



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ESTUDO DE DESEMPENHO DO SETOR FRONT-OFFICE DE UM LABORATÓRIO DE ANÁLISES CLÍNICAS VIA SIMULAÇÃO

RAPHAEL BRUNO MESQUITA ROQUIM

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

João Monlevade

MARÇO, 2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



Raphael Bruno Mesquita Roquim

ESTUDO DE DESEMPENHO DO SETOR FRONT-OFFICE DE UM LABORATÓRIO DE ANÁLISES CLÍNICAS VIA SIMULAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção de Grau em Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Thiago Silva

Co-orientador: Prof. Alexandre Martins

João Monlevade

ICEA – UFOP

MARÇO, 2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado “Estudo de desempenho do setor front-office de um laboratório de análises clínicas via simulação” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 06 de abril de 2017.

Raphael Bruno Mesquita Roquim



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção
ANEXO VIII – ATA DE DEFESA



Aos 23 dias do mês de março de 2017, às 17 horas, na sala Dicydeste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pelo (a) aluno (a) Raphael Bruno Mesquita Bogaissa, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Março Augusto de Oliveira Silva (coorientador), Marcio Antonio Bonelli Simion, Pegemini Barcellos de Oliveira e Helena de Jesus

O (a) aluno (a) apresentou o trabalho

intitulado: Estudo de desempenho do Setor Front-Office de um Laboratório

de análise clínicas via simulador. A comissão examinadora deliberou, pela:

() Aprovação

(X) Aprovação com Ressalva - Prazo concedido para as correções: 30 dias

() Reprovação com Ressalva - Prazo para marcação da nova banca: _____

() Reprovação

do(a) aluno (a), com a nota 7,2. Na forma regulamentar e seguindo as determinações da resolução COEP12/2015 foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pelo (a) aluno(a).

João Monlevade, 23 de março de 2017.

Março Augusto de Oliveira Silva
Professor(a) Orientador(a)

Helena de Jesus
Convidado(a)

Março Augusto de Oliveira Silva
Convidado(a)

Raphael Bogaissa
Aluno (a)

Pegemini Barcellos de Oliveira
Convidado(a)

Agradecimentos

Primeiramente agradeço à meus pais, Marisa e Hélio, pelo apoio incondicional, superação, paciência e amor. Meus avós, Theresa e Joaquim, Hilda e José, por formarem a base de quem sou. Minha madrinha Marli, por sempre ter se preocupado e colaborado com a minha formação.

Aos meus amigos, Morto e Lucão, pelo companheirismo e aprendizado em momentos alegres e difíceis.

À Pamela e toda sua família, especialmente, Solange e Motoqueiro, Aurea e Antônio, por terem sido minha família em João Monlevade, por me acolher tão bem e ensinar grandes fundamentos como a fé e a caridade.

À República Catapulta pelos grandes anos vividos e experiências compartilhadas.

À Dona Chica e Shirley pelo carinho e incontáveis almoços (inclusive fiado rs).

Aos orientadores Thiago e Alexandre.

À todos os amigos feitos em João Monlevade.

À vida,

OBRIGADO! Com muito orgulho, vocês fazem parte da minha história!

RESUMO

Desde o advento da computação digital, a simulação tem sido empregada nas mais diversas áreas da indústria e das instituições públicas para suportar tomadas de decisão. Todos os países gastam uma parte significativa de suas rendas com a saúde. Esta conjuntura é fecunda para o desenvolvimento de métodos e técnicas que ajudem a melhorar a eficiência dos sistemas hospitalares e conseqüentemente diminuir os custos. Este trabalho traz uma breve revisão do contexto de surgimento, evolução e conceitos importantes da Simulação de Eventos Discretos e sua aplicação na área da saúde. Foi conduzido um estudo de caso em um laboratório de análises clínicas e analisadas as nove diferentes possibilidades de configuração do sistema e seus respectivos impactos no desempenho do serviço utilizando o *software* Arena. Os dados foram coletados *in loco* durante 20 dias. A simulação foi validada, satisfatória e apresentou certa equivalência entre alguns cenários, na avaliação do tempo total médio gasto pelo paciente nos processos de *front-office* do laboratório.

Palavras-chave: simulação, simulação laboratorial, eventos-discretos.

ABSTRACT

Since the advent of digital computing, the simulation has been used among the various industry areas and government, to support decision making. Every country spends a significant part of their finance income with health care. This conjuncture is fruitful to develop methods and techniques to improve the health care systems' efficiency and therefore take down costs. This paper focus to refer bibliographically the context of the beginning, the evolution and important concepts of the Discrete Event Simulation and its appliance on the health care sector. A study case was conducted in a chemistry laboratory and analyzed the different possibilities of the systems configuration and their respective impacts on the service performance through the Arena software. The data was collected over ten days. The simulation was validated and satisfactory and showed some similarity among some scenarios in the evaluation of the total time average spent by patients in the laboratory's front-office process.

Keywords: healthcare simulation, discrete event simulation, healthcare modelling

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da pesquisa bibliográfica	3
Figura 2 – Passos na construção de um estudo de simulação	10
Figura 3 – Níveis de detalhamento da simulação na área da saúde	12
Figura 4 - Passos na construção de um modelo de simulação na área da saúde	13
Figura 5 - Fluxograma do trabalho no laboratório	14
Figura 6 - Fluxograma da construção do modelo	16
Figura 7 – Modelo construído no software Arena	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuições de probabilidade	17
Tabela 2 – Tempos Cenário 1	19
Tabela 3 – Filas Cenário 1	20
Tabela 4 – Recursos Cenário 1	20
Tabela 5 – Tempos Cenário 2	21
Tabela 6 – Filas Cenário 2	21
Tabela 7 – Recursos Cenário 2	22
Tabela 8 – Tempos Cenário 3	22
Tabela 9 – Filas Cenário 3	23
Tabela 10 – Recursos Cenário 3	24
Tabela 11 – Tempos Cenário 4	24
Tabela 12 – Filas Cenário 4	25
Tabela 13 – Recursos Cenário 4	25
Tabela 14 – Tempos Cenário 5	26
Tabela 15 – Filas Cenário 5	26
Tabela 16 – Recursos Cenário 5	27
Tabela 17 – Tempos Cenário 6	27
Tabela 18 – Filas Cenário 6	28
Tabela 19 – Recursos Cenário 6	28
Tabela 20 – Tempos Cenário 7	29
Tabela 21 – Filas Cenário 7	29
Tabela 22– Recursos Cenário 7	30
Tabela 23 – Tempos Cenário 8	30
Tabela 24 – Filas Cenário 8	31
Tabela 25 – Recursos Cenário 8	31

Tabela 26 – Tempos Cenário 9	32
Tabela 27 – Filas Cenário 9	32
Tabela 28 – Recursos Cenário 9	33
Tabela 29 – Tempo total médio unificado	34
Tabela 30 – Tempo de espera médio unificado	34
Tabela 31 – Número de pessoas esperando unificado	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Variável discreta	5
Gráfico 2 – Variável contínua	5
Gráfico 3 – Gráfico de Pareto dos exames	15
Gráfico 4 – Tempo total médio	34
Gráfico 5 – Tempo de espera médio	34
Gráfico 6 – Número de pessoas esperando	35
Gráfico 7 – Carta de Controle Atendimento	36
Gráfico 8 – Carta de Controle Coleta	36

SUMÁRIO

1 – Introdução	1
2 –Metodologia	2
3 – Revisão Bibliográfica	3
3.1 – Procedimento de pesquisa e seleção dos artigos.....	3
3.2 - Simulação de Eventos Discretos	4
3.2.1 – Definição de sistema de seus componentes	4
3.2.2 – Sistemas discretos e contínuos	5
3.2.3 – Modelos de um sistema	6
3.2.4 - Evolução da simulação de eventos discretos	6
3.2.5 – Passos na construção de um modelo de simulação	8
3.2.6 – A simulação em áreas da saúde	10
4 – Pesquisa de campo	14
4.1 – O laboratório	14
4.2 – Procedimentos utilizados na construção do modelo.....	15
4.3 – Premissas do modelo	18
4.4 - Resultados	18
4.4.1 – Cenário 1	19
4.4.2 – Cenário 2	21
4.4.3 – Cenário 3	22
4.4.4 – Cenário 4	24
4.4.5 – Cenário 5	26
4.4.6 – Cenário 6	27
4.4.7 – Cenário 7	29
4.4.8 – Cenário 8	30
4.4.9 – Cenário 9	32

4.4.10 – Resultados unificados	33
4.5 – Análise dos resultados	35
5 – Conclusão	37
Referências Bibliográficas	39
Anexos	41

1. Introdução

A grande evolução tecnológica das últimas décadas, especificamente no ramo computacional, onde se inclui intrinsecamente suas duas facetas, *hardware* e *software*, aumentou substancialmente o potencial de desenvolvimento e uso de ferramentas capazes de auxiliar de forma mais eficiente as tomadas de decisão, com menores custos atrelados. A simulação de eventos discretos, descrita apenas como simulação neste trabalho por conveniência, acompanhou tal progresso desde o código-máquina até as mais robustas e dinâmicas linguagens de programação e tornou as simulações significativamente menos onerosas.

De acordo com Banks *et al.* (2000), simulação é a imitação de um processo ou sistema do mundo real por intermédio de um modelo que reproduz o comportamento desse processo ou sistema através do tempo.

O emprego da simulação em sistemas hospitalares ou da saúde, acompanhou a evolução da simulação, tendo sido empregada em diversas áreas e setores desde a década de 50. Objetiva basicamente, em nível operacional, estimar possíveis cenários do sistema, fornecendo valiosas informações para a avaliação do fluxo de pacientes e alocação de recursos, dada a natureza estocástica do setor. Mas, a simulação pode ser usada também em níveis clínicos e estratégicos.

Talvez a característica mais marcante que nos remete à exames clínicos laboratoriais seja: jejum. A grande maioria dos exames são feitos sob jejum para que não se colete amostras sujeitas a algum tipo de alteração, principalmente por meio da alimentação. É normal que pessoas sintam algum tipo de mal-estar devido ao grande intervalo de tempo sem se alimentar. A diabetes e a hipoglicemia são exemplos clássicos.

O escopo deste trabalho delimita-se na criação e análise de um modelo de simulação do laboratório de análises clínicas do Hospital Municipal de João Monlevade – MG, com enfoque no front-office (etapas do serviço onde o paciente participa ativamente do processo), utilizando o *software* ARENA.

O objetivo é avaliar as possibilidades de configuração dos processos rotineiros do laboratório e seus respectivos impactos no tempo de permanência do paciente no laboratório,

no tempo de espera e no número de pessoas nas filas. A intenção é fornecer informações importantes para a avaliação de desempenho do serviço.

Este trabalho está dividido em cinco seções. A primeira seção corresponde à introdução. A seção 2 se refere à metodologia utilizada no trabalho e as classificações da pesquisa no âmbito geral e de forma mais específica no campo de modelagem quantitativa. A terceira parte traz uma breve revisão bibliográfica e expõe conceitos básicos da simulação de eventos discretos, sua evolução e aplicação na área da saúde. A quarta seção corresponde à pesquisa de campo onde é exposta a caracterização do laboratório, a metodologia utilizada na construção e execução do modelo, os resultados de cada cenário possível do sistema e a análise conjunta de desempenho. A quinta parte refere-se à conclusão, seguida das referências bibliográficas dos artigos que alicerçaram este trabalho.

2. Metodologia

Pesquisar é o ato de procurar entender, solucionar, representar fenômenos através da construção do conhecimento de forma sistemática. O conhecimento pode ser construído empiricamente, filosoficamente, teologicamente e cientificamente. A ciência busca compreender um objeto específico e através de um método específico.

De acordo com Gerhardt *et al.* (2009), pesquisas científicas podem ser classificadas de acordo com:

- ✓ Abordagem: Quantitativa, qualitativa, qualitativa/quantitativa;
- ✓ Natureza: Básica, aplicada;
- ✓ Objetivos: exploratória, descritiva, explicativa;
- ✓ Procedimentos: Experimental, bibliográfica, documental, pesquisa de campo, *ex-post-facto*, levantamento, *survey*, estudo de caso, pesquisa participante, pesquisa-ação, pesquisa etnográfica, pesquisa etno-metodológica;

Segundo as definições propostas pelo autor, o presente trabalho é exploratório (buscou-se maior familiaridade com o problema através de coletas de dados *in loco*), possui abordagem quantitativa computacional e de natureza aplicada (visa a aplicação do conhecimento em situação real). O procedimento utilizado na pesquisa foi a pesquisa de

campo, buscou-se maior uma maior compreensão do problema através de levantamento bibliográfico, entrevistas e observações/mensurações diretas.

