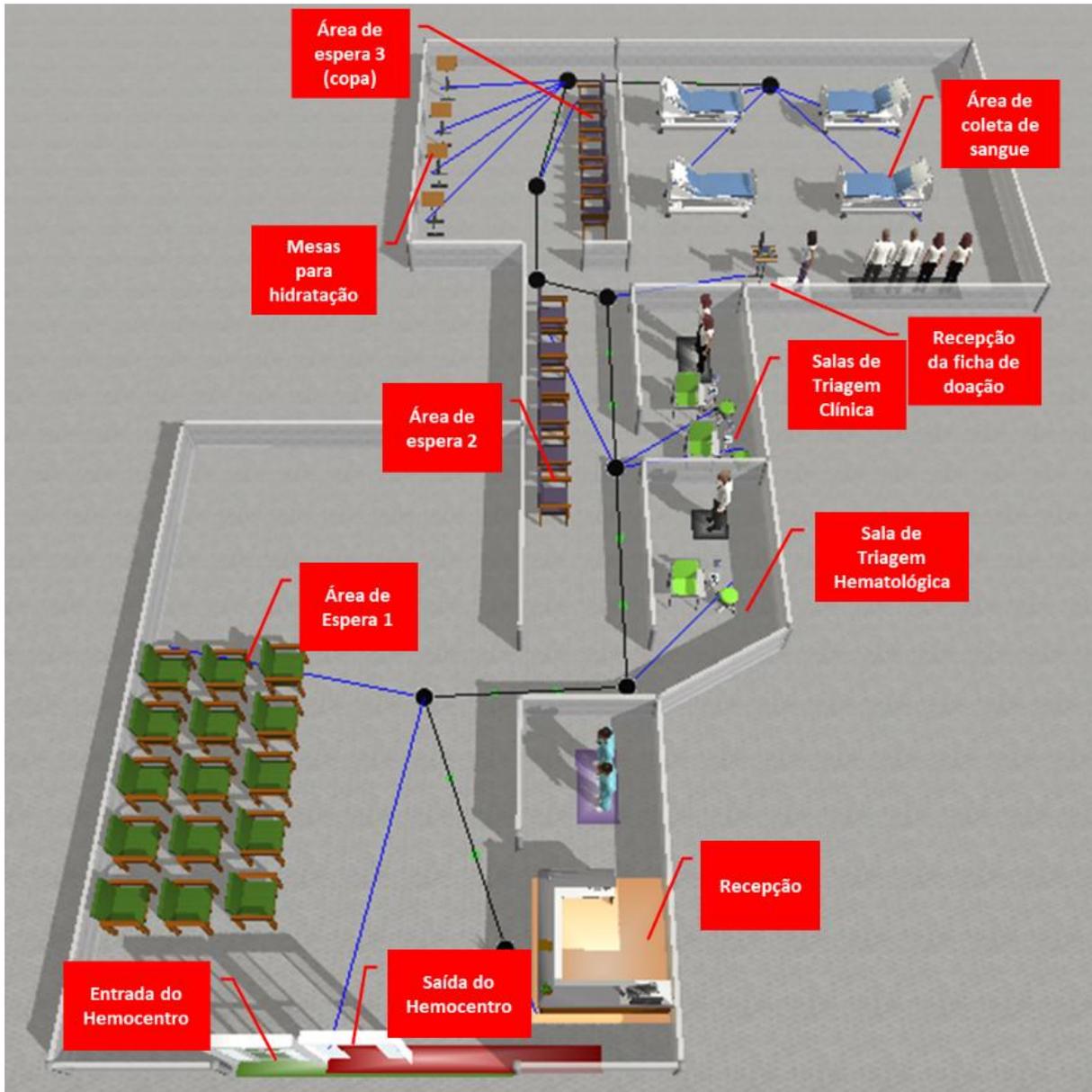


Fonte: Autoria própria (2018)

4.2 Apresentação e validação do modelo

Para representar os processos apresentados nos tópicos anteriores, construiu-se o modelo da simulação no *software* Flexsim HC, ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Modelo do HRM construído no Flexsim HC



Fonte: Autoria própria (2018)

Os quadros em vermelho enumerados na Figura 8 indicam os elementos do modelo em que ocorrem cada subprocesso e decisão enumerados na Figura 5, Figura 6 e Figura 7. A relação entre quais subprocessos e decisões pertinentes a cada tipo de doador ocorrem em cada elemento do modelo está disposta no Quadro 4.

