CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI

DANIELLA LEVY
HELENA HERDEIRO DE OLIVEIRA
NADYMA ABOU NIMRI CHARANEK
VITOR DA SILVA HERNANDES

ESTUDO DE CAPACIDADE DE ATENDIMENTO E DIMENSIONAMENTO DE RECURSOS EM UM LABORATÓRIO DE ANÁLISES CLÍNICAS POR MEIO DA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

São Bernardo do Campo
2021

DANIELLA LEVY
HELENA HERDEIRO DE OLIVEIRA
NADYMA ABOU NIMRI CHARANEK
VITOR DA SILVA HERNANDES

ESTUDO DE CAPACIDADE DE ATENDIMENTO E DIMENSIONAMENTO DE RECURSOS EM UM LABORATÓRIO DE ANÁLISES CLÍNICAS POR MEIO DA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. Orientado pelo Prof. Marcelo Koiti Fugihara.

São Bernardo do Campo

2021

ESTUDO DE CAPACIDADE DE ATENDIMENTO E DIMENSIONAMENTO DE RECURSOS EM UM LABORATÓRIO DE ANÁLISES CLÍNICAS POR MEIO DA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS / Helena Herdeiro de Oliveira...[et al.]. São Bernardo do Campo, 2021.
72 p. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário FEI.
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Koiti Fugihara.

1. Simulação. 2. Filas. 3. Nível de serviço. I. Herdeiro de Oliveira, Helena. II. Levy, Daniella. III. Abou Nimri Charanek, Nadyma . IV. Silva Hernandes, Vitor da. V. Koiti Fugihara, Marcelo , orient. VI. Título.

DANIELLA LEVY
HELENA HERDEIRO DE OLIVEIRA
NADYMA ABOU NIMRI CHARANEK
VITOR DA SILVA HERNANDES

ESTUDO DE CAPACIDADE DE ATENDIMENTO E DIMENSIONAMENTO DE RECURSOS EM UM LABORATÓRIO DE ANÁLISES CLÍNICAS POR MEIO DA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Comissão julgadora

_____

Orientador e presidente

_____

Examinador (1)

_____

Examinador (2)

São Bernardo do Campo

Aos nossos familiares e amigos

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos pais pelo apoio e carinho incondicional, em todos os momentos ao longo dessa graduação.

Aos nossos irmãos, avós e familiares pela atenção e incentivo dedicados sempre quando precisamos.

Aos nossos companheiros por todo amor e por compreender nossa dedicação a este trabalho.

A todos os amigos de sala de aula que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos.

Ao Caio Hashimoto, diretor executivo do laboratório DMS Burnier pela disponibilidade e dedicação ao nosso trabalho.

Ao nosso orientador, Prof. Dr. Marcelo Koiti Fugihara, pelo apoio, por acreditar em nosso trabalho e pela amizade.

Ao Centro Universitário FEI e seu corpo docente por todos os ensinamentos, ajudas e conselhos.

“Educação não transforma o mundo. Educação muda as pessoas. Pessoas mudam o mundo.”

(Paulo Freire)

RESUMO

O objetivo deste trabalho acadêmico é entender os processos de um laboratório de análises clínicas e desenvolver um modelo de simulação no ProModel, buscando identificar os gargalos e testar soluções para mitigá-los a fim de melhorar o nível de serviço mensurado pela fila de atendimento no balcão e realização dos exames clínicos. Além disso, o modelo foi usado para testar a capacidade máxima de atendimento deste laboratório. Dessa forma, consegue-se oferecer uma visão das ações requeridas para o laboratório atuar em prol da melhoria da qualidade de atendimento (nível de serviço) aos seus pacientes, ao menor custo possível. O tempo de fila será o fator direcional para a construção dos modelos experimentais, pois está atrelado a fatores fundamentais para o laboratório como, por exemplo, captação e fidelização de consumidores; velocidade de atendimento; precaução de confusões no laboratório; superação da concorrência e sentimentos e exposições gerados aos clientes. O comportamento do fluxo de clientes nas filas, em diferentes configurações operacionais foi o fator-chave para que a diretoria pudesse tomar decisões e aperfeiçoar a fluência de clientes na unidade estudada.

Palavras-chave: Simulação, Filas, Nível de serviço.

ABSTRACT

The main purpose of this academic work is to comprehend the laboratory processes selected to generate a theoretical model based on the construction of a flowchart (processes map) to develop a simulation model within the use of a software known as ProModel so that the possibility of identifying and proposing a diagnosis of the bottlenecks related to the current situation remains and generating experiments with the aim of identifying improvement opportunities regarding the lab's service level.

The queue time is the main factor in terms of experimental model construction, since it is related to fundamental factors towards the lab such as, for example, capturing and customer's loyalty, attendance speed, avoiding laboratory disturbance, surpassing competition and lastly, avoiding negative feelings outgrown by the clients.