Mais especificamente no campo de pesquisa da modelagem quantitativa, Bertrand e Fransoo (2002), classificam os modelos em duas classes: axiomáticos e empíricos. Que, por sua vez, podem ser normativos, descritivos ou uma mistura de ambos. Este trabalho é classificado como empírico normativo por tratar-se de um modelo construído a partir da observação e mensuração de uma situação real e explorar cenários, políticas e estratégias com o objetivo de fornecer informações importantes para a otimização do problema de pesquisa.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Procedimento de pesquisa e seleção dos artigos

A metodologia de busca dos artigos base da revisão bibliográfica foi orientada pelo *framework* a seguir conforme a Figura 1:

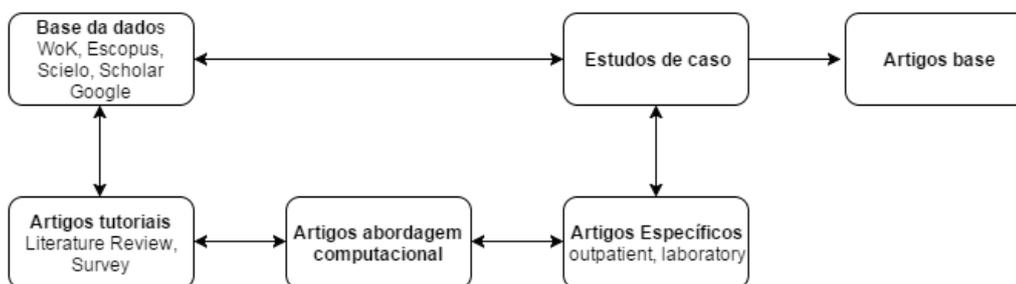


Figura 1 – Fluxograma de pesquisa bibliográfica

As setas bidirecionais foram colocadas para exprimir retroatividade da pesquisa, e cada uma das etapas é explicada a seguir:

Base de dados: A escolha de boas bases de dados é o primeiro e mais importante passo da pesquisa, pois, garantem um bom lastro acadêmico dos artigos. Portanto, as bases de dados escolhidas foram: Web of Knowledge (Coleção principal Reuters), IEEE Xplore, Escopus (Elsevier), Scielo (base de dados confiável brasileira) e com o complemento do Scholar Google para os artigos que não tinham acesso garantido pelo portal CAPES e que, para os artigos mais antigos, possui acesso liberado.

Artigos tutoriais: Artigos do tipo ‘*literature review*’ e ‘*survey*’ são categorizados como artigos tutoriais por explorarem os trabalhos acadêmicos já publicados referentes ao tema e funcionam como uma espécie de ‘guia de pesquisa’.

Artigos abordagem computacional: Conforme constatado nos artigos tutoriais, boa parte dos artigos mais antigos, possuem base matemática e não utilizam *softwares* para a condução do estudo de simulação. O enfoque desse trabalho é a abordagem computacional suportada por diversos softwares como Arena, ProModel e MedModel.

Artigos específicos: Como existe um grande número de trabalhos de simulação na área hospitalar que incluem os mais variados departamentos e atividades, cirurgia, pronto-socorro, planejamento de horários, radiologia, farmácia, laboratório, dimensionamento de salas e camas, dentre outras atividades e processos inerentes do serviço hospitalar, essa etapa procurou selecionar artigos semelhantes ao objeto de pesquisa desse trabalho, laboratórios ou atividades em que o paciente chega, consulta e vai embora.

Estudos de caso: Para ilustrar e facilitar a compreensão da aplicação da simulação no ambiente hospitalar e da área da saúde com casos reais.

3.2. Simulação de eventos discretos

3.2.1. Definição de sistema e seus componentes

Um sistema é definido como um grupo de objetos que estão reunidos em alguma interação regular ou interdependência para a realização de algum propósito. (Banks, 2000).

Os componentes de um sistema são, segundo Banks *et al.* (2000):

- ✓ Entidade: Objeto de interesse do sistema. A entidade percorre o sistema (entra e sai) e aciona alguns gatilhos.
- ✓ Atributo: Propriedade, característica da entidade. Permite que a entidade percorra caminhos específicos no sistema em função do valor atribuído.
- ✓ Atividade: Representa um período de tempo de duração específica, expressas em distribuições de probabilidade.
- ✓ Recurso: É um objeto que fornece algum tipo de serviço à entidade e geralmente consomem tempo e capital. (Karnon *et al.*, 2012)

- ✓ Estado do sistema: Conjunto de variáveis necessárias para descrever o sistema em qualquer tempo, relativos ao objetivo de estudo.
- ✓ Evento: Ocorrências que podem mudar o estado do sistema.

3.2.2. Sistemas discretos e contínuos

Segundo Banks et al (2000), sistemas discretos são aqueles que o estado da variável muda apenas em um conjunto de pontos discretos no tempo. O Gráfico 1 mostra o comportamento de uma variável discreta:

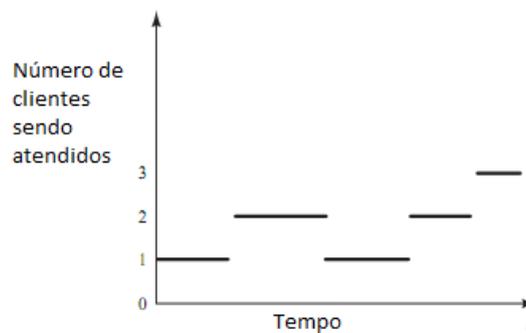


Gráfico 1 – Adaptado de: (Banks, 2000): Variável discreta

Ainda segundo o autor, sistemas contínuos são aqueles que o estado da variável muda continuamente no tempo. O Gráfico 2 exemplifica o comportamento de uma variável contínua:

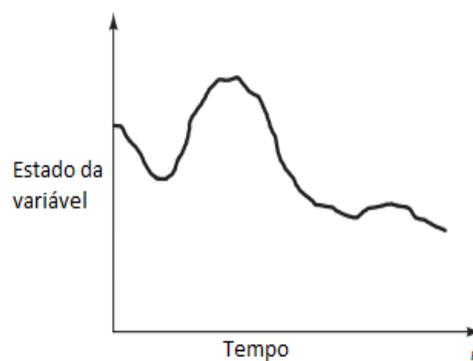


Gráfico 2 - Adaptado de: (Banks, 2000): Variável contínua

3.2.3. Modelo de um sistema

Banks e Carson (1988), afirmam que modelo é uma versão simplificada de um sistema, que busca abordar apenas os aspectos relevantes para o problema estudado. Os modelos podem ser classificados como:

- ✓ Físicos: Representações de objetos do mundo real. Exemplo: Protótipos.
- ✓ Matemáticos: São representações por notação simbólica e equações matemáticas. Simulações se enquadram nesse tipo de classificação.

Modelos de simulação podem ser classificados como:

- ✓ Estáticos: Representam o sistema em um ponto particular do tempo.
- ✓ Dinâmicos: Representam o sistema de acordo com as alterações no tempo.

Podem também ser classificados de acordo com a natureza das variáveis adotadas:

- ✓ Determinísticos: Não possuem variáveis aleatórias.
- ✓ Estocásticos: Possuem uma ou mais variáveis aleatórias, representadas por distribuições de probabilidade.

De acordo com essas definições propostas pelos autores, o modelo de simulação deste trabalho é matemático, dinâmico e estocástico.

3.2.4. Evolução da simulação de eventos discretos

Robinson (2005), apresentou um breve e objetivo resumo da relação direta da evolução computacional com a evolução e difusão das técnicas de simulação. O autor o subdivide em quatro grandes períodos:

- ✓ Período pioneiro (1950-60): Subsidiados pela primeira geração de computadores, os pioneiros ordenavam seus modelos em código-máquina, atividade muito onerosa que exigia uma capacidade técnica elevada. A introdução de linguagens de programação e computadores mais eficientes forneceu um grande campo de crescimento para a simulação nos anos 60.

Neste período também surgiram os primeiros *softwares* especializados em simulação, tais como: GPSS, SIMSCRIPT e SIMULA (programação orientada a objetos).

- ✓ Período de inovação (1970s): Nos anos 70, a introdução da primeira geração de microcomputadores, consideravelmente mais poderosos e menores, abriu uma nova perspectiva de *softwares* mais interativos e visuais, com interfaces mais amigáveis.
- ✓ A revolução (1980s): Neste período, o uso de microcomputadores pelas organizações tornou-se mais acessível, principalmente pela entrada da IBM no mercado. O desenvolvimento de softwares, como: SEE-WHY, WITNESS, HOCUS, PROMODEL, dentre outros, viabilizaram uma maior participação dos clientes nos modelos e também forneceram uma melhor capacidade de alteração e experimentação, proporcionadas pela interface gráfica.
- ✓ A evolução (1990 até os dias atuais): Como podemos constatar em nossas vidas, a evolução computacional continua a passos largos. Hoje, é possível que boa parte da população mundial possua computadores de bolso ou ‘smartphones’. Na década de 90, a transformação industrial, cadeias produtivas globais e a produção de computadores pessoais em larga escala propiciaram uma queda significativa nos preços e aumentou substancialmente o acesso de usuários domésticos à computadores potentes. No contexto da simulação, forneceu uma maior capacidade de cálculo, viabilizando assim, modelos maiores e tempos menores de execução. E também fomentou o espargimento do conhecimento e das técnicas. A difusão do sistema operacional Windows também foi de grande valia porque permitiu o uso de uma interface comum entre os usuários e também possibilitou a integração e comunicação entre os softwares de simulação com outros *softwares*, como exemplo, Microsoft Excel, Microsoft Access e CAD. Outra grande mudança foi a adição da realidade virtual, oferecendo aos usuários a possibilidade de ‘ver’ o modelo rodando e obter um melhor entendimento do problema, constatando visualmente como as variáveis se relacionam no sistema.

3.2.5. Passos na construção de um modelo de simulação

Banks e Carson (1988), elaboraram doze passos para a construção de um estudo de simulação:

1. **Formulação do Problema:** Todo estudo de simulação começa com a formulação do problema. É importante que tenha claro e bem definido o problema a ser simulado. É possível que o problema precise ser reformulado para se adequar à realidade do sistema. Consiste basicamente na escolha de qual sistema modelar.
2. **Definição dos objetivos e Plano Geral:** Os objetivos indicam quais respostas a simulação deve responder. O Plano Geral corresponde à aspectos relevantes à gestão do projeto, tais como: tempo das atividades, alocação de recursos, responsabilidades, etc.
3. **Construção do Modelo:** “A construção de um modelo de simulação é provavelmente tanto arte quanto ciência” (Banks e Carson, 1988). A criação do modelo deve começar pela definição dos limites de simulação, suposições do sistema, entidades, variáveis, atividades, recursos e qualquer outra característica que esteja atrelada ao problema previamente formulado. Nesta etapa é construído o fluxograma de trabalho, especificando o caminho que a entidade vai percorrer no sistema. É interessante que se construa inicialmente um modelo simples e que no decorrer do estudo caminhe em direção à um modelo mais complexo. A construção inicial de um modelo complexo adicionaria custos ao projeto sem necessariamente aumentar a qualidade do mesmo.
4. **Coleta de dados:** A coleta de dados está intrinsecamente relacionada ao problema e aos objetivos da simulação. Deve-se adotar metodologias precisas para a coleta dos tempos, marcos adequados de início e fim das atividades. À medida que o modelo aumenta sua complexidade, podem ser requeridas novas coletas de dados. Nesta etapa são coletados os dados de chegada das entidades (intervalos) e os tempos de processamento das atividades.
5. **Tradução do modelo / Programação:** Após a construção preliminar e coleta de dados do modelo, é necessário transcrevê-lo para um computador, de forma lógica. Pode-se escolher alguma linguagem de programação ou acolher algum *software* especializado.

6. Verificação: Este passo implica em determinar se o modelo computacional está operando corretamente. Verificar os parâmetros de entrada e a estrutura lógica do modelo.
7. Validação: O modelo é uma representação adequada do sistema? Uma das formas de se fazer a validação é comparar os dados de saída com os dados coletados do sistema-real. Alterações do modelo e novas coletas de dados podem ser requisitadas repetidas vezes, enquanto houver gap entre os dados comparados (simulação e sistema-real). Os dados podem ser validados estatisticamente também, através de testes de hipóteses e seus respectivos procedimentos.
8. *Design Experimental*: Consiste em determinar os parâmetros da simulação: número de réplicas, período de aquecimento, unidade de tempo e extensão (tempo).
9. Análise: Representa a análise dos parâmetros definidos na etapa anterior. As alterações de *setup* podem ser comparadas para uma melhor adequação da simulação ao sistema real.
10. “Mais corridas”? Consiste em avaliar as respostas trazidas pela simulação, aferir se todos os cenários foram representados adequadamente e se a simulação conseguiu atingir o objetivo.
11. Documentação e relatório: O registro da condução do estudo facilita o entendimento dos *stakeholders* e favorece a condução de um novo estudo *posteriori*. O relatório é o produto da simulação, é onde serão comparados os cenários e as medidas de desempenho.
12. Implementação: Corresponde em avaliar quão bem os onze processos acima foram seguidos. Período de trazer as respostas da simulação para o sistema real e adequá-lo aos objetivos. É imprescindível para uma simulação de sucesso, a participação dos vários *stakeholders* em todo o processo de construção e implementação do projeto de simulação.

A Figura 2 mostra a operacionalização dos passos propostos pelo autor para a condução de um estudo de simulação.