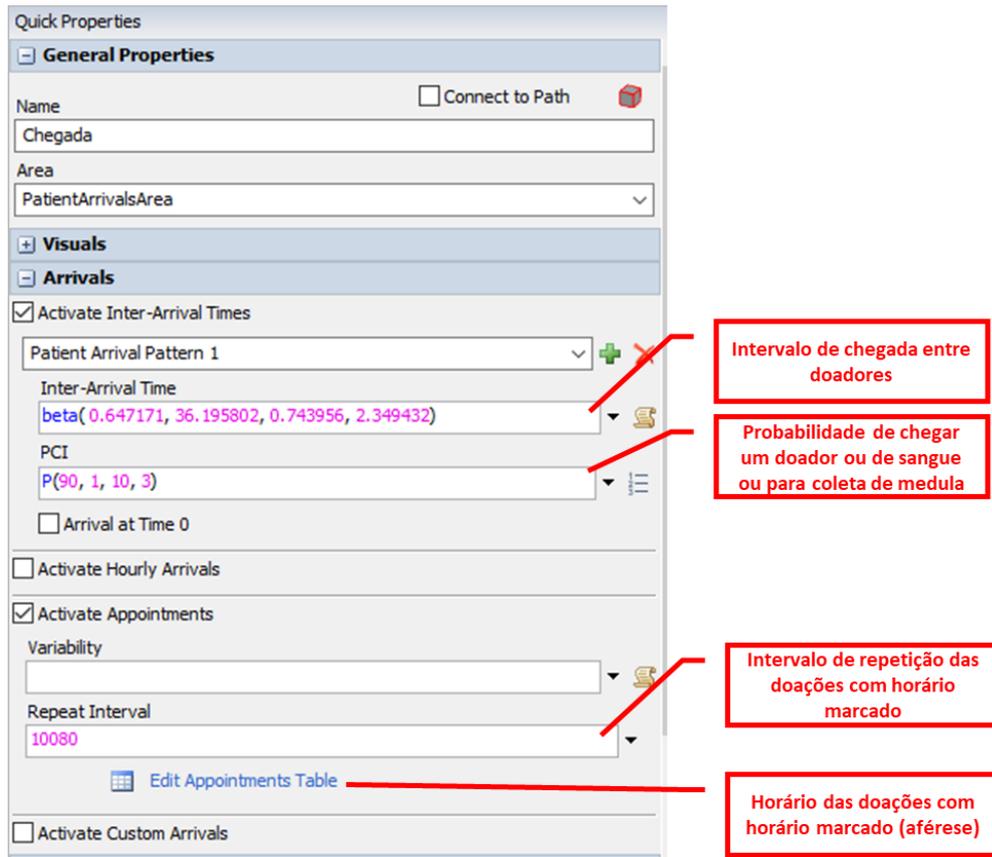
Quadro 4 - Relação entre subprocessos e decisões de cada tipo de doador com onde ocorrem no modelo de simulação

Descrição	Subprocessos e decisões		
	Doação de sangue	Doação por aférese	Coleta de sangue para doação de medula
Entrada do Hemocentro	1	1	1
Área de espera 1	3 e 10	3 e 5	7
Recepção	2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 15	2 e 4	2, 3, 4, 5 e 6
Sala de triagem hematológica	11	6	-
Área de espera 2 (Corredor)	12 e 17	7	-
Salas de triagem clínica	13 e 14	8 e 9	-
Recepção da ficha de doação	20	11	-
Área de espera 3 (Copa)	21	12	-
Área de coleta de sangue	18 e 22	13	8
Mesas para hidratação	23	14	-
Saída do Hemocentro	16 e 19	10 e 15	9

Fonte: Autoria própria (2018)

Para configurar a chegada de cada doador considerando as especificidades de cada, foram utilizadas duas funções: a função “*Shift Schedules*”, que permite definir qual o horário de funcionamento do HRM, e as próprias configurações do elemento “Entrada do Hemocentro”, cujos campos são descritos na Figura 9 a seguir.