The variety of behaviours composed by the patient's queue flowing, triggered a key factor which made the operational decision making and flow improvement a concrete possibility in the given laboratory.

Keywords: Simulation, Queues, Service Levels.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Proporção de pessoas por regiões. 13
Figura 2 Proporção de pessoas por grupos. 14
Figura 3 Exemplo de Layout por processo. 18
Figura 4 Exemplo de Layout em linha. 18
Figura 5 Exemplo de layout celular. 19
Figura 6 - Exemplo de layout por posição fixa. 19
Figura 7 Arranjo para processo de atendimento com servidores em paralelo. 21
Figura 8 Arranjo para processo de atendimento com servidores em série. 21
Figura 9 Formas de estudar um Sistema. 23
Figura 10 Primeiro paradigma entre a flexibilidade e facilidade de uso. 24
Figura 11 Novo paradigma entre flexibilidade e facilidade de uso. 24
Figura 12 Etapas do processo de simulação. 25
Figura 13- Teste de hipóteses 31
Figura 14- Histograma curva de atendimento convênio. 31
Figura 15- Histograma curva de atendimento particular. 32
Figura 16- Fluxograma 34
Figura 17- Perfil da demanda de pacientes 35
Figura 18 Imagem do modelo desenvolvido no ProModel 36
Figura 19- Locais 37
Figura 20- Diferenciação de cores nos ícones de cada Entidade. 38
Figura 21- Distâncias entre os nós. 39
Figura 22- Locais para cada nó 40
Figura 23- Redes de caminho no modelo esquemático. 40
Figura 24- Lógica de roteamento 40
Figura 25- Recursos. 41
Figura 26- Designação de turnos. 41
Figura 27- Primeira movimentação do CLIENTE. 42
Figura 28- Segunda movimentação do CLIENTE. 42
Figura 29- Movimentação do cliente para recepção ou sala de espera. 42
Figura 30- Lógica de operação no modelo. 43
Figura 31- Atributos no modelo. 43
Figura 32- Roteamento da recepção para sala de coleta. 43

Figura 33- Lógica de operação. 44
Figura 34- Movimento do CLIENTE_ATENDIMENTO. 44
Figura 35- Último processamento do CLIENTE_ATENDIMENTO. 45
Figura 36- Tempo de operação na coleta. 45
Figura 37- Quantidade de chegadas por hora. 46
Figura 38- Sumário de entidades e variáveis. 46
Figura 39- Sumário de Entidades, cenário Baseline. 47
Figura 40- Estado dos Recursos, cenário Baseline. 48
Figura 41- Histograma do tempo de fila na recepção, cenário Baseline. 48
Figura 42- Histograma do tempo de fila do exame, cenário Baseline. 49
Figura 43- Tabela valores consolidados, cenário Baseline. 49
Figura 44- Sumário de Entidades da simulação 1, cenário Produtividade. 50
Figura 45- Utilização dos recursos na simulação 1, cenário Produtividade. 51
Figura 46- Histograma de tempo de fila na recepção da simulação 1, cenário Produtividade. 51
Figura 47- Histograma de tempo de fila do exame da simulação 1, cenário Produtividade. ... 52
Figura 48- Sumário de Entidades da simulação 2, cenário Produtividade. 52
Figura 49- Utilização dos recursos na simulação 2, cenário Produtividade. 53
Figura 50- Histograma de tempo de fila na recepção da simulação 2, cenário Produtividade. 53
Figura 51- Histograma de tempo de fila do exame da simulação 2, cenário Produtividade. ... 54
Figura 52- Sumário de Entidades da simulação 3, cenário Produtividade. 55
Figura 53- Utilização dos recursos na simulação 3, cenário Produtividade. 55
Figura 54- Histograma de tempo de fila na recepção da simulação 3, cenário Produtividade. 56
Figura 55- Histograma de tempo de fila de exame da simulação 3, cenário Produtividade..... 56
Figura 56- Sumário de Entidades da simulação 1, cenário Capacidade. 57
Figura 57- Utilização dos recursos na simulação 1, cenário Capacidade. 58
Figura 58- Histograma de tempo de fila na recepção da simulação 1, cenário Capacidade..... 59
Figura 59- Histograma de tempo de fila de exame da simulação 1, cenário Capacidade. 59
Figura 60- Sumário de Entidades da simulação 2, cenário Capacidade. 60
Figura 61- Utilização dos recursos na simulação 2, cenário Capacidade. 60
Figura 62- Histograma de tempo de fila na recepção da simulação 2, cenário Capacidade..... 61
Figura 63- Histograma de tempo de fila de exame da simulação 2, cenário Capacidade. 61
Figura 64- Sumário de Entidades da simulação 3, cenário Capacidade. 62
Figura 65- Utilização dos recursos na simulação 3, cenário Capacidade. 62
Figura 66- Histograma de tempo de fila na recepção da simulação 3, cenário Capacidade..... 63