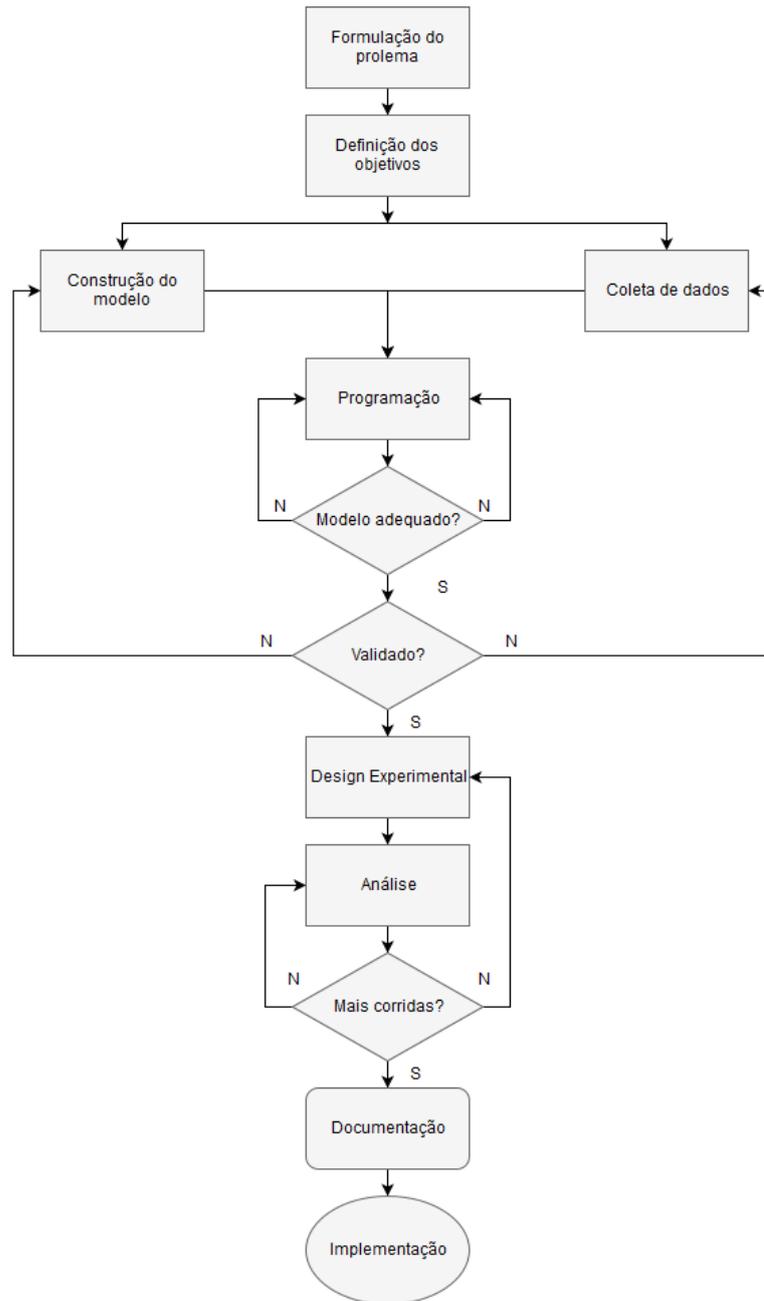


Figura 2 – Adaptado de: (Banks e Carson, 1988). Passos na construção de um estudo de simulação.

3.2.6. A simulação em áreas da saúde

A simulação tem sido usada em diversas áreas da indústria, como uma ferramenta capaz investigar complexas relações entre diferentes partes de um sistema e ajudar em processos de decisão mais assertivos.

A literatura sobre a simulação em empreendimentos da saúde, é extensa e rica, com excelentes revisões de literatura, estudos de sub-sistemas (departamentos), propostas de

modelos genéricos que contemplam o empreendimento por completo. Os estudos mais comuns são sobre serviços de pronto atendimento.

Duas grandes escolas foram pioneiras na pesquisa, implementação e documentação de estudos de simulação na área hospitalar e correspondem a um total de 85% das publicações, A americana e a britânica. (Brailsford *et al.*, 2009). As publicações mostram algumas diferenças nas perspectivas. A maioria das publicações americanas são departamentalizadas e tratam os problemas em nível mais operacional. A escola britânica possui uma visão mais abrangente à um nível de políticas públicas nacionais e questões estratégicas. Porém, nenhuma das duas escolas deixam de abordar outras áreas.

England e Roberts (1978), é um dos pioneiros artigos de revisão de literatura. Os autores dividem e analisam 92 artigos da simulação na área da saúde, classificados em 21 tipos, tais como, radiologia, farmácia, laboratório, departamento de emergência, bancos de sangue e outros. Algumas tabelas e gráficos são construídos com as informações da revisão, como exemplo, número de publicações por ano e instituição fomentadora. Um aspecto interessante deste artigo é o agradecimento às bibliotecas que colaboraram com a pesquisa. Os autores não apresentam a metodologia usada na seleção dos artigos.

Jun *et al.*, (1999), revisam 117 artigos publicados entre 1952 e 1997 e os dividem em apenas duas categorias, fluxo de paciente e alocação de recursos, as quais são subdivididas em respectivamente: agendamento e admissão, rotas e esquemas de fluxo, agendamento e disponibilidade de recursos; Dimensionamento de camas, dimensionamento de salas e planejamento de *staff*. Os autores discutem também a falta de modelos genéricos, que contemplem mais de um departamento e a integração entre simulação e otimização.

Fone *et al.*, (2003), trazem uma revisão de 1980-1999 com uma metodologia diferenciada de pesquisa e avaliação dos artigos. Vários critérios foram escolhidos formando um *score model* (procedimento de avaliação), criterisando desde pequenos departamentos à níveis governamentais e estratégicos.

Para uma visão britânica da literatura, ver: Fetter e Thompson (1965).

Brailsford (2007), aponta três níveis de detalhamento das simulações na área hospitalar: i) Modelos clínicos (doenças), ii) Modelos operacionais, iii) Modelos Estratégicos. A Figura 3 mostra como os níveis de detalhamento se relacionam.

- i) Modelos clínicos: Concepção e evolução de doenças. Eficácia dos medicamentos.

- ii) Modelos Operacionais: Análise de desempenho, gargalos, alocação de recursos, fluxo de pacientes, gestão da capacidade.
- iii) Modelos estratégicos: Políticas públicas de saúde, interação com outros provedores de serviços, interação ambiental.



Figura 3 – Níveis de detalhamento da simulação na área da saúde

O uso da pesquisa operacional em hospitais e empreendimentos de saúde se desenvolveu por algumas razões. Entre elas estão questões populacionais (crescimento e envelhecimento da população), a necessidade de qualidade do serviço, o aumento dos custos, o uso de novas tecnologias e o grande envolvimento de pessoas, sejam empregados ou usuários do serviço. Brailsford e Vissers (2011).

De acordo com Jun et al (1999), a simulação de eventos discretos permite avaliar a eficiência de um sistema hospitalar, rearranjar e recriar novos sistemas virtualmente. A simulação de eventos discretos é utilizada para modelar o fluxo de pacientes, examinar a necessidade de recursos e avaliar sua utilização.

Bhattacharjee e Ray (2014) apontam que há duas maneiras de modelar o fluxo de pacientes: o fluxo operacional e o fluxo clínico. O fluxo operacional é o foco deste trabalho e examina as rotas e processos em que o paciente/entidade participa ativamente. O fluxo clínico corresponde à situação clínica do paciente e suas respectivas alterações, como por exemplo, a eficácia de medicamentos e evolução de doenças.

Lowery (1996), discute importantes questões ao se conduzir um estudo de simulação na área hospitalar. Complexidade do modelo, definição das distribuições de probabilidade e validação do modelo. Sobre a complexidade do modelo o autor salienta que produzir modelos muito complexos que necessariamente requerem uma porção grande de tempo podem ser ineficientes e desperdiçados porque a mudança nos sistemas hospitalares é muito rápida. Ainda segundo o autor, muitos gestores ainda possuem dúvidas sobre o uso da simulação, o que pode ser explicado pelo pequeno esforço remediado a validar o modelo.

A simulação pode ajudar a prever consequências de decisões gerenciais, identificar tendências e promover melhorias no sistema. (Mielczarek e Uzialko-Mydlikowska, 2010).

Assim como o passo-a-passo de um estudo de simulação proposto por Banks (2000), Bhattacharjee e Ray (2014) propõe um *framework* genérico significativamente mais simples, específico para o estudo de fluxo de pacientes e análise de desempenho em ambientes hospitalares, conforme ilustrado pela Figura 4

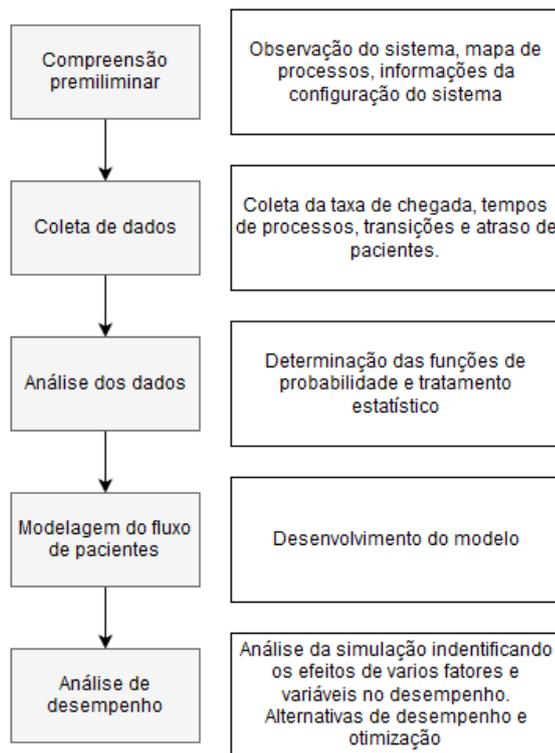


Figura 4 – Adaptado de: Bhattacharjee e Ray (2014):
Passos na construção de um modelo de simulação na área da saúde

O modelo proposto na Figura 4, é mais simples se o compararmos ao modelo proposto por Banks (2000) e deixa lacunas importantes no desenvolvimento de um projeto de simulação confiável ao suprimir etapas vitais como a validação do modelo. Mas, este *framework* foi de encontro ao objetivo e escopo do estudo de caso desenvolvido e também serviu como norte deste trabalho.

Couchman *et al.*, (2002), simulam o desempenho de um laboratório de análises clínicas e preveem alterações de performance através de cenários como: mudança das práticas de trabalho, aumento da demanda, novas instrumentações e automação. Morrison e Bird (2003), discutem fatores críticos para a modelagem de *front-office*.

4. Pesquisa de campo

4.1. O laboratório

O laboratório de análises clínicas de João Monlevade é situado dentro do Hospital Municipal de João Monlevade. Possui um corpo técnico de dez pessoas, sendo uma gerente geral, uma responsável técnica, cinco biomédicos e três atendentes. Dos cinco biomédicos, três também são responsáveis pela coleta das amostras. O laboratório compartilha um ambiente do hospital com cerca de 20 assentos com o setor de radiologia. O horário de funcionamento é das 07:00 às 09:00 de segunda à sexta.

Este trabalho se limitou a investigar o setor *front-office* do laboratório, em destaque na Figura 5, levando em consideração apenas o período em que o paciente está presente no laboratório, desde sua chegada até a saída. Dois grupos de recursos são utilizados: atendentes e coletores. Três atendentes e três coletores. A Figura 5 mostra o fluxo de trabalho no laboratório:

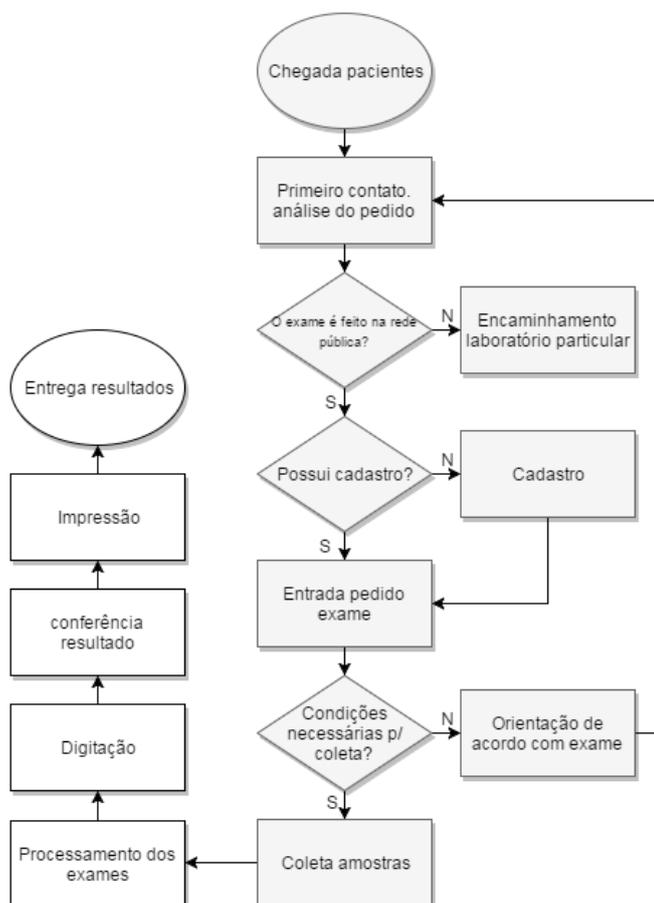


Figura 5 – Fluxograma do trabalho no laboratório

São realizados 32 tipos de exames, sendo a maioria de input sanguíneo. Urina, fezes e outras secreções também são processadas, conforme ANEXO A. Alguns tipos de exames mais complexos, não realizados pela rede pública, são encaminhados para laboratórios privados sob o pagamento da prefeitura.

O laboratório possui uma demanda média de 600 exames por dia, dados obtidos através do próprio sistema, a partir da soma das quantidades diárias solicitadas de cada exame e da soma total, durante uma semana, conforme ANEXO B.

O Gráfico 3 mostra em ordem decrescente o número de exames solicitados na semana da coleta de dados e a porcentagem acumulada. Sete exames, um quinto do total (Hemograma, Glicose Jejum, EAS, Colesterol total, Creatinina, Uréia, EPF e Ácido úrico), são responsáveis por 80% da demanda.