Figura 9 - Campos do elemento “Entrada do Hemocentro” utilizados no modelo



Fonte: Autoria própria (2018)

Para inserir as configurações de cada processo, foram utilizados os campos descritos na Figura 10, que ilustra um elemento de processamento.

Figura 10 - Campos de um elemento de processamento utilizados no modelo

The image shows a 'Quick Properties' dialog box for an activity. It is divided into several sections:

- Activity Properties:** Contains 'Activity Type' (set to 'Process'), 'Activity ID' (40), and 'Activity Name' (40_TClinica).
- Milestone:** A collapsed section.
- Predecessors:** Contains a checked 'Use Predecessors' option and a field with the value '31'.
- Processing Time:** Contains a field with the formula $\text{lognormal2}(1.972469, 1.635864, 0.950664)$.
- Staff Requirements:** Contains a field with the text '"Any member from Medico_Clinica"' and a 'Priority' field set to '150'.

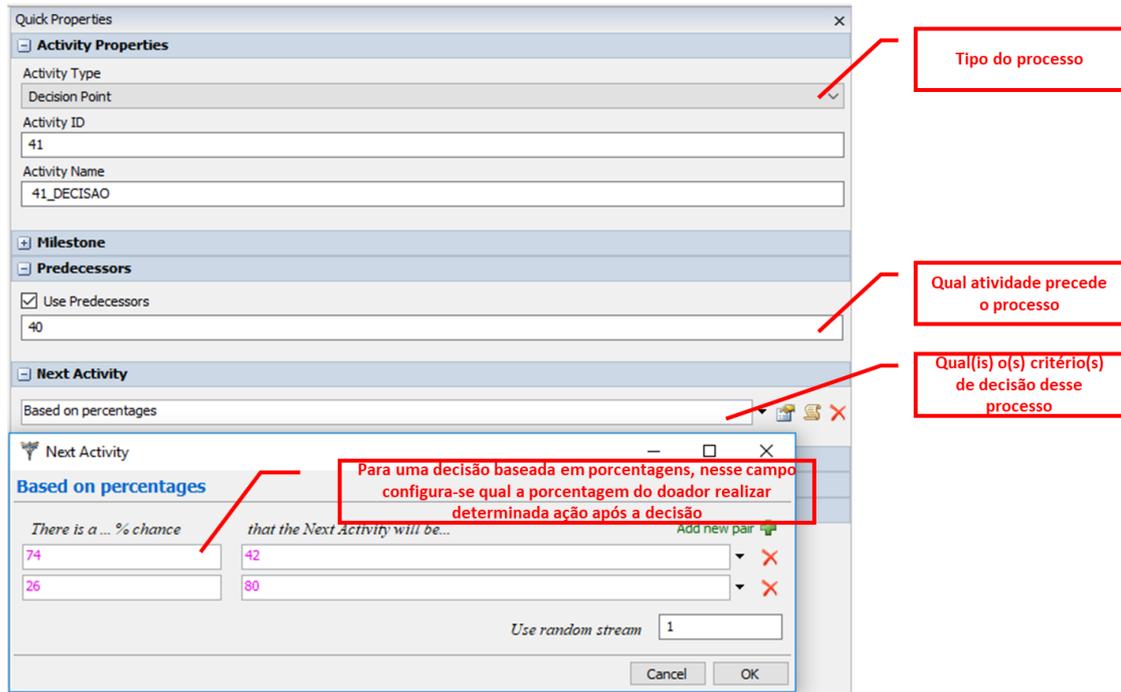
Four red boxes with arrows point to the following fields:

- Tipo do processo:** Points to the 'Activity Type' dropdown.
- Qual atividade precede o processo:** Points to the 'Predecessors' field.
- Tempo de processamento:** Points to the 'Processing Time' field.
- Definição de quais funcionários devem acompanhar o processo:** Points to the 'Staff Requirements' field.

Fonte: Autoria própria (2018)

Por fim, para as decisões do processo, foram utilizados elementos de processo do tipo “*Decision Point*”, cujos campos são ilustrados na Figura 11.