Figura 67- Histograma de tempo de fila de exame da simulação 3, cenário Capacidade. 63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Variáveis e unidades.....30
Tabela 2- Dados e unidades.....30
Tabela 3- Análise de Variância: Convênio vs. Particular.....30
Tabela 4- Parâmetros de atendimento 32
Tabela 5- Análise de Variância: Comum vs. Preferencial.....33
Tabela 6- Demanda atendimento comum.....38
Tabela 7- Demanda atendimento preferencial.....38
Tabela 8- Demanda retirada de resultados. 39
Tabela 9- Número de recursos em cada turno, cenário Baseline.....47
Tabela 10- Número de recursos em cada turno na simulação 1, cenário Produtividade. 50
Tabela 11- Número de recursos em cada turno na simulação 2, cenário Produtividade. 52
Tabela 12- Número de recursos em cada turno na simulação 3, cenário Produtividade. 54
Tabela 13- Tabela valores consolidados, cenário Produtividade. 57
Tabela 14- Quantidade de atendimentos na simulação 1, cenário Capacidade. 57
Tabela 15- Quantidade de atendimentos na simulação 2, cenário Capacidade. 59
Tabela 16- Quantidade de atendimentos na simulação 3, cenário Capacidade. 61
Tabela 17- Tabela valores consolidados, cenário Capacidade. 64
Tabela 18- Resumo resultados cenário Produtividade 65
Tabela 19- Resumo resultados cenário Capacidade 66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
1.1 OBJETIVO GERAL 11
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 11
1.3 JUSTIFICATIVA 12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 13
2.1 PANORAMA DA SAÚDE 13
2.2 GESTÃO DE SERVIÇOS E QUALIDADE 15
2.3 CONCEITOS OPERACIONAIS 16
2.4.1 Lead Time 16
2.4.2 Teoria das Restrições 16
2.4.3 Layout 17
2.4.3.1 Layout por Processo ou Funcional 17
2.4.3.2 Layout em linha 18
2.4.3.3 Layout Celular ou Célula de Manufatura 18
2.4.3.4 Layout por posição fixa 19
2.4.4 Teoria das Filas 19
2.4.4.1 Caracterização de um Sistema de Filas 20
2.4.4.1.1 Processo de Chegada 20
2.4.4.1.2 Processo de Atendimento 20
2.4.4.1.3 Disciplina de Fila 21
2.4.4.1.4 Capacidade de um sistema 22
2.5 SIMULAÇÃO DO SISTEMA 22
2.5.1 Pesquisa Operacional 22
2.5.1.1 Modelagem e Otimização 23
2.5.2 Eventos Discretos e Contínuos 23
2.5.3 O Software 23

2.5.4 Etapas do Processo de Simulação 25
2.5.4.1. Planejar o estudo 25
2.5.4.2. Definir o sistema 26
2.5.4.3. Construir o modelo 26
2.5.4.4. Rodar experimentos 26
2.5.4.5. Analisar os outputs 27
2.5.4.6. Fazer relatório dos resultados 27
3 METODOLOGIA DE PESQUISA 28
3.1 ESTUDO DE CASO 28
3.2 DEFINIÇÃO DE ESTUDO 29
3.3 LEVANTAMENTOS DE DADOS 29
3.4 MODELAGEM 33
3.5 DESENVOLVIMENTO 35
3.5.1 Locais 36
3.5.2 Entidades 37
3.5.3 Chegadas 38
3.5.4 Rede de caminho 39
3.5.5 Recursos 41
3.5.6 Processamento 41
3. 6 VALIDAÇÃO 45
4 ANÁLISES 47
4.1 CENÁRIO 0: BASELINE 47
4.2 CENÁRIO 1: PRODUTIVIDADE 50
4.2.1 Simulação 1 50
4.2.2 Simulação 2 52
4.2.3 Simulação 3 54
4.3 CENÁRIO 2: CAPACIDADE 57
4.3.1 Simulação 1 57
4.3.2 Simulação 2 59

4.3.3 Simulação 3 61

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 65

REFERÊNCIAS 67

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a preocupação com a qualidade na área da saúde deu início em meados de 1924, no Programa de Padronização Hospitalar, com a formação do Colégio Americano de Cirurgiões (CAC), mais adiante, em 1930, houve a criação da Ficha de Inquérito Hospitalar por Odair Pedroso, em São Paulo, para a Comissão de Assistência Hospitalar do Ministério da Saúde (MS) (FELDMAN, 2005).

A saúde exigiu nos últimos anos um incremento significativo de práticas de gestão. Antigamente os processos eram muito voltados às questões técnicas, visto que nos últimos anos os serviços de saúde exigiam não só conhecimento técnico e científico, mas um preparo gerencial envolvendo qualidade, tempos, velocidade, confiabilidade, produtividade, dentre outros.