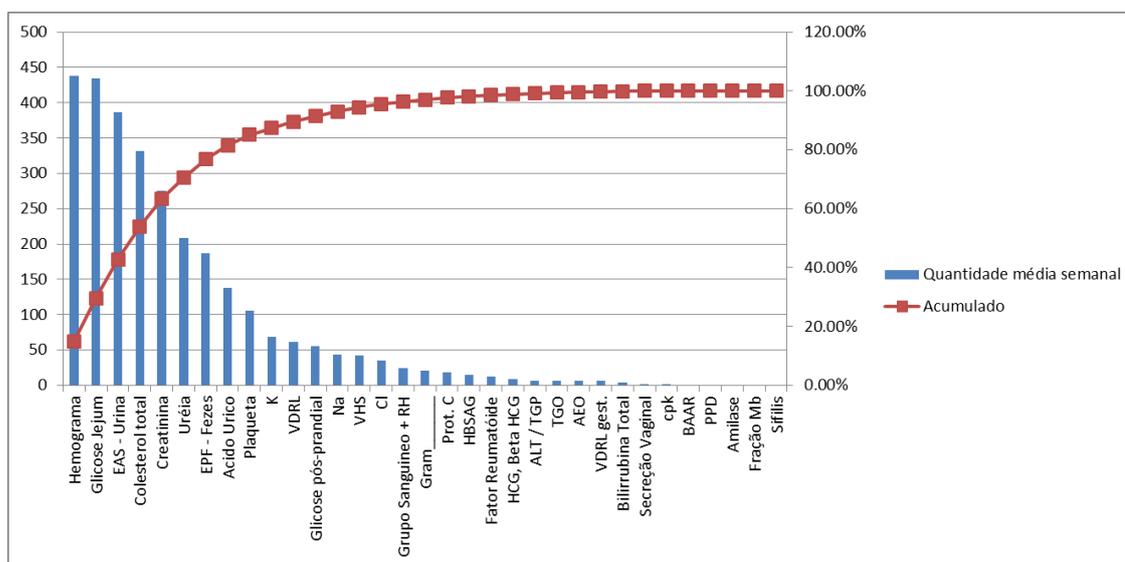


Gráfico 3 – Gráfico de Pareto dos exames

4.2. Procedimentos utilizados na construção do modelo

A metodologia de construção do modelo de simulação usada neste trabalho, sintetizou a proposta por Banks e Carson (1988), apresentada na revisão bibliográfica.

A Figura 6 ilustra os procedimentos adotados e as etapas serão explicadas posteriormente.

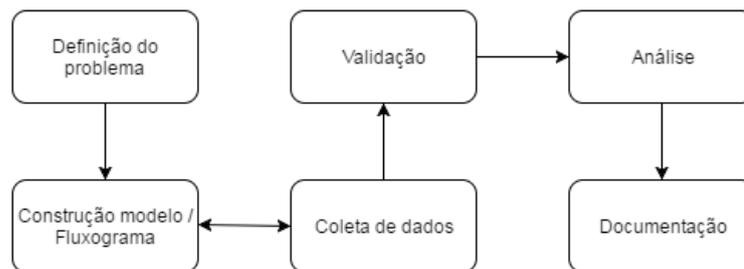


Figura 6 – Adaptado de Banks (2009) - Fluxograma de construção do modelo

Definição do problema: Por ser um sistema de eventos discretos, surgiu a possibilidade de construção de um modelo que representasse a realidade do trabalho executado no laboratório. Perguntas como: “Quantos pacientes são atendidos por dia?”, “Qual a capacidade do sistema? De cada processo?”, “Qual a melhor configuração dada escassez de recursos?”, ”Gargalo?”, surgiram rapidamente e orientaram a escolha do principal problema à ser investigado: o tempo total de permanência do usuário, forte indicador sobre a eficiência do sistema. Tempos médios de permanência altos implicam em um maior desconforto do paciente (jejum) e uma percepção negativa do serviço do laboratório.

Construção do modelo / Fluxograma: A construção preliminar do modelo foi feita através da identificação do ‘caminho’ que o paciente (entidade) percorre, ou seja, o fluxo de trabalho, determinando a sequência lógica dos processos. Nesta etapa também foi feita a programação do modelo no Arena. A Figura 7 ilustra o modelo e mostra todas as atividades programadas.

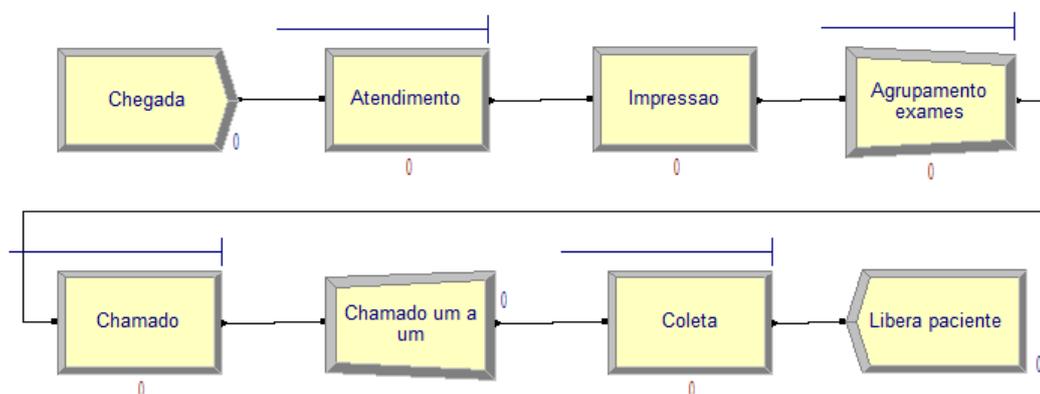


Figura 7 –Modelo construído no software Arena

Coleta de dados: A parte mais onerosa de qualquer estudo de simulação, envolve muitos recursos, principalmente tempo, se os dados não forem coletados digitalmente. A seta bidirecional na Figura 6, evidencia o caráter retroativo desta etapa da construção do modelo. A coleta de dados e a construção do modelo foram etapas paralelas. A medida em que a simulação não batia com os dados reais, novos procedimentos de coleta de dados eram utilizados (marcos de início e fim dos processos) ou novos dados eram coletados.

As distribuições de probabilidade associadas à cada processo foram calculadas pelo Input Analyzer do Arena e são apresentadas na Tabela 1.

	Expressão	Unidade	Dias coletados
Processo			
Chegada pacientes	-0.5 + EXPO(1.97)	Minutos	5
Atendimento	44 + ERLA(36.1, 2)	Segundos	5
Impressão	6 + EXPO(31.2)	Segundos	2
Agrupamento exames	TRIA(2,5,8)	Lote	
Chamado	TRIA(25,40,55)	Segundos	
Chamado um a um	Separa os lotes	1	3
Coleta	NORM(268, 36.7)	Segundos	

Tabela 1 – Distribuições de probabilidade

A coleta de dados teve duração de quinze dias e o tamanho amostral (n) coletado de cada processo foi variável, com $n > 100$ em todos. Os tamanhos amostrais foram variáveis porque foram definidos pelo número de dias coletados de cada atividade e não tamanhos pré-estabelecidos estatisticamente.

Validação: A validação do modelo foi feita através da conferência dos resultados simulados com os dados coletados no laboratório. Um teste t foi realizado para a comparação do número de clientes atendidos diariamente, coletados e simulados e não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula, pvalor = 0,18. Foi definido um número mínimo de réplicas igual a 100, empiricamente (constatado pelo aumento gradual do número de réplicas e a consequente estabilização dos valores de referência), para garantir a aleatoriedade das funções e para uma melhor precisão na comparação com os dados coletados.

Análise: Nessa etapa foram definidas as medidas de desempenho que seriam analisadas. Além do tempo total de permanência do usuário, foram definidas outras variáveis de referência como o tempo de espera e o número de pessoas nas filas. A escolha dessas

variáveis se justifica por elas serem indicadores globais do modelo. Nessa fase também foram simuladas as diferentes configurações do sistema e tabelados os valores de referência, que serão expostos na próxima seção deste trabalho.

Documentação: Construir este trabalho de conclusão de curso, detalhando os procedimentos de pesquisa, a construção efetiva do modelo e os resultados obtidos.

4.3. Premissas do modelo

A construção do modelo teve suas limitações e algumas premissas foram adotadas:

- ✓ Não há prioridades nas filas, as entidades não possuem atributos.
- ✓ Devido ao pequeno tempo de serviço diário do setor de *front-office* do laboratório (2h), os dados de chegada não foram divididos em faixas de horários.
- ✓ Os dados coletados de cada operador (coleta e atendimento) foram mesclados em duas únicas expressões e formados dois *sets*, de atendentes e coletores com revezamento cíclico.
- ✓ Os tempos de valor agregado pouco se alteraram e permaneceram em torno de sete minutos em todos os cenários e não serão apresentados repetidamente. Portanto, os valores de espera, são calculados subtraindo-se sete dos valores totais.

4.4. Resultados

Foram executadas nove simulações, com 100 réplicas cada, para representar as nove configurações possíveis dos recursos utilizados pelo front-office. O laboratório possui para esse setor três atendentes e três coletores. Os nove cenários são, para atendentes e coletores: (1,1), (1,2), (1,3), (2,1), (2,2), (2,3), (3,1), (3,2), (3,3).

A configuração observada durante as visitas foi (3,3), mas segundo alguns colaboradores, o laboratório frequentemente experimenta temporariamente outras configurações, principalmente porque o atendimento é realizado por uma funcionária e dois estagiários e a coleta feita por duas biomédicas e uma estagiária. Estagiários normalmente passam períodos curtos no laboratório e o processo de admissão de novos estagiários é um

pouco demorado. É importante salientar que os cenários ocorrem isoladamente, durante os curtos períodos de contrato dos estagiários.

O foco principal deste trabalho é avaliar o tempo total médio de permanência do paciente/usuário em cada uma das possíveis configurações, porém, serão apresentadas outras variáveis importantes como o tempo médio de espera em cada fila/processo, o número de pessoas esperando e também a taxa de utilização e ociosidade de cada setor/recurso. Os valores de referência em tempo, filas e recursos serão apresentados na sequência.

Os valores tabelados em cada cenário utilizam a unidade minutos.

4.4.1. Cenário 1:

O cenário 1 é composto por um atendente e um coletor. O pior cenário possível. A Tabela 2 mostra os valores totais de tempo. O tempo de espera é a subtração do tempo total menos o tempo de valor agregado do serviço. Os valores médios são altíssimos em comparação ao tempo de valor agregado que é de sete minutos.

Tempos						
Tempo de espera	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	43,9245	30,1480	55,1381	1,5195	96,4396	
Tempo total	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	51,6320	37,6830	62,8497	9,7897	102,95	

Tabela 2 – Tempos Cenário 1

A Tabela 3 mostra os valores e tempo e número de pessoas em cada processo/fila. É possível ver que o gargalo encontra-se no atendimento, mas a soma dos tempos dos dois processos subsequente também é alta. Somando-se o número médio de pessoas na fila obtemos 25,32. Valor extremamente alto, visto que, existem vinte assentos em um ambiente compartilhado.

Filas (tempos)						
Tempo de espera	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	4,8500	3,4760	5,9375	0,00	22,2641	
Atendimento	25,5728	5,2146	42,9272	0,00	81,4949	
Chamado	13,3733	6,4986	24,8410	0,00	58,2258	
Coleta	15,1824	9,3758	21,3706	0,00	58,1854	
Número de pessoas na fila						
	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	1,8393	1,4103	2,2440	0,00	7,0000	
Atendimento	17,5738	3,3820	33,5881	0,00	63,0000	
Chamado	1,6651	0,8524	2,5711	0,00	9,0000	
Coleta	4,2426	2,3603	6,5533	0,00	22,0000	

Tabela 3 – Filas Cenário 1

A Tabela 4, trata da taxa de utilização (proporção do tempo) dos recursos e evidencia o que foi constatado na Tabela 4 através da avaliação dos tempos, confirmando que o atendimento nessa configuração é o gargalo.

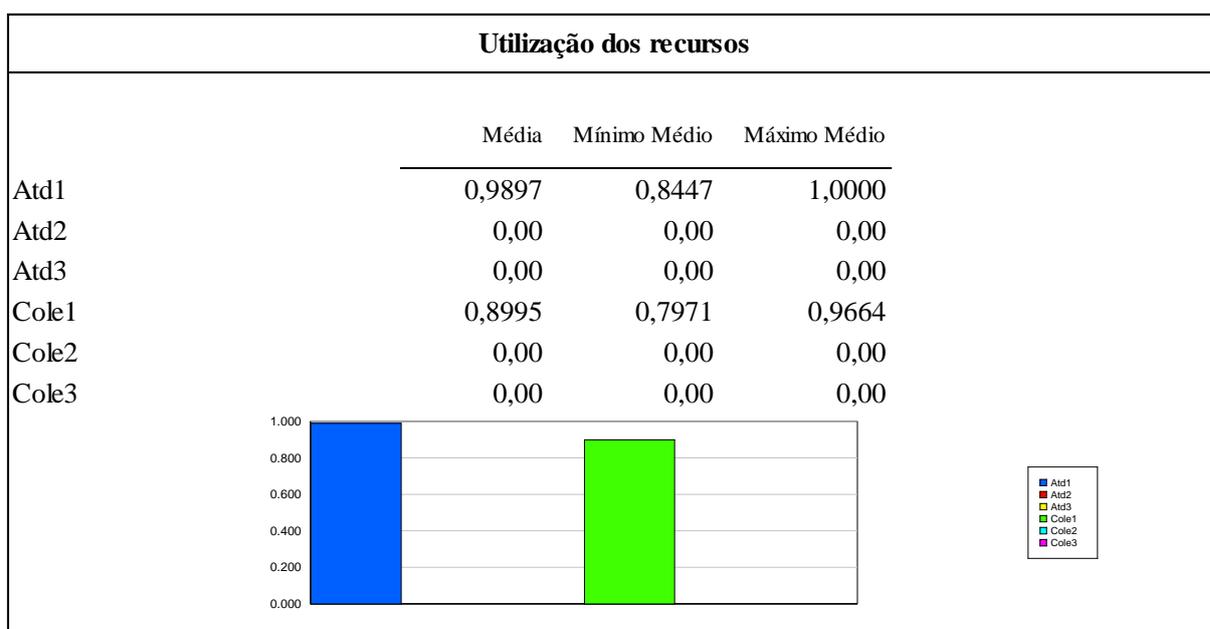


Tabela 4 – Recursos Cenário 1

4.4.2. Cenário 2

O cenário 2 é composto por um atendente e dois coletores. A Tabela 5 mostra os valores totais em tempo. A adição de um operador na coleta diminuiu o tempo médio de permanência do paciente em 13 minutos em relação ao cenário anterior.