Figura 11 - Campos do elemento de processo do tipo "Decision Point" utilizados no modelo



Fonte: Autoria própria (2018)

O HRM forneceu as filmagens de 6 dias de doação. Para os tempos de cada processo, foram coletados os tempos durante 1 dia de trabalho em seu horário de operação normal (das 07:00 às 18:30).

Tais tempos foram inseridos no *software* Expertfit, o qual retornou uma função com diferentes parâmetros de entrada para cada processo, representando as distribuições de probabilidade que melhor descrevem cada um. No Quadro 5 encontram-se tais funções conforme suas representações descritas no Quadro 3, configuradas para operar com **minutos** como unidade de tempo e escritas em unidades decimais inglesas devido ao idioma do *software*.

Quadro 5 - Funções de distribuição de probabilidade dos processos

Processo	Tipo de distribuição	Representação no Flexsim HC
Atendimento na Recepção	Erlang	erlang (1.335046, 1.633915, 2.000000)
Triagem hematológica	Beta	beta (2.258635, 5.245839, 1.188355, 1.905930)
Triagem clínica	Log-normal	lognormal2 (1.972469, 1.635864, 0.950664)
Recepção da ficha	Weibull	weibull (0.211562, 0.089494, 2.000000)
Preparação da doação + doação* (apenas doadores de sangue)	Pearson tipo V	pearsont5 (6.167316, 199.655179, 9.470657)
Preparação da coleta + coleta de sangue para doação de medula* (apenas coleta de medula)	8,35**	-
Preparação da doação + aférese* (apenas doadores por aférese)	Beta	beta (65.641232, 87.110996, 0.455710, 0.286805)
Hidratação	Beta	beta (3.049770, 10.275460, 0.972675, 1.071199)

*A preparação da doação não pode ser mensurada por não ser possível discerni-la do processo de doação ou coleta.
**Houve apenas 1 doador em que foi possível coletar o tempo de coleta de sangue para doação de medula.

Fonte: Autoria própria (2018).

Já para as frequências de chegada, foram coletados os intervalos de chegada durante os 6 dias das filmagens, cujas distribuições correspondentes encontram-se na Quadro 6, também conforme descritas no Quadro 3.

Quadro 6 - Funções de distribuição de probabilidade para a frequência de chegada

Dia	Tipo de distribuição	Função de distribuição
1	Beta	beta(0.647171, 36.195802, 0.743956, 2.349432)
2	Beta	beta(0.000000, 75.198718, 0.287442, 1.077021)
3	Johnson S _B limitada	johnsonbounded(0.362301, 91.524064, 1.791949, 0.754757)
4	Johnson S _B limitada	johnsonbounded(0.463062, 208.700317, 1.898834, 0.677667)
5	Pearson tipo VI	pearsont6(0.000000, 71.618097, 0.565292, 2.699300)
6	Exponencial	exponential(0.098562, 7.606772)

Fonte: Autoria própria (2018)

Utilizando-se a Eq. 01, foram calculados os números de replicações necessárias para cada dia a fim de se obter um valor de *lead time* com nível de confiança de 95% e erro de 5%. O modelo foi então replicado para cada frequência de chegada e o número de candidatos a doação médio por dia após as replicações foi comparado com o número de candidatos a doação real daquela frequência de chegada a fim de validar o modelo. Os resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Número de replicações e candidatos a doação para cada frequência de chegada

Dia	Número de replicações necessárias	Número de replicações realizadas	Número de candidatos a doação real no dia	Número de candidatos a doação médio no dia simulado	Erro absoluto entre o número de candidatos a doação
1	86	87	78	76	2
2	78	83	41	45	4
3	78	80	57	54	3
4	65	67	28	30	2
5	64	70	27	31	4
6	94	100	51	50	1

Fonte: Autoria própria (2018)

O baixo valor do erro absoluto entre o número de candidatos a doação nas situações real e simulada demonstram haver correspondência entre os sistemas real e simulado, validando assim o modelo.