Atualmente são diversos os problemas enfrentados na gestão de saúde, dentre eles, um destaque para os tempos de filas de atendimento. Um serviço de qualidade implica conseguir atender a demanda de clientes e organizar sistemas que controlem e ajustem a capacidade de atendimento. Em função dessa demanda, um menor tempo de filas e um serviço adequado aos clientes é indispensável.

1.1 OBJETIVO GERAL

Propor modelo a partir do entendimento dos processos de um laboratório de análises clínicas e desenvolver um modelo de simulação no ProModel, buscando identificar os gargalos e testar soluções para mitigá-los a fim de melhorar o nível de serviço mensurado pela fila de atendimento no balcão e realização dos exames clínicos.

As empresas que produzem serviços devem se atentar a diversos fatores, dentre eles, eficiência de produção e qualidade de serviços, que serão abordados mais adiante.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Analisar os tempos do processo de atendimento dos clientes.

Identificar os gargalos presentes nas filas de espera por meio da teoria das restrições.

Aplicar a simulação de processos para analisar o trade-off do aumento de capacidade de recursos versus o nível de serviço (fila).

Modelar e simular cenários com o intuito de otimizar o desempenho do sistema.

Aplicar o ciclo de melhoria iterativa com a alteração de parâmetros e análise dos resultados.

Sugerir mudanças após a análise dos dados obtidos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Uma das principais problemáticas enfrentadas por clientes que buscam os serviços laboratoriais, é a espera pelo atendimento. A análise do tempo de espera na fila de um laboratório é importante por alguns motivos como: exames clínicos que requerem preparos prévios (por exemplo, o jejum); a exposição desnecessária considerando ser um local propenso a contaminações; e impactos sobre o bem-estar.

Laboratórios costumam ter problemas com a capacidade de atendimento, justificados pela alta demanda de pacientes e com a gestão inapropriada dos recursos e infraestruturas, comprometendo o nível de serviço oferecido.

Um dos fatores de relevância para a realização deste estudo, no âmbito profissional, é a busca de soluções referentes ao tema, pois traria uma proximidade no equilíbrio de demanda de atendimento versus disponibilidade de profissionais, resultando em um maior número de atendimentos por turno. Já no âmbito social, as resultantes proporcionariam uma nova experiência aos clientes, trazendo agilidade, eficácia, satisfação e fidelização.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente estudo, serão abordados alguns conceitos relacionados às áreas da engenharia e simulação com a finalidade de auxiliar tomadas de decisão mais relevantes.

2.1 PANORAMA DA SAÚDE

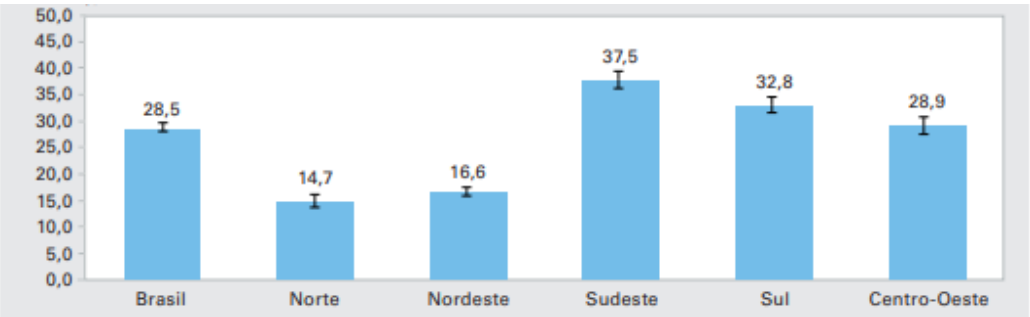
De acordo com um estudo realizado recentemente, as estatísticas previstas pelos indicadores da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) apresentam dados sobre o panorama da saúde que demonstram as tendências sobre diversos aspectos relacionados à saúde, ao longo do tempo de diversos países.

No Brasil existem algumas barreiras de acesso aos serviços de saúde, pública e suplementar, especialmente por se tratar de um país em desenvolvimento e sobretudo menos favorecido em termos de auxílio financeiro.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saúde divulgada pelo IBGE (2020) referenciando dados de 2019 demonstra que 71,5% dos brasileiros dependem exclusivamente de atendimento público enquanto os outros 28,5% restante da população utilizam a saúde suplementar.

O mesmo estudo retrata a proporção de pessoas que possuíam algum plano de saúde, médico ou odontológico com indicação do intervalo de confiança de 95%, segundo as Grandes Regiões, conforme demonstrado na figura 1.