Tempos						
Tempo de espera	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	30,9754	16,2611	45,6713	0,00	83,9894	
Tempo total	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	38,6701	23,7022	53,4342	9,0827	90,1331	

Tabela 5 – Tempos Cenário 2

Neste cenário, a discrepância entre as filas são enormes. A Tabela 6 mostra que o atendimento é o gargalo com valores cerca de 15x maiores do que os outros processos. A soma do número médio de pessoas na fila é de 20,44 e também é alto.

Filas (tempos)						
Tempo de espera	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	4,8147	3,4034	6,2143	0,00	22,8833	
Atendimento	25,5510	8,1117	42,8804	0,00	83,8944	
Chamado	1,6122	0,06199645	4,4014	0,00	9,8251	
Coleta	2,6467	1,7271	4,4200	0,00	14,3089	
Número de pessoas na fila						
	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	1,8248	1,2503	2,4259	0,00	7,0000	
Atendimento	17,4764	3,1249	33,6372	0,00	58,0000	
Chamado	0,1836	0,00671628	0,5359	0,00	3,0000	
Coleta	0,9574	0,5972	1,6771	0,00	6,0000	

Tabela 6 – Filas Cenário 2

A Tabela 7 evidencia novamente o gargalo no atendimento e também a sub-utilização dos operadores da coleta.

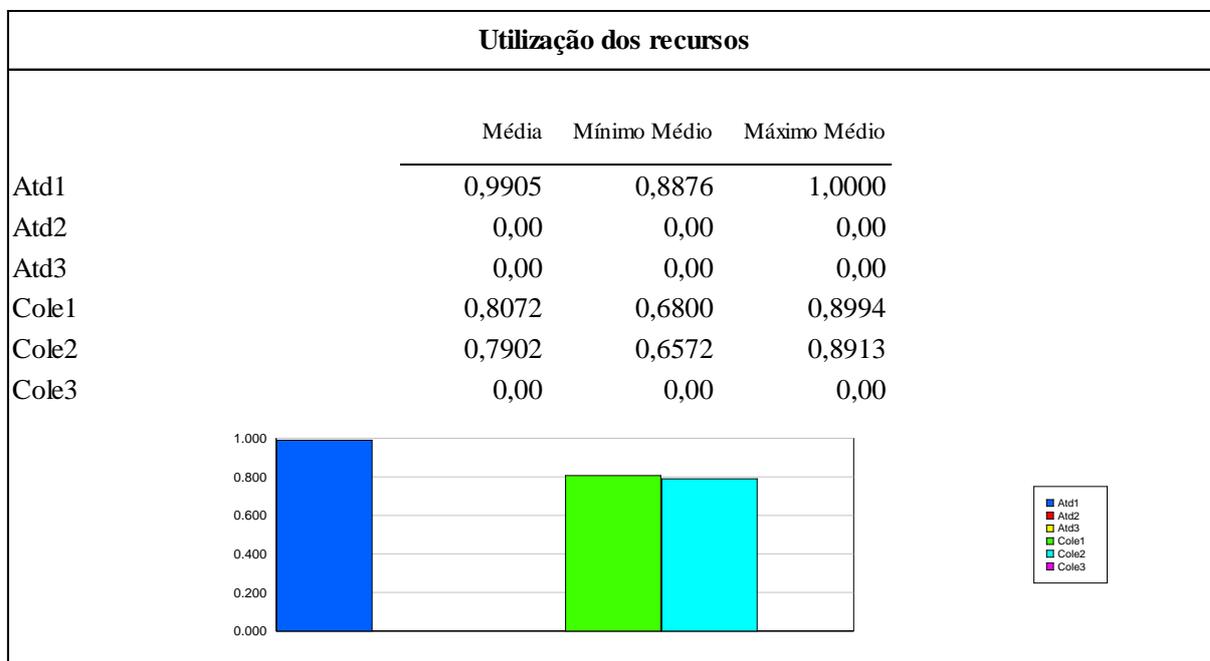


Tabela 7 – Recursos Cenário 2

4.4.3. Cenário 3

O cenário 3 é composto por um atendente e três coletores. A Tabela 8 traz os valores totais em tempo dispendidos pelos pacientes. A adição de um novo operador na coleta, em relação ao cenário anterior, alterou muito pouco os valores de permanência e espera.

Tempos					
	Média	Mínimo	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Tempo de espera					
Pacientes	29,6184	14,3695	43,6836	0,00	77,8242
Tempo total					
Pacientes	37,3374	22,0819	51,8386	6,2617	84,6252

Tabela 8 – Tempos Cenário 3

O atendimento é o gargalo do sistema nesta configuração. A Tabela 9 mostra que, com a adição de um operador na coleta, os valores de referência diminuíram, aumentando ainda mais a discrepância entre o gargalo e os demais processos, chegando a 2.600% de aumento temporal.

Filas (tempos)						
Tempo de espera	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	4,9510	3,3355	6,5434	0,00	22,2641	
Atendimento	26,4867	9,9900	43,6379	0,00	88,5368	
Chamado	0,1624	0,00	0,6068	0,00	4,2464	
Coleta	0,9401	0,4086	1,4129	0,00	8,4656	
Número de pessoas na fila						
	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	1,8616	1,3539	2,3675	0,00	7,0000	
Atendimento	18,6752	5,4853	42,0440	0,00	64,0000	
Chamado	0,01817425	0,00	0,08090546	0,00	2,0000	
Coleta	0,3421	0,1429	0,5473	0,00	4,0000	

Tabela 9 – Filas Cenário 3

A Tabela 10 traz a diferença de utilização dos recursos. O atendimento extremamente sobrecarregado e a coleta com ociosidade média de 45% do tempo entre os operadores.

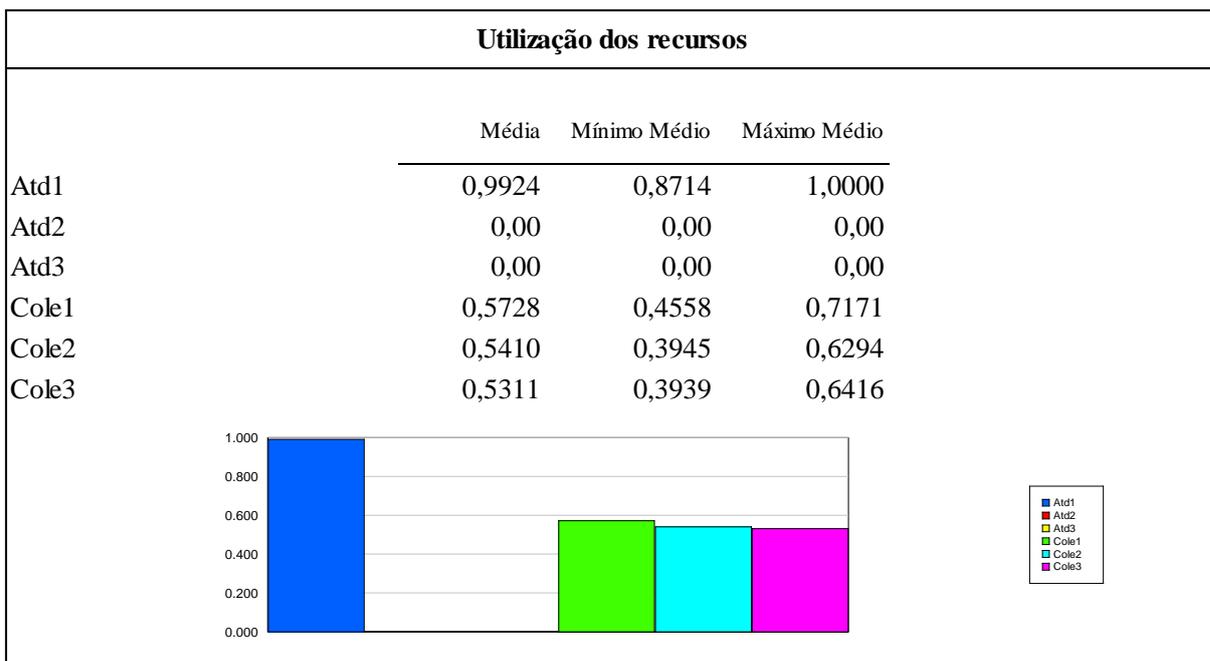


Tabela 10 – Recursos Cenário 3

4.4.4. Cenário 4

O cenário 4 é composto por dois atendentes e um coletor. A Tabela 11 traz os valores totais gastos em tempo pelo paciente. Valores altos em relação aos 7 minutos de valor agregado.

Tempos					
Tempo de espera	Média	Mínimo Médio	Máximo Médio	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	40,6733	29,3765	49,1691	0,1687	94,6228
Tempo total	Média	Mínimo Médio	Máximo Médio	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	48,3826	37,2336	56,9303	7,3350	102,04

Tabela 11 – Tempos Cenário 4

Neste cenário, como há dois atendentes e 1 coletor, os gargalos alteram-se para os processos em que o recurso utilizado é o coletor. A Tabela 12 mostra que os valores em tempo destes processos chegam a ser seis vezes maior do que os valores das atividades de atendimento. O número médio de pessoas na fila é 17,38. Quase a capacidade total de assentos do ambiente compartilhado.

Filas (tempos)						
Tempo de espera	Média	Mínimo Médio	Máximo Médio	Menor Valor	Maior Valor	
Agrupamento exames	3,0671	2,1510	5,6880	0,00	20,9714	
Atendimento	3,4169	0,2214	12,8494	0,00	24,8783	
Chamado	20,0446	8,9047	41,2747	0,00	73,4880	
Coleta	22,1384	12,8855	35,4996	0,00	82,3595	
Número de pessoas na fila						
	Média	Mínimo Médio	Máximo Médio	Menor Valor	Maior Valor	
Agrupamento exames	1,8611	1,4341	2,3024	0,00	7,0000	
Atendimento	2,4134	0,0923	10,0654	0,00	21,0000	
Chamado	4,1196	1,6065	7,5008	0,00	18,0000	
Coleta	8,9925	4,4728	14,4103	0,00	52,0000	

Tabela 12- Filas Cenário 4

A Tabela 13 traz valores mais equilibrados da utilização dos recursos mas com níveis de ociosidade em 20% para os atendentes. Os valores baixos de mínimo médio para os atendentes nos mostra a variação do fluxo.

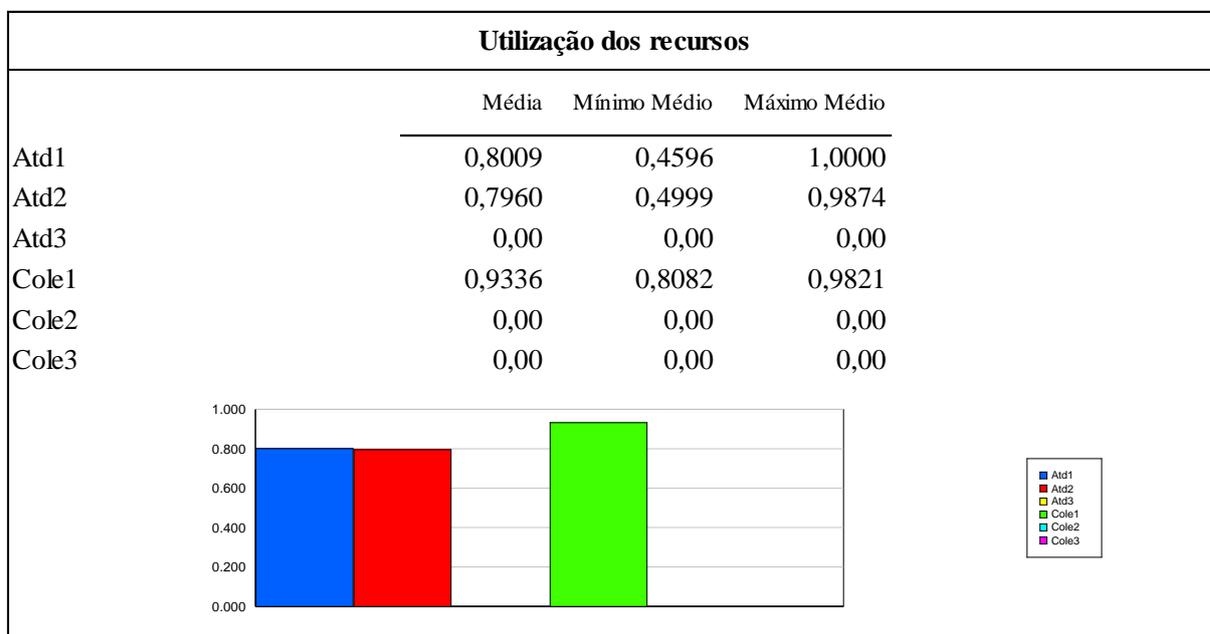


Tabela 13 – Recursos Cenário 4

4.4.5. Cenário 5

O cenário 5 é composto por dois atendentes e dois coletores. A Tabela 14 expõe os valores totais em tempo. Há uma melhora no tempo médio de permanência do paciente em 8 minutos, em relação ao cenário anterior.