4.3 Correlação entre *lead time* e número de candidatos a doação

Após as replicações de cada dia, foram calculados os *lead time* médios de cada dia e seus respectivos desvios-padrões, bem como seus intervalos de confiança utilizando a Eq. 02, considerando um nível de confiança de 95% e um erro de 5%, os quais são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Intervalos de confiança para cada dia

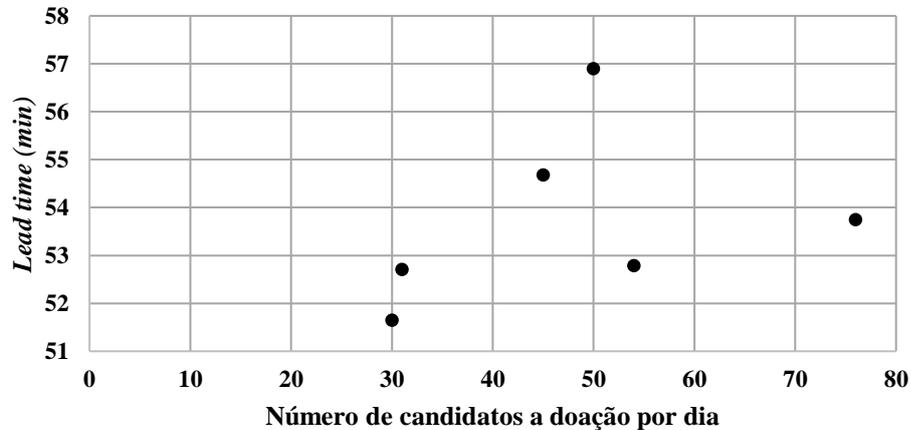
Dia	Número de candidatos a doação médio no dia simulado	<i>Lead time</i> médio simulado (min)	Desvio Padrão	Semi-intervalo h (min)	Intervalo de confiança (min)
1	76	53,75	12,25	2,62	[51,13 - 56,37]
2	45	54,68	11,93	2,64	[52,04 - 57,32]
3	54	52,79	10,94	2,45	[50,34 - 55,24]
4	30	51,65	10,37	2,59	[49,06 - 54,24]
5	31	52,71	10,45	2,55	[50,16 - 55,26]
6	50	56,90	13,6	2,73	[54,17 - 59,63]

Fonte: Autoria própria (2018)

Para analisar a correlação entre as variáveis propostas, os pares de dados foram plotados em um gráfico de dispersão, conforme Figura 12.

Figura 12 - Gráfico de dispersão para análise de correlação

Número de candidatos a doação por dia versus lead time



Fonte: Autoria própria (2018)

Utilizando a Eq. 03, calculou-se o coeficiente de correlação entre as variáveis estudadas, obtendo um valor igual a 0,34. Assim, conforme explicado por Bussab e Morettin (1998), uma vez que o valor do coeficiente de correlação está muito próximo do zero, a correlação entre as variáveis *lead time* e número de candidatos a doação é nula no intervalo de dados analisado. Isso é evidenciado ao se comparar as variações dos valores da segunda e terceira coluna da Tabela 2, pois as variações percentuais do *lead time* médio não correspondem às variações do número de candidatos a doação, conforme ilustrado pela Tabela 3, na qual está em ordem crescente do número de candidatos a doação médio.

Tabela 3 - Variação do número de candidatos a doação médio e do lead time médio simulados

Dia	Número de candidatos a doação médio no dia simulado		Lead time médio simulado	
	Valor	Variação percentual em relação ao valor anterior	Valor (min)	Variação percentual em relação ao valor anterior
4	30	-	51,65	-
5	31	3,33%	52,71	2,1%
2	45	45,16%	54,68	3,7%
6	50	11,11%	56,90	4,1%
3	54	8,00%	52,79	-7,2%
1	76	40,74%	53,75	1,8%

Fonte: Autoria própria (2018)

É possível observar que, embora a quantidade de candidatos a doação sempre aumente na Tabela 3, em 4 dias observa-se um aumento do *lead time* médio porém, em 1 dia, há uma redução desse mesmo valor, evidenciando a falta de correlação entre as variáveis.