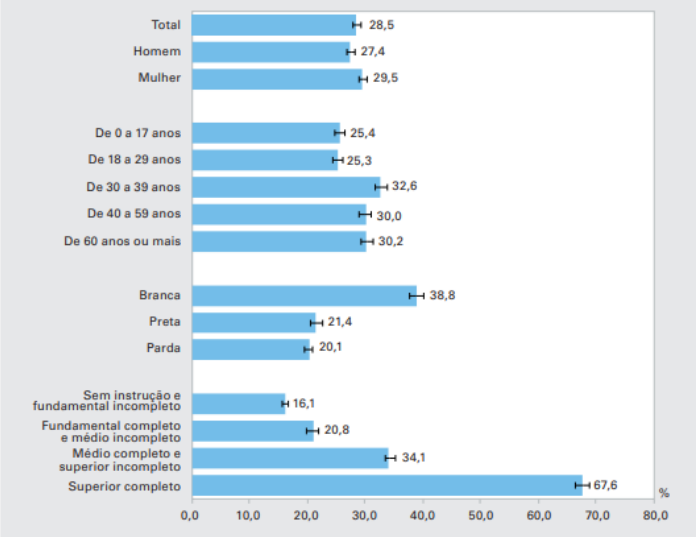
Figura 1 Proporção de pessoas por regiões.



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional de Saúde 2019.

Diante da proporção de 28,5% de público que possui algum plano de saúde, médico ou odontológico, existem proporções de adesão de acordo com fatores como sexo, grupos de idade, a cor ou raça e até mesmo nível de instrução conforme indicado no gráfico abaixo:

Figura 2 Proporção de pessoas por grupos.



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional de Saúde 2019.

Uma das barreiras de acesso é o tempo de espera em filas e as dificuldades que os pacientes têm de lidar com esse tempo para que não seja prejudicial tanto mentalmente quanto fisicamente. Ao enfrentar uma fila laboratorial, a ansiedade e o estresse são sentimentos que se destacam entre os pacientes, pois a estimativa de quanto tempo passarão esperando é incerta. Entretanto, existe um fator de risco ao se expor desnecessariamente a um ambiente de alta proliferação de bactérias e vírus, principalmente após o início da pandemia do COVID-19.

A desorganização e a falta de um Sistema de gestão de filas, faz com que o gerenciamento se torne inviável, pois o fluxo de pacientes sem um monitoramento apropriado impossibilita o controle adequado dentro do estabelecimento. Ao visualizar-se cenários de otimização, é possível mensurar se há necessidade de aumentar ou diminuir o número de atendentes, mudar a configuração das filas e, tomar decisões operacionais com propriedade.

Segundo a Organização Mundial da Saúde, agência da ONU especializada em saúde, o parâmetro ideal de atenção à saúde é de 1 médico para cada mil habitantes. O Brasil supera essa razão: hoje, são 2,11 médicos para cada mil habitantes. Por consequência, a distribuição pelo território brasileiro é expressivamente desigual.

Apesar de inúmeras conquistas e avanços desde a sua criação, a saúde pública no Brasil enfrenta diversos problemas. É comum pacientes esperarem horas para serem atendidos, laboratórios sem espaço físico para recebimento de uma vasta demanda, estrutura precária e grandes filas para consultas e atendimentos clínicos.

O estudo em questão tem como base a situação atual do país, incluindo as medidas e protocolos adquiridos pelos laboratórios, principalmente após o início da pandemia do

COVID-19. Os gargalos serão analisados considerando este cenário para que se tenha, como resultante, uma gestão adequada das filas.

2.2 GESTÃO DE SERVIÇOS E QUALIDADE

A gestão de serviços na área da saúde e a prestação de serviços ao cliente estão cada vez mais complexas. Por um lado, o consumidor fica mais exigente e no outro as empresas precisam buscar, em um ambiente altamente competitivo, uma vantagem diferencial.

A prestação de serviços de saúde é afetada por uma série de aspectos internos e ambientais que podem comprometer seus resultados. A administração em saúde deve ser feita partindo de alguns princípios. Para Mezomo (2001, p. 11):

> "A prestação de serviços médicos e de saúde tem sua legitimidade no respeito dos princípios da equidade, qualidade, eficiência, efetividade e aceitabilidade e isto supõe e exige uma liderança administrativa."

Os princípios da prestação de serviços em saúde são comuns a alguns dos pilares da qualidade, sendo:

- Legitimidade: está relacionada a visão que a sociedade tem a respeito da organização, estando em conformidade com as preferências sociais apontadas nos princípios éticos, nos valores, nas normas, nas leis e nos costumes;
- Equidade: é a conformidade com o princípio que rege a justiça e a honestidade na distribuição dos cuidados e dos benefícios da saúde para a sociedade;
- Eficiência: é a habilidade de reduzir os custos dos cuidados sem diminuir a efetividade deles, ou seja, é proporcionar o melhor tratamento ao paciente utilizando a menor quantidade de recursos possível;
- Efetividade: corresponde a melhora real obtida no tratamento do cliente utilizando os recursos disponíveis, ou seja, a relação entre a melhoria possível e a efetivamente obtida;
- Aceitabilidade: é a adequação dos cuidados de saúde aos desejos e expectativas dos pacientes e de seus responsáveis;

De uma maneira geral, uma gestão eficiente visa criar um elo entre qualidade e o serviço a ser prestado, sendo possível fazer um balanceamento dos profissionais contratados, equipamentos e ferramentas necessárias, bem como a projeção do fluxo de trabalho.