Tempos					
Tempo de espera	Média	Mínimo médio	Máximo Médio	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	24,5548	11,5803	36,8483	0,00	67,7035
Tempo total	Média	Mínimo médio	Máximo Médio	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	32,2513	19,3364	44,7600	6,3981	75,3185

Tabela 14 – Tempos Cenário 5

A Tabela 15 mostra que, com a quantidade equilibrada de dois operadores por recurso, o gargalo encontra-se na coleta, com os tempos médios em torno de 300% a mais. A soma dos números médios de pessoas nas filas é de 12,05.

Filas (tempos)					
Tempo de espera	Média	Mínimo médio	Máximo Médio	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	3,0620	2,1064	4,4385	0,00	21,2514
Atendimento	3,8810	0,5371	14,0432	0,00	27,6705
Chamado	10,0542	2,7692	17,6875	0,00	42,9206
Coleta	10,3151	3,9634	15,8777	0,00	46,0857
Número de pessoas na fila					
	Média	Mínimo médio	Máximo Médio	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	1,8775	1,4465	2,2373	0,00	7,0000
Atendimento	2,7840	0,2532	10,4708	0,00	23,0000
Chamado	2,0401	0,3714	3,7344	0,00	12,0000
Coleta	5,3510	1,5604	10,7711	0,00	35,0000

Tabela 15 – Filas Cenário 5

Neste cenário, a Tabela 16 mostra que em média os atendentes possuem 10% a mais de ociosidade. É interessante observar que a taxa de utilização máxima dos coletores não

chega a 100%, isso ocorre por causa dos processos à jusante e pelos tempos de deslocamento dos pacientes.

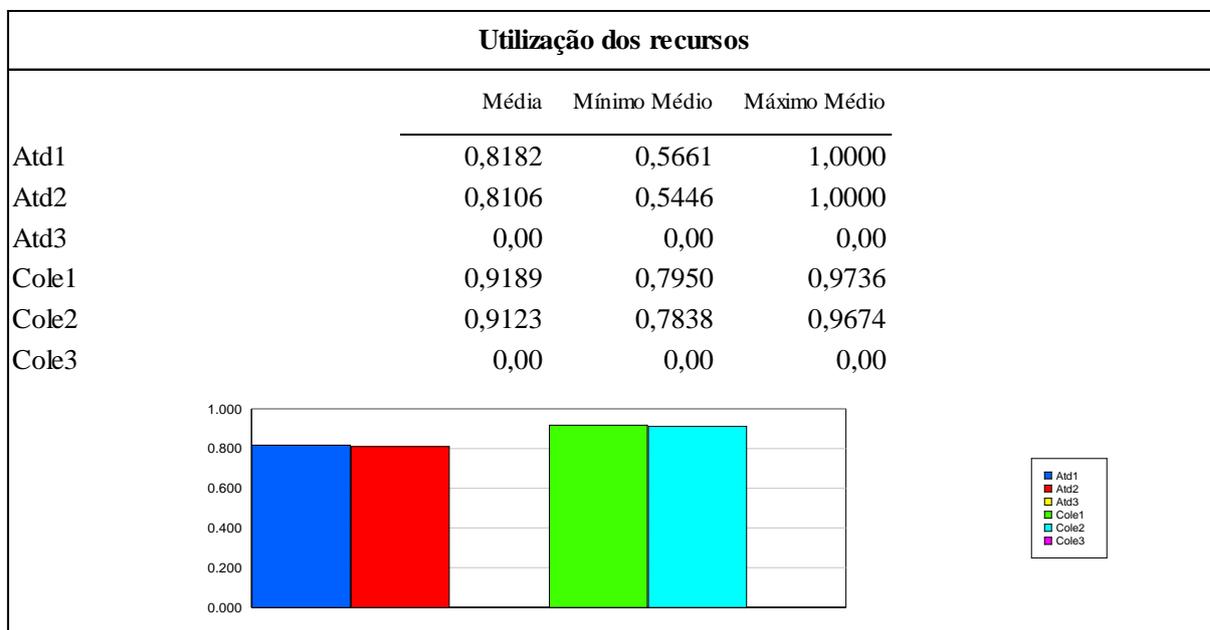


Tabela 16 – Recursos Cenário 5

4.4.6. Cenário 6

O cenário 6 é composto por dois atendentes e três coletores. A Tabela 17 mostra os valores totais em tempo e um decréscimo considerável de 12 minutos no tempo total médio de permanência, o que corresponde à 47,5%, através da adição de um operador na coleta.

Tempos					
Tempo de espera	Média	Mínimo Médio	Máximo Médio	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	12,4050	5,3640	28,3579	0,00	52,3432
Tempo total	Média	Mínimo Médio	Máximo Médio	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	20,1070	12,9935	36,0794	5,7284	62,2413

Tabela 17 – Tempos Cenário 6

Neste cenário, a Tabela 18 mostra que o gargalo é novamente o atendimento, mas com uma discrepância menor em relação aos cenários anteriores. O número médio de pessoas é de 7,38.

Filas (tempos)						
Tempo de espera	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	3,0213	2,1244	4,7380	0,00	28,7812	
Atendimento	4,2567	0,6897	19,1887	0,00	37,4229	
Chamado	2,8546	0,1469	6,7888	0,00	22,6372	
Coleta	2,9951	0,6342	6,9765	0,00	21,5401	
Número de pessoas na fila						
	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	1,8633	1,3444	2,3190	0,00	7,0000	
Atendimento	3,1355	0,3524	15,5012	0,00	26,0000	
Chamado	0,5757	0,01958948	1,5754	0,00	6,0000	
Coleta	1,8130	0,3095	4,5903	0,00	16,0000	

Tabela 18 – Filas Cenário 6

A Tabela 19 mostra um equilíbrio na taxa de utilização não observado nos cenários anteriores. O atendimento possui uma amplitude temporal maior.

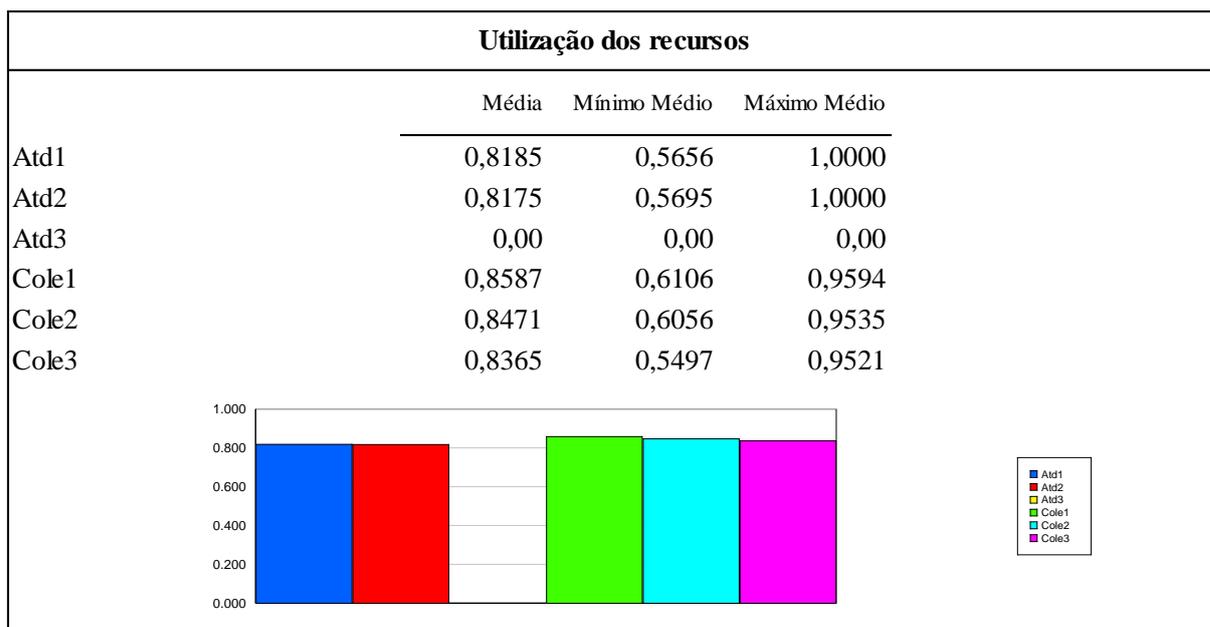


Tabela 19 – Recursos Cenário 6

4.4.7. Cenário 7

O cenário 7 é composto por três atendentes e um coletor. Os valores totais de tempo deste cenário são expostos na Tabela 20 e pouco se diferem da configuração (2,1) e são grandes relativo ao tempo de valor agregado.

Tempos						
Tempo de espera	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	40,5439	30,2861	50,5423	0,1861	95,1719	
Tempo total	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	48,1985	38,4566	57,9663	6,6225	103,61	

Tabela 20 – Tempos Cenário 7

A Tabela 21 mostra um grande desbalanceamento das atividades. Os valores em tempo da fila gargalo chegam a ser 46 vezes maior do que o os tempos no atendimento.

Filas (tempos)						
Tempo de espera	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	2,9376	1,7564	4,4369	0,00	23,0858	
Atendimento	0,6854	0,04631777	2,5605	0,00	10,3252	
Chamado	21,6463	7,3003	39,0884	0,00	76,9694	
Coleta	22,8347	14,5729	38,0794	0,00	86,7511	
Número de pessoas na fila						
	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	1,8522	1,3265	2,4732	0,00	7,0000	
Atendimento	0,4923	0,02315888	2,0911	0,00	11,0000	
Chamado	4,4626	1,8275	8,8448	0,00	21,0000	
Coleta	10,2249	5,0353	19,7001	0,00	57,0000	

Tabela 21 – Filas Cenário 7

O desbalanceamento das atividades é constatado novamente na Tabela 22. A ociosidade ultrapassa 30%, tornando desnecessário um operador de atendimento.

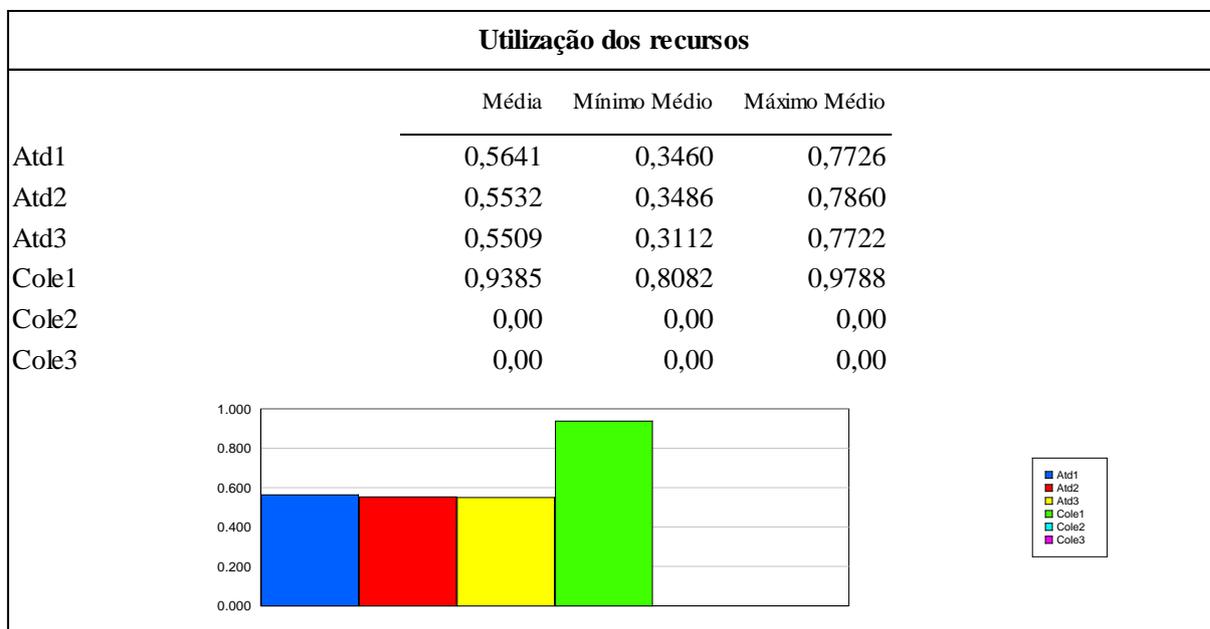


Tabela 22 – Recursos Cenário 7

4.4.8. Cenário 8

O cenário 8 é composto por três atendentes e dois coletores. Os valores apresentados na Tabela 23 pouco se diferem do cenário (2,2). O tempo total de espera é três vezes maior ao tempo de valor agregado.

Tempos					
Tempo de espera	Média	Mínimo	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	23,4910	10,0965	33,5684	0,00	64,0042
Tempo total	Média	Mínimo	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	31,1766	17,8443	41,2369	6,4436	73,0177

Tabela 23 – Tempos Cenário 8

A Tabela 24 mostra que, nesta configuração, o gargalo é a coleta.

Filas (tempos)						
Tempo de espera	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	2,9493	2,1481	4,6451	0,00	21,8803	
Atendimento	0,6643	0,1070	1,8940	0,00	7,4689	
Chamado	10,4609	2,3098	18,6602	0,00	51,2286	
Coleta	11,2679	3,8191	19,1025	0,00	50,0920	

Número de pessoas na fila						
	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	1,8820	1,4234	2,4287	0,00	7,0000	
Atendimento	0,4658	0,0615	1,7666	1,5468	0,00	10,0000
Chamado	2,2077	0,4159	4,5034	0,00	13,0000	
Coleta	6,0578	1,5561	10,6815	0,00	33,0000	

Tabela 24 – Filas Cenário 8

A Tabela 25 evidencia a subutilização dos operadores de atendimento.