Essa falta de correlação pode ser consequência de diversos fatores, como: a influência que o tamanho das filas formadas podem exercer na velocidade de atendimento, como no estudo realizado por Oliveira, Neto e Cybis (2003), no qual foi evidenciado uma redução de 6,45% nos tempos de atendimento de uma praça de pedágio em períodos de alto congestionamento, enquanto em períodos de baixo congestionamento observou-se um aumento de 13,21% desse mesmo tempo; e o possível superdimensionamento da capacidade efetiva do HRM, projetada para atender uma demanda maior da que de fato ocorre.

5. Conclusão

Por meio da utilização da simulação computacional e métodos estatísticos, foi possível avaliar a correlação entre o número de candidatos a doação em um dia de funcionamento com o *lead time* do doador de sangue no HRM.

Com o apoio do *software* Flexsim HC, foi possível construir o modelo que representasse a rotina do HRM, no qual foram incorporados os três tipos de processos realizados pela instituição: a doação de sangue, a doação por aférese e a coleta de sangue para doação de medula, bem como seus respectivos tempos de processos e intervalos de chegada.

Foram utilizados dados de 6 dias de operação, nos quais o número de candidatos a doação variou de 30 a 76 candidatos e, para cada respectivo dia, foram calculados os *lead times* médios em um intervalo de confiança com 95% de nível de confiança e 5% de erro. A análise de correlação utilizando o método do coeficiente de correlação resultou num valor do coeficiente de 0,34, indicando não haver correlação entre as variáveis estudadas, conforme pode ser observado comparando as variações percentuais de cada variável para pares de dias.

Como propostas para estudos futuros, sugere-se analisar os possíveis fatores que podem estar causando essa ausência de correlação entre as variáveis estudadas, como a influência que o tamanho da fila de doadores pode estar exercendo na velocidade dos processos e o dimensionamento da capacidade efetiva do HRM.

6. Referências

- ABPM. Association of Business Process Management. **Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio – Corpo Comum de Conhecimento**. ABPM, v3, 2013.
- ALFONSO, E.; XIE, X.; AUGUSTO, V.; GARRAUD, O. Modeling and simulation of blood collection systems. **Health Care Management Science**, v. 15, n. 1, p. 63-78, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10729-011-9181-8>
- _____. Modelling and simulation of blood collection systems: improvement of human resources allocation for better cost-effectiveness and reduction of candidate donor abandonment. **Vox Sanguinis**, v. 104, n. 3, p. 225-233, 2013. <https://doi.org/10.1111/vox.12001>
- _____. A simulation-optimization approach for capacity planning and appointment scheduling of blood donors based on mathematical programming representation of event dynamics. In: **Automation Science and Engineering (CASE), 2015 IEEE International Conference on**. IEEE, 2015. p. 728-733. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7294167> >. Acesso em: 19 abr. 2018.
- BANKS, J.; CARSON, J. S. **Discrete-Event System Simulation**. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1984.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. Editora Edgard Blucher, 1977.
- BARRIOS, M.; JIMÉNEZ, H. Use of six sigma methodology to reduce appointment lead-time in obstetrics outpatient department. **Journal Of Medical Systems**, v. 40, n. 10, p. 220, 2016.
- BAŞ, S.; CARELLO, G.; LANZARONE, E.; YALÇINDAĞ, S. An appointment scheduling framework to balance the production of blood units from donation. **European Journal of Operational Research**, v. 265, n 3, 2018, p. 1124-1143. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.08.054>
- BATEMAN, R.; BOWDEN, R.; GOGG, T.; HARREL, C.; MOTT, J.; MONTEVECHI, J.; **Simulação de Sistemas – Aprimorando Processos de Logística, Serviços e Manufatura**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- BELIËN, J.; FORCÉ, H. Supply chain management of blood products: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 217, n. 1, p. 1-16, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.05.026>
- BIAZZO, S. Process mapping techniques and organisational analysis: Lessons from sociotechnical system theory. **Business Process Management Journal**, v. 8, n. 1, p. 42-52, 2002. <https://doi.org/10.1108/14637150210418629>
- BITTAR, O. J. N. V. Gestão de processos e certificação para qualidade em saúde. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 45, n. 4, p. 357–363, 1999.
- BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC nº 153, de 14 de junho de 2004**. Regulamento Técnico para os procedimentos hemoterápicos, incluindo a coleta, o processamento, a testagem, o armazenamento, o transporte, o controle de qualidade e o uso humano de sangue, e seus componentes, obtidos do sangue venoso, do cordão umbilical, da placenta e da medula óssea. Alterada por Portaria Nº 2.712 de 12 de novembro de 2013. Diário Oficial da União nº 221 – Ministério da Saúde. Brasília, DF, Brasil, de 13/11/2013. Disponível em: http://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/RES_153.pdf. Acesso em: 19 abr. 2018.
- BRASIL. Apenas 1,8% dos brasileiros doam sangue; saiba como se tornar um doador. Portal Brasil, 2017. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/saude/2017/06/apenas-1-8-dos-brasileiros-sao-doadores-de-sangue> >. Acesso em: 18 abr. 2018.
- _____. Lei 10.205 de 21 de março de 2001. **Regulamenta o § 4º do art. 199 da Constituição Federal**. 2001. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110205.htm >. Acesso em: 19 abr. 2018.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Especializada. **Guia para o uso de hemocomponentes**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2010.