2.3 CONCEITOS OPERACIONAIS

Alguns conceitos devem ser definidos para as interpretações dos resultados e tomadas de decisão ao final do projeto, sendo assim abordaremos os seguintes: lead time, Teoria das restrições e gargalo; layout; teoria das filas; e simulação de sistemas.

No estudo serão analisados os recursos gargalos e a demanda por meio das teorias das filas e das restrições para a simulação de cenários que resultarão na diminuição do lead time e otimizações do sistema.

2.4.1 Lead Time

O lead time é interpretado de acordo com o público-alvo de interesse. Há a análise do lead time do ponto de vista do cliente e do fornecedor.

> Do ponto de vista do cliente, existe apenas um lead time: o tempo decorrido desde o pedido até a entrega. Claramente, essa é uma variável competitiva crucial, uma vez que mais e mais mercado se tornam cada vez mais competitivos em relação ao tempo. No entanto, ela representa apenas uma visão parcial de lead time. Igualmente importante, do ponto de vista do fornecedor, trata-se do tempo que se leva para converter um pedido em dinheiro e, na verdade, o tempo total em que o capital de giro está comprometido desde a aquisição dos materiais até o recebimento do pagamento do cliente. (CHRISTOPHER, 2011, p.148)

Em casos de laboratórios em que há uma demanda espontânea de pacientes que farão exames clínicos, calcular o lead time é um requisito crítico de um serviço de pronto atendimento.

2.4.2 Teoria das Restrições

Na maioria dos sistemas há uma variedade de medidas que podem contribuir para o seu desempenho. De acordo com Goldratt (2002), idealizador da teoria das restrições, *Theory of Constraints (TOC)*, é importante a identificação dos principais problemas para viabilizar o desenvolvimento de soluções e suas melhorias significativas.

Existe um estudo desenvolvido por Vilfredo Pareto que tem como intuito a identificação das ocorrências do sistema. Esse estudo é feito por meio do diagrama, conhecido como diagrama de Pareto, que nada mais é do que um gráfico de colunas que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. Isto é, há muitos problemas sem importância diante de outros mais graves.

O princípio de Pareto demonstra que 20% dos elementos contribuem para 80% dos impactos, ou seja, não se pode fazer tudo, mas é importante escolher apropriadamente o que fazer.

Essa regra 80/20 só funciona quando não há interdependências entre os elementos do sistema. Nas organizações existem inúmeras interdependências e alta variabilidade, o que implica em um número baixo de elementos que determinam o desempenho do sistema, sendo essas, as restrições de recursos de mercados ou internos, sendo a última relacionada aos clássicos gargalos que são representados por trabalhador, máquina ou mesmo uma ferramenta.

É importante a definição das restrições e não restrições para o desempenho global do sistema, ou seja, o objetivo é maximizar o ganho de dinheiro das empresas com base no melhor gerenciamento dos recursos existentes.

No caso laboratorial, o estudo será baseado na identificação dos gargalos do sistema que influenciam no fator tempo e, trabalhar em cima dos recursos a fim de otimizá-los e consequentemente o sistema como um todo. Serão cinco os passos de gerenciamento das restrições:

1. Identificação da restrição
2. Exploração dessa restrição
3. Subordinação dos recursos do sistema a restrição
4. Melhoria do desempenho da restrição
5. Procura por outra restrição

2.4.3 Layout

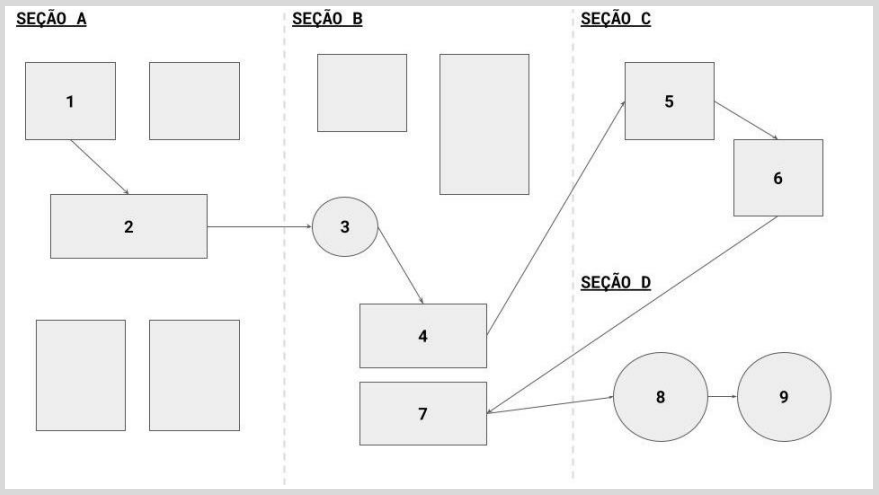
Para a etapa inicial de elaboração do layout são necessárias informações sobre as especificações e características do processo, ou seja, definir o layout significa decidir onde colocar todas as instalações, equipamentos, espaços para movimentação e disposição dos funcionários.