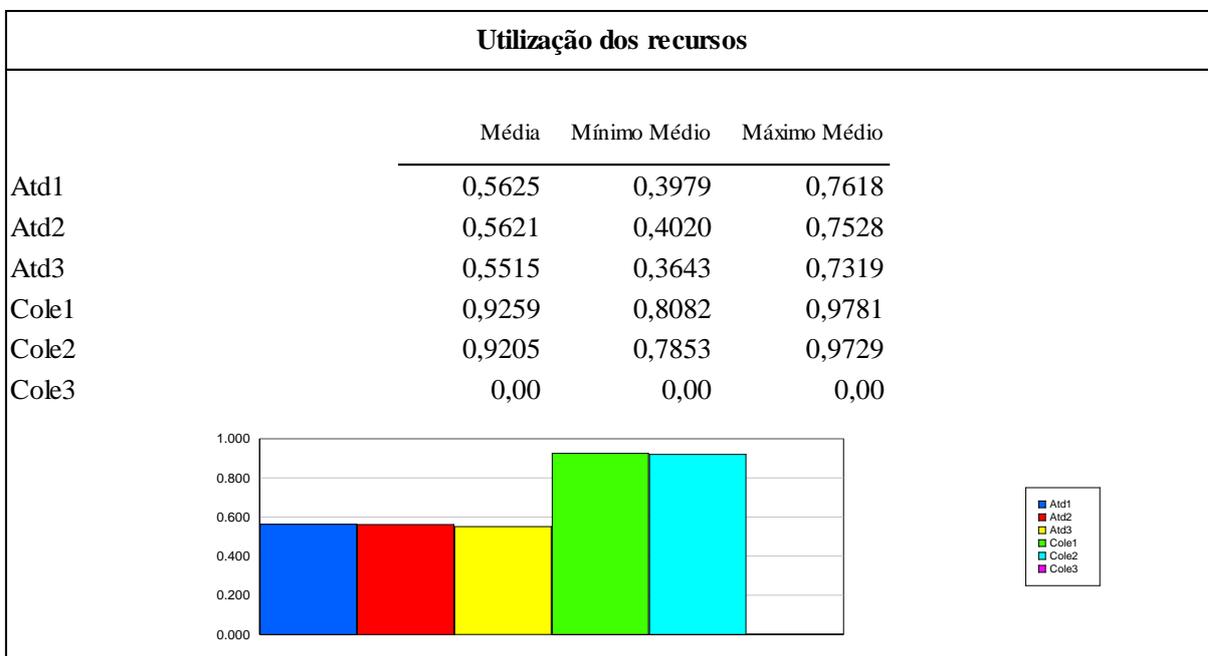


Tabela 25 – Recursos Cenário 8

4.4.9. Cenário 9

O cenário 9 é composto por três atendentes e três coletores, o melhor cenário possível, em termos de fluxo de pacientes. A Tabela 26 mostra os valores em tempo dispendidos pelo paciente. O tempo de espera é 1,64 vezes maior que o tempo de valor agregado e evidencia o melhor fluxo de pacientes.

Tempos						
Tempo de espera	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	11,5554	5,3804	26,3898	0,00	47,8669	
Tempo total	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Pacientes	19,2349	12,9769	34,1933	5,6720	55,8311	

Tabela 26 – Tempos Cenário 9

A Tabela 27 confirma que quando o número de operadores é equivalente, o gargalo é a coleta e a disparidade é pequena entre os processos dos dois grupos de recursos.

Filas (tempos)						
Tempo de espera	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	2,9361	1,8473	4,8063	0,00	23,6280	
Atendimento	0,7444	0,05413216	3,3006	0,00	13,4032	
Chamado	4,0460	0,4384	11,5220	0,00	30,9541	
Coleta	4,2207	1,0505	11,6996	0,00	30,7573	
Número de pessoas na fila						
	Média	Mínimo	Médio	Máximo	Menor Valor	Maior Valor
Agrupamento exames	1,8736	1,4079	2,4692	0,00	7,0000	
Atendimento	0,5328	0,02661498	3,1631	0,00	15,0000	
Chamado	0,8486	0,05114776	3,2658	0,00	10,0000	
Coleta	2,6612	0,5764	7,2858	0,00	23,0000	

Tabela 27 – Filas Cenário 9

Apesar da melhora no fluxo de pacientes e no tempo de permanência, a Tabela 28 mostra uma alta subutilização dos recursos de atendimento.

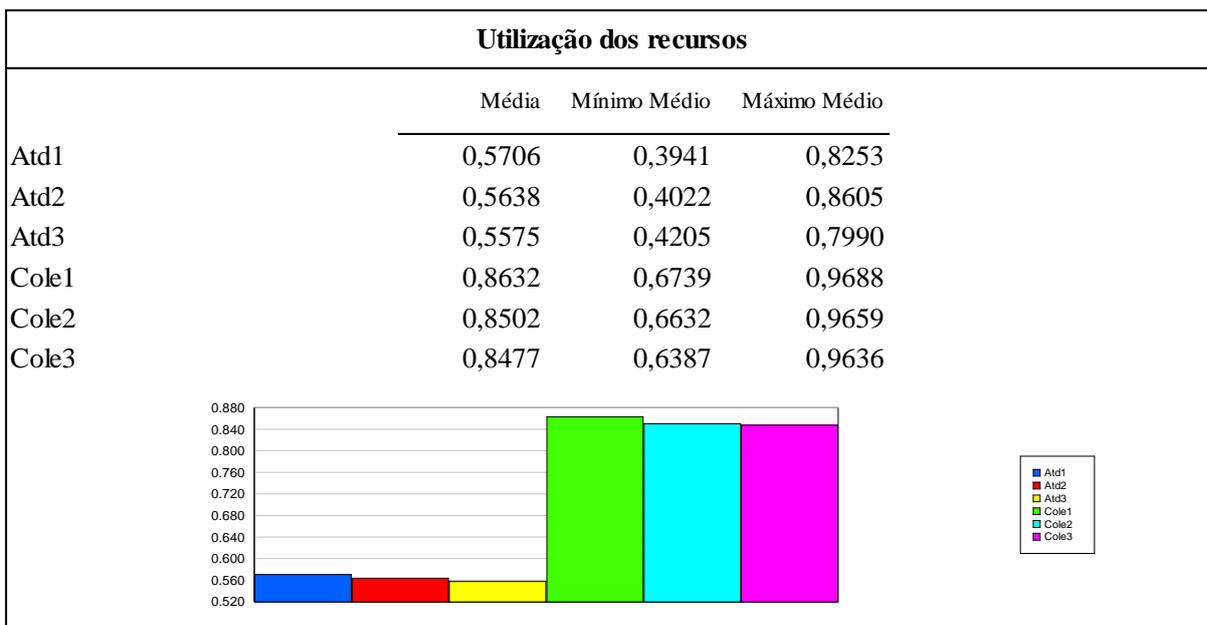


Tabela 28 – Recursos Cenário 9

4.4.10. Resultados unificados

Para uma melhor compreensão e comparação, os resultados foram mesclados em uma única tabela, em que o eixo x é representado pelo número de atendentes e o eixo y é representado pelo número de coletores.

Tempo total médio (em minutos):

A Tabela 29 e o Gráfico 4 mostram com clareza a equivalência de algumas configurações: (3,3) e (2,3); (3,2) e (2,2); (1,3) e (1,2); (3,1) e (2,1); (1,1). O maior valor é encontrado na extremidade superior esquerda é de 51.63 e pertence a configuração (1,1). O menor valor é encontrado na extremidade inferior direita é de 19.23 e pertence a configuração (3,3).

n		n atendentes		
		1	2	3
c o l e t o r e s	1	51.63	48.38	48.20
	2	38.67	32.25	31.18
	3	37.34	20.11	19.23

Tabela 29 – Tempo total unificado

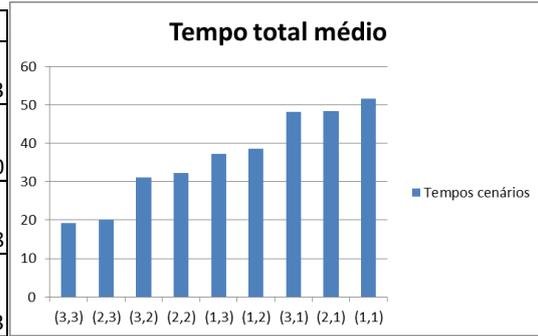


Gráfico 4 – Tempo médio total

Tempo de espera médio:

A Tabela 30 e o Gráfico 5 unificam as informações sobre o tempo de espera total médio (a soma do tempo médio de cada fila).

n		atendentes		
		1	2	3
c o l e t o r e s	1	43.92	40.67	40.54
	2	30.98	24.55	23.49
	3	29.62	12.41	11.56

Tabela 30 – Tempo de espera médio unificado

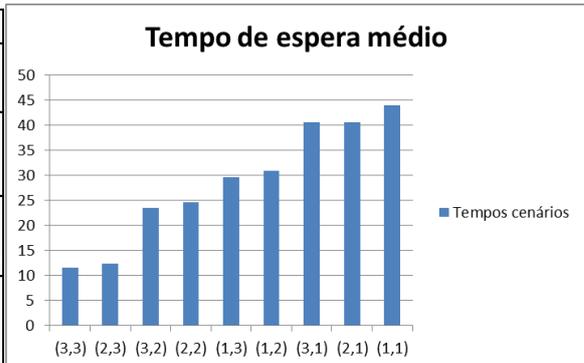


Gráfico 5 – Tempo de espera médio

Número total de pessoas na fila:

A Tabela 31 e o Gráfico 6 apresentam os valores do número de pessoas na fila unificados de cada cenário. Os valores foram obtidos somando o número médio das filas dos quatro processos.

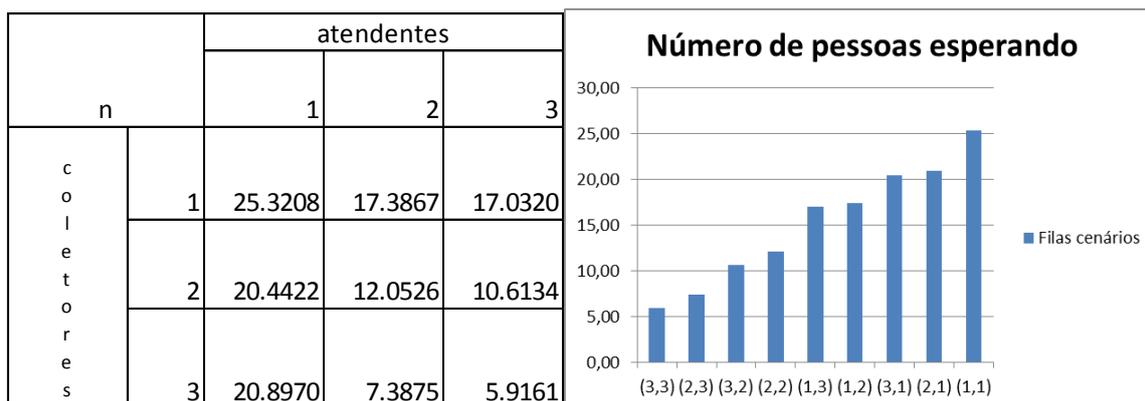


Tabela 31 – Número de pessoas esperando unificado

Gráfico 6 – Número de pessoas esperando

4.5. Análise dos Resultados

A grande resposta trazida pela análise conjunta dos cenários foi a observação de equivalência de configurações que não alteram muito o tempo total médio. As possibilidades (3,1) e (2,1) possuem uma diferença no tempo total médio de 0,18min, o que nos leva a concluir que o formato (2,1) é mais vantajoso ao laboratório devido à utilização de menor número de atendentes/recursos. Os formatos (1,3) e (1,2) também são equivalentes com diferença de 1,33min. (1,2) é mais vantajoso ao laboratório. Os arranjos (3,2) e (2,2) também são similares e possuem uma diferença no tempo total médio de 1,07min, porém, há um acréscimo de 13,56% no número médio de pessoas na fila. O mesmo acontece com as configurações (3,3) e (2,3). A diferença em minutos é de 1,47min, porém, há um crescimento do número médio de pessoas na fila em 24,87%.

Por se tratar de um serviço público com demanda média já conhecida e estável, existem duas maneiras significativas de melhorar o fluxo de pacientes:

- ✓ Balancear a linha de produção: Consiste em escolher a melhor configuração do sistema, o número de operadores em cada processo, identificar gargalos e equalizar o uso de recursos de acordo com os requisitos de qualidade e limites de tolerância pré-estabelecidos.
- ✓ Reduzir a variabilidade dos processos: Os dois grandes processos vitais deste trabalho são: atendimento e coleta. Nestes dois processos há uma variabilidade grande.

O Gráfico 7 mostra a distribuição dos valores coletados da atividade atendimento ao redor da média 115.4 segundos. O desvio padrão é de 53.18 segundos.