BUHAUG, H. *Long waiting lists in Hospital*. **British Medical Journal**, Macmillan Health Administration Press HSR, 2002.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. São Paulo: Atual, 1986.

CHAIM, R. M. **Modelagem, simulação e dinâmica de sistemas**. Gestão da Segurança da Informação e Comunicações, 2009.

CHUNG, R. D.; HUNTER-SMITH, D. J.; SPYCHAL, R. T.; RAMAKRISHNAN, V. V.; ROZEN, W. M. A systematic review of intraoperative process mapping in surgery. **Gland surgery**, v. 6, n. 6, p. 715, 2017. <http://dx.doi.org/10.21037/g.s.2017.11.02>

FLEXSIM. **Healthcare Simulation Software** - Experience The Power Of Flexsim HC. 2018. Disponível em: < <https://healthcare.flexsim.com/healthcare-simulation-software/> >. Acesso em: 28 abr. 2018.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas Com Aplicações em Arena**. 1ª Ed, Visual Books, 2001.

GERONIMO, B.; ANTONELLI, G. **Modelagem e Simulação Dinâmica do Banco de Sangue Maringá - Um Estudo de Caso**. Ed. Novas Edições Acadêmicas. 2017.

GRAEML, A.; PEINADO, J. **Administração da Produção: operações industriais e serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

GURUPUR, V. P.; SUH, S.; SELVAGGI, R.; KARLA, P.; NAIR, J.; AJIT, S. An approach for building a personal health information system using conceptual domain knowledge. **Journal of medical systems**, v. 36, n. 6, p. 3685-3693, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10916-012-9842-2>

HEMONORTE. Hemocentro do Rio Grande do Norte Dalton Cunha. **Tipos de Doação de Sangue**. 2013. Disponível em: < <http://www.hemonorte.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=1836&ACT=null&PAGE=0&PARAM=null&LBL=Institui%C3%A7%C3%A3o> >. Acesso em: 26 jun. 2018.

HUNT, V. D. **Process mapping: how to reengineer your business process**. 1996.

INCA. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Como Se Tornar Um Doador**. 2015. Disponível em: < <http://redome.inca.gov.br/doador/como-se-tornar-um-doador/> >. Acesso em: 27 jun. 2018.

JOUKES, E.; ABU-HANNA, A.; CORNET, R.; DE KEIZER, N. F. Time Spent on Dedicated Patient Care and Documentation Tasks Before and After the Introduction of a Structured and Standardized Electronic Health Record. **Applied clinical informatics**, v. 9, n. 01, p. 046-053, 2018. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1615747>

KALMAN, H. K. Process mapping: Tools, techniques, & critical success factors. **Performance Improvement Quarterly**, v. 15, n. 4, p. 57-73, 2002. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1937-8327.2002.tb00265.x>

KATSALIAKI, K.; BRAILSFORD, S. Using simulation to improve the blood supply chain. **Journal of the Operational Research Society**, v. 58, n. 2, p. 219-227, 2007. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602195>

LAW, M. A. **Distribution-Fitting Software**. 2012. Disponível em: < <http://www.averill-law.com/distribution-fitting/> >. Acesso em: 28 abr. 2018.