De acordo com Martins e Laugeni (2005), os principais tipos de layout são:

2.4.3.1 Layout por Processo ou Funcional

Os processos semelhantes são agrupados na mesma área. É um layout flexível para atender as mudanças de mercado atendendo a serviços diversificados em demandas variáveis ao longo do tempo.

Figura 3 Exemplo de Layout por processo.

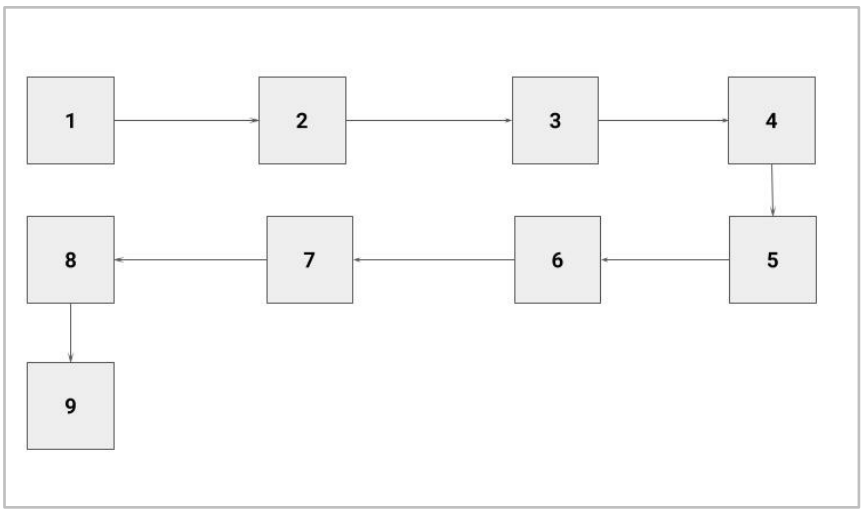


Fonte: Grupo, 2021.

2.4.3.2 Layout em linha

As seções de trabalho são colocadas de acordo com as sequências das operações, sem caminhos alternativos. É indicado para produção com pouca ou nenhuma diversificação.

Figura 4 Exemplo de Layout em linha.

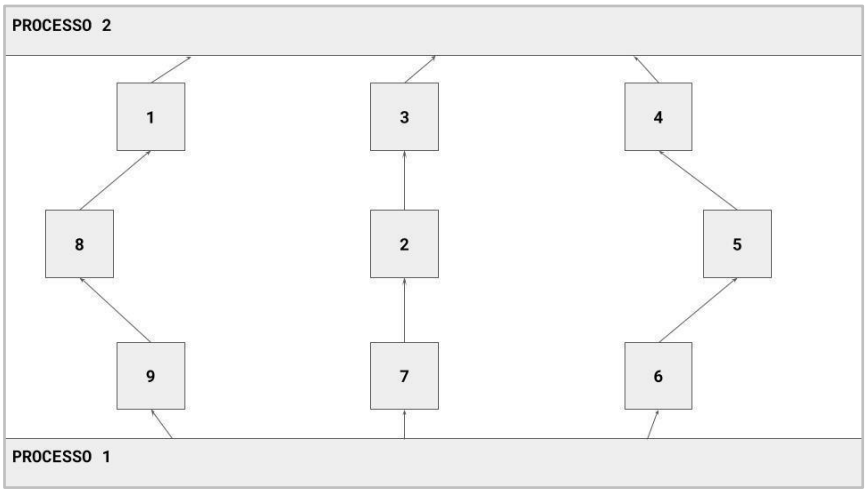


Fonte: Grupo, 2021.

2.4.3.3 Layout Celular ou Célula de Manufatura

Consiste em arranjar em um só local (a célula) equipamentos diferentes que possam participar do processo inteiro. O material se desloca dentro da célula buscando os processos necessários. Permite elevado nível de qualidade e de produtividade e diminui o transporte do material e os estoques.

Figura 5 Exemplo de layout celular.