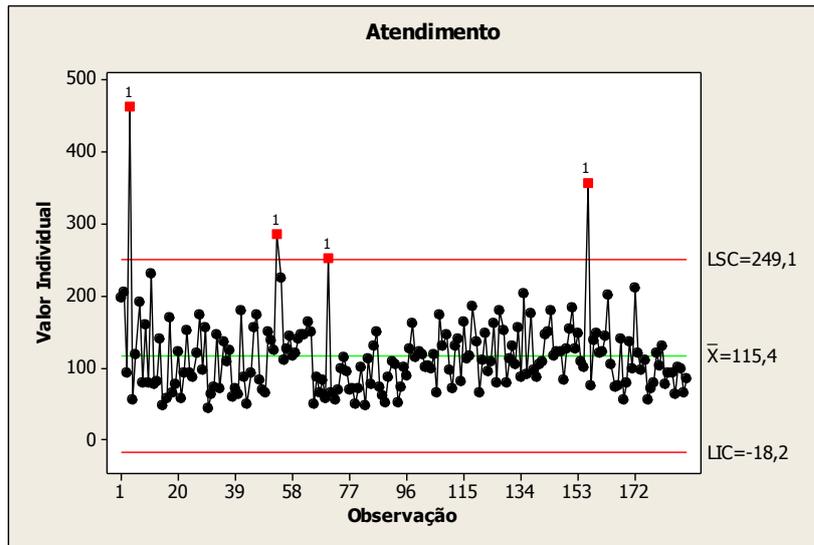


Gráfico 7 – Carta de Controle Atendimento

O Gráfico 8 mostra a distribuição dos valores referentes à atividade de coleta ao redor da média 270.9 segundos. O desvio padrão amostral é de 44.97 segundos.

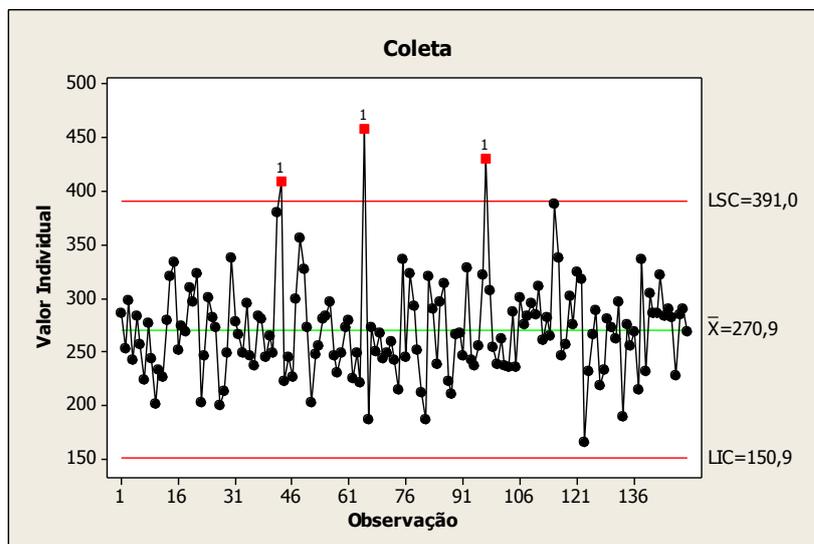


Gráfico 8 – Carta de Controle Coleta

Existem várias formas de diminuir a variabilidade de processos. Os grandes centros dessa ciência são os métodos Seis Sigma e Qualidade Total, os quais englobam inúmeras técnicas e ferramentas. É importante salientar que estes processos dificilmente conseguiriam atingir níveis ótimos de controle, devido à falta de padronização e também ao fator humano

(operadores), porém, é possível amenizar a grande variabilidade. No caso do laboratório estudado, pode-se ponderar algumas questões simples que podem ajudar a diminuir o tempo médio dos processos, diminuir a variabilidade e conseqüentemente melhorar o fluxo de pacientes: Além de, por ventura, poder atingir uma nova configuração com um menor número de recursos sem perder em qualidade de serviço, tempo.

Quanto a informalidade, percebeu-se que a grande maioria dos usuários do laboratório chega ao primeiro atendimento sem portar em mãos os documentos necessários ou até mesmo sem saber quais são os documentos necessários. Existem também muitos casos sobre a preparação do paciente, o jejum ou a coleta das substâncias em casa, que deve ser indicada pelo médico que receitou o exame. Há falta de padronização informacional entre os *stakeholders* (médico, paciente, laboratório).

Outra constatação é que o ambiente de trabalho é pequeno e um pouco confuso. A aplicação do método 5S proporcionaria um ambiente de trabalho mais organizado e coeso para todos os colaboradores. O *lay-out* proporciona várias interferências na execução do trabalho. A disposição dos instrumentos de trabalho como impressora e objetos de papelaria podem ser melhorados. No processo de coleta, existe uma separação dos materiais utilizados (seringas, algodão, etc), mas os compartimentos de estoque são pequenos, não há grande variação de tamanho (devido a própria variação do tamanho dos materiais utilizados) e frequentemente necessitam ser repostos durante o período de trabalho. Não existe uma classificação formal de quais insumos são mais usados. A Gráfico 3 pode ajudar nesse sentido.

Existe um sistema que faz o cadastro do paciente e imprime a solicitação do exame. A digitação dos resultados é feita pelos atendentes nos períodos de menor demanda. Um sistema integrado que informatizasse todas as funções rotineiras seria de grande valia para a melhoria do trabalho e entrega mais rápida do exame.

5. Conclusão

Este trabalho buscou ratificar teoricamente a simulação de eventos discretos e sua aplicação na área hospitalar. Foi conduzido uma pesquisa de campo no laboratório de análises clínicas do Hospital Municipal de João Monlevade. A simulação mostrou-se uma poderosa

ferramenta de análise de desempenho/capacidade, fluxo de pacientes e reengenharia de processos através da análise dos cenários.

O intuito deste trabalho foi avaliar o desempenho do laboratório com foco no tempo total de permanência do paciente, quantificando algumas importantes informações para a tomada de decisão gerencial.

O modelo construído para representar a realidade operacional do laboratório teve algumas premissas, foi satisfatório, validado e possibilitou uma análise simples e útil da rotina do *front-office* do laboratório e das possibilidades de configuração do sistema.

A análise dos possíveis cenários do sistema permitiu a constatação da equivalência entre algumas configurações. A mais observada durante as visitas foi (3,3), porém, a configuração (2,3) possui uma pequena diferença no tempo de permanência do usuário e é mais vantajosa ao laboratório. Os impactos de cada alteração no número de colaboradores puderam ser comparados de forma descomplicada através de tabelas.

Sugere-se para novas pesquisas, o desenvolvimento de equações únicas para cada colaborador e também estender a simulação para o setor de *back-office*, onde processa as amostras e produz os resultados dos exames. Outras perspectivas também podem ser exploradas como a financeira, clínica e estratégica.

Referências Bibliográficas:

Banks, J. 2000. **Introduction to simulation**. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference. 1, P. 7-13.

Banks, J., J.S. Carson II, 1988. **Applying the simulation process**. Proceeding os the 1988 Winter Simulation Conference. P. 52-55.

Banks, J., J.S. Carson II, B.L. Nelson, and D.M. Nicol, 2000. **Discrete event system simulation 3rd Ed.**, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall.

Bertrand, Will J. M.; Fransoo, Jan C., 2002. **Operations management research methodologies using quantitative modeling**. International Journal of Operations & Production Management, 22 (2) P. 241-264.

Bhattacharjee, Papiya; Ray, Pradip Kumar. 2014. **Patient flow modeling and performance analysis of health care delivery processes in hospitals: A review and reflections**. Computer & Industrial Engineering. 78, P. 299-312.

Brailsford,S.,Vissers,J. 2011. **OR in health care: A European perspective**. European Journal of Operational Research, 212(2), P. 223–234.

Brailsford, Sally C. 2007. **Tutorial: Advances and challenges in healthcare simulation modelling**. Proceedings of the 2007 Winter Conference Simulation, 1-5 P. 1415-1427.

Brailsford, S. C.; Harper, P. R.; Patel, B; Pitt,M. 2009. **An analysis of the academic literature on simulation and modeling in health care**. Journal of Simulation. 3 P. 130-140.

Couchman, A, Jones, D.I., Griffiths, K. D. 2002. **Predicting the future performance of a clinical biochemistry laboratory by computer simulation**. Simulation Modeling Practice and Theory. (10) P. 473-495.

England W. and Roberts S., 1978. **Applications of computer simulation in health care**. Proceedings of the 1978 Winter Simulation Conference. P. 665-676.

Fetter R. B. and Thompson J.D. (1965).**The simulation of hospital systems**. Operations Research 13(5). P.689–711.

Fone D, Hollinghurst S, Temple M, Round A, Lester N, Weightman A, et al, 2003. **Systematic review of the use and Value of computer simulation modeling in population Health and healthcare delivery**. Journal of Public Health Medicine; 25 P. 325–335.

Gerhardt T., Silveira D. et al, 2009. **Métodos de Pesquisa**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1 ed.

Jun, J. B., S. H. Jacobson, and J. R. Swisher. 1999. **Application of Discrete-Event Simulation in Health Care Clinics: A Survey**. Journal of the Operational Research Society, 50(2), P. 109-123.

Karnon, Jonathan; Stahl, James; Brennan, Alan; et al. 2012. **Modeling Using Discrete Event Simulation: A Report of the ISPOR-SMDM Modeling Good Research Practices Task Force-4**. Medical Decision Making, 32(5) P. 701-711.

Lowery, J.C. (1996). **Introduction to simulation in healthcare**. In: J.M. Charnes, D.J. Morrice, D.T. Brunner, & J.J. Swain (Eds.), Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference. P. 78–84.

Mielczarek, B. e Uzialko-Mydlikowska, J. 2010. **Application of computer simulation Modeling in the healthcare sector: a survey**. Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International. 88(2) P.197–216.

Morrison, BP; Bird, BC. 2003. **A methodology for modeling front-office and patient care processes in ambulatory health care**. Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference. 1 2 P. 1882-1886.

Roberts, Stephen D. 2011. **Tutorial on the simulation of healthcare systems**. Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference; P. 1403-1414.

Robinson, S., 2005. **Discrete-event simulation: from the pioneers to the present, what next?**. Journal of the Operational Research Society, 56 (6) P. 619-629.

ANEXO A – TIPOS DE EXAMES PROCESSADOS NO LABORATÓRIO

Tipos de exames	Input	Especificação
AEO	Sangue	A antiestreptolisina O (AEO) elevada indica infecção por estreptococos beta-hemolíticos;
BAAR	Urina	Bacilos Álcool-Ácido Resistentes;
Colesterol total	Sangue	O colesterol total é a soma das frações LDL, HDL e VLDL;
Creatinina	Sangue	Níveis de creatinina;
EAS - Urina	Urina	O EAS é o exame de urina mais simples;
EPF - Fezes	Fezes	Exame parasitológico de fezes.
Eritograma	Sangue	Eritograma é o estudo da série vermelha (eritrócitos ou hemácias).
Fator Reumatóide	Sangue	Fator reumatóide (FR) é um anticorpo. Suspeita de artrite reumatóide
Glicose Jejum	Sangue	Glicemiade jejum.
Glicose pós-prandial	Sangue	Glicose sem jejum.
Gram	Outros	Identificação de bactérias
Grupo Sanguineo + RH	Sangue	Tipo sanguineo e Fator Rh
HBSAG	Sangue	Infecção pelo vírus da hepatite B(HBV).
HCG, Beta HCG	Sangue	Gravidez
HCV	Sangue	Triagem hepatite C.
Hemograma	Sangue	Exame de sangue completo.
HIV	Sangue	Presença do vírus.
Na / K / Cl	Sangue	Exames de eletrólitos.
Plaqueta	Sangue	Níveis de plaquetas.
PPD	Outros	O PPD é um dos exames que pode detectar a tuberculose.
Prot. C	Sangue	Níveis de proteína C-reativa
Secreção Uretral	Outros	Cultura de secreção uretral, antibiograma, bacterioscopia, exame a fresco.
Secreção Vaginal	Outros	Cultura de secreção vaginal, antibiograma, exame a fresco e bacterioscopia.
Uréia	Urina	Níveis de uréia.
VDRL	Sangue	Sífilis.
VHS	Sangue	Velocidade de hemossedimentação (VHS).
Acido Urico	Sangue	Níveis de ácido úrico.
ALT / TGP	Sangue	Detecta hepatite C.
Amilase	Sangue	Níveis de amilase no sangue ou urina.
Bilirrubina Total	Sangue	Níveis de Bilirrubina.
CPK	Sangue	Níveis de creatinofosfoquinase.
Fração Mb	Sangue	Níveis de cratina quinase.

**ANEXO B – DISTRIBUIÇÃO DOS REQUERIMENTOS DE EXAMES DURANTE
UMA SEMANA**

Exame	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	TOTAL
Hemograma	73	98	89	107	71	438
Glicose Jejum	77	91	92	106	69	435
EAS - Urina	64	84	80	96	62	386
Colesterol total	59	70	68	78	57	332
Creatinina	53	67	47	55	53	275
Uréia	42	44	38	39	45	208
EPF - Fezes	29	41	47	38	32	187
Acido Urico	27	28	24	28	31	138
Plaqueta	22	34	18	19	13	106
K	16	21	6	12	14	69
VDRL	6	15	19	15	7	62
Glicose pós-prandial	10	7	12	20	7	56
Na	9	12	3	9	11	44
VHS	6	11	7	13	5	42
Cl	7	13	2	5	8	35
Grupo Sanguineo + RH	7	6	5	4	2	24
Gram_____	2	2	6	5	6	21
Prot. C	2	5	4	3	4	18
HBSAG	13	0	2	0	0	15
Fator Reumatóide	1	4	2	3	2	12
HCG, Beta HCG	1	3	0	3	2	9
ALT / TGP	4	0	2	1	0	7
TGO	4	0	2	1	0	7
AEO	0	2	2	0	2	6
VDRL gest.	3	0	0	0	3	6
Bilirrubina Total	1	0	2	1	0	4
Secreção Vaginal	0	0	1	0	0	1
cpk	0	0	0	1	0	1
BAAR	0	0	0	0	0	0
PPD	0	0	0	0	0	0
Amilase	0	0	0	0	0	0
Fração Mb	0	0	0	0	0	0
Sífilis	0	0	0	0	0	0