LOWALEKAR, H.; RAVICHANDRAN, N. Model for blood collections management. **Transfusion**, v. 50, n. 12 pt2, p. 2778-2784, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2010.02944.x>

MARTINS, P.; LAUGENI, F. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

NGUYEN, T.; SIVAKUMAR, A.; GRAVES, S. A network flow approach for tactical resource planning in outpatient clinics. **Health Care Management Science**, v. 18, n. 2, p. 124-136, 2015.

NORDGREN, W. B. Flexsim: Flexsim simulation environment. In: **Proceedings of the 34th conference on Winter simulation: exploring new frontiers**. Winter Simulation Conference, 2002. p. 250-252. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1172892> >. Acesso em: 28 abr. 2018.

OLIVEIRA, M. L.; NETO, J. M. R.; CYBIS, H. B. B. A influência do tamanho das filas na capacidade de atendimento das praças de pedágio. In: XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. **Anais**. Rio de Janeiro, v. 2, p. 1264-1275, 2003.

ORTIZ, M. A.; McCLEAN, S.; NUGENT, C.; CASTILLO, A. Reducing appointment lead-time in an outpatient department of gynecology and obstetrics through discrete-event simulation: a case study. In: **International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence**. Springer, Cham, 2016. p. 274-285.

OSORIO, A.; BRAILSFORD, S.; SMITH, H.; FORERO-MATIZ, S.; CAMACHO-RODRIGUEZ, B. Simulation-optimization model for production planning in the blood supply chain. **Health Care Management Science**, v. 20, n. 4, p. 548-564, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10729-016-9370-6>

PARANÁ. Secretaria da Saúde. **Doação por Aférese**. 2013. Disponível em: < <http://www.saude.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=2986> >. Acesso em: 24 jun. 2018.

PEGDEN, C.D.; SHANNON, R.E.; SADOWSKI, E. P. **Introduction to Simulation Using SIMAN**. 2ª Ed., Nova Iorque: McGraw-Hill, 1990.

PEINALDO, J.; GRAEML, A. **Administração da Produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007.

PRODANOV, C. FREITAS, E. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. Ed. Nova Hamburgo: Feevale, 2013.

SCHRIBER, T. J. **Simulation Using GPSS**. Wiley, Nova Iorque, 1974.

SHANNON, R. E. **Systems Simulation: The Art and Science**. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, 1975.

SILVA JÚNIOR, J.; COSTA, C.; BACCARA, J. Regulação de sangue no Brasil: contextualização para o aperfeiçoamento. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 38, p. 333-338, 2015.

SINGH, S.; UPADHYAYA, S.; DESHMUKH, P.; DONGRE, A.; DWIVEDI, N.; DEY, D.; KUMAR, V. Time motion study using mixed methods to assess service delivery by frontline health workers from South India: methods. **Human resources for health**, v. 16, n. 1, p. 17, 2018. <https://doi.org/10.1186/s12960-018-0279-7>

TAKAGI, H.; KANAI, Y.; MISUE, K. Queueing network model for obstetric patient flow in a hospital. **Health care management science**, v. 20, n. 3, p. 433-451, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10729-016-9363-5>

TESTIK, M. C.; OZKAYA, B.Y.; AKSU, S.; OZCEBE, O. I. Discovering blood donor arrival patterns using data mining: A method to investigate service quality at blood centers. **Journal Of Medical Systems**, v. 36, n. 2, p. 579-594, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10916-010-9519-7>

TREBBLE, T. M.; HANSI, N.; HYDES, T.; SMITH, M. A.; BAKER, M. Process mapping the patient journey through health care: an introduction. **BMJ**, v. 341, n. 7769, p. 394-397, 2010. <https://doi.org/10.1136/bmj.c4078>

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2007.

VACCARI, M.; MONTASSER, W.; TUDOR, T.; LEONE, L. Environmental audits and process flow mapping to assess management of solid waste and wastewater from a healthcare facility: an Italian case study. **Environmental monitoring and assessment**, v. 189, n. 5, p. 239, 2017. <https://dx.doi.org/10.1007/s10661-017-5940-4>