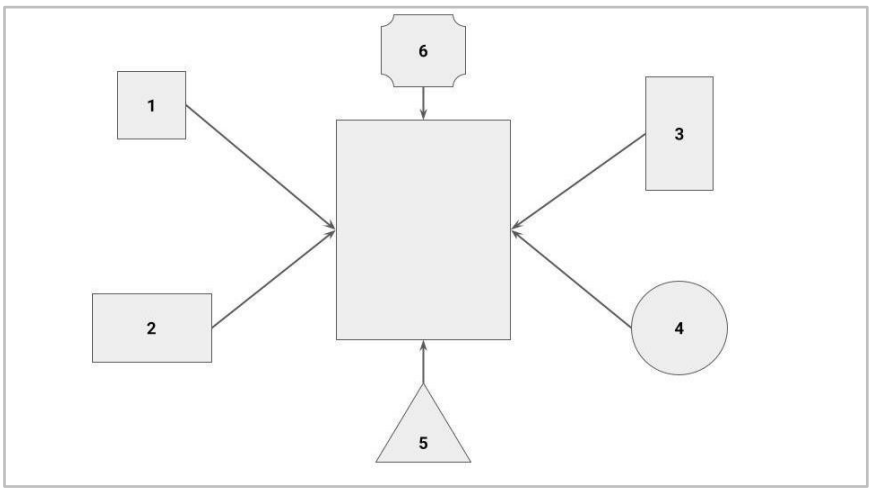


Fonte: Grupo, 2021.

2.4.3.4 Layout por posição fixa

O material permanece fixo em uma determinada posição e os equipamentos se deslocam até o local executando as operações necessárias.

Figura 6 - Exemplo de layout por posição fixa.



Fonte: Grupo, 2021

2.4.4 Teoria das Filas

Segundo Martins e Laugeni (2005), todos os sistemas produtivos estão relacionados a uma capacidade produtiva bem como os sistemas de serviços com suas capacidades de atendimento, independentemente de sua mensuração.

A demanda por serviços ou clientes chegam também a uma razão ou velocidade média. Conforme as velocidades médias de chegadas forem inferiores às capacidades médias de atendimentos, os clientes poderão, em algum momento, serem atendidos. Como os

parâmetros de capacidade e velocidade não são constantes ao longo do tempo, existe então a possibilidade de formação de filas a partir dessas dispersões.

As filas estão presentes no cotidiano das pessoas nos mais variados lugares como em supermercados, bancos, lojas, estacionamentos.

2.4.4.1 Caracterização de um Sistema de Filas

De acordo com TAHA (2013), os elementos principais em um sistema de filas são os clientes e os atendentes. Filas são geradas quando pessoas ou unidades, chegando a um posto de serviço não podem ser atendidas prontamente, ocasionando em uma espera. Assim que um serviço é finalizado, o próximo que estava no aguardo é o que será atendido.

2.4.4.1.1 Processo de Chegada

De acordo com Arenales (2007), neste componente há a caracterização da população de clientes, a distribuição da probabilidade do intervalo de tempo entre chegadas sendo essa estacionária ou variável no tempo, ou ainda, dependente do tamanho da fila.

O processo de chegada é quantificado por meio da taxa média do número de entidades por unidade de tempo. É comum trabalhar-se com o tempo médio entre chegadas. Assim, o ritmo de chegada é dado pela letra grega (λ) e o intervalo médio entre chegadas é dado por (IC).

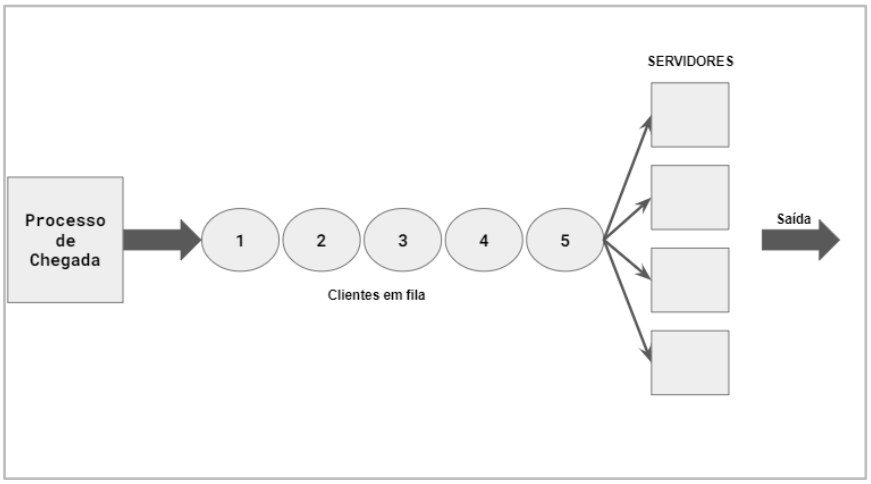
2.4.4.1.2 Processo de Atendimento

Ainda seguindo os conceitos de Arenales (2007), o processo de atendimento também pode ser quantificado através do ritmo de atendimento (μ) e da duração média ou do tempo do serviço (TA).

Pode-se citar dois tipos de arranjos para processo de atendimento:

- Servidores em paralelo: usado quando o cliente precisa passar em somente um servidor para finalizar o atendimento, pois todos eles oferecem o mesmo tipo de serviço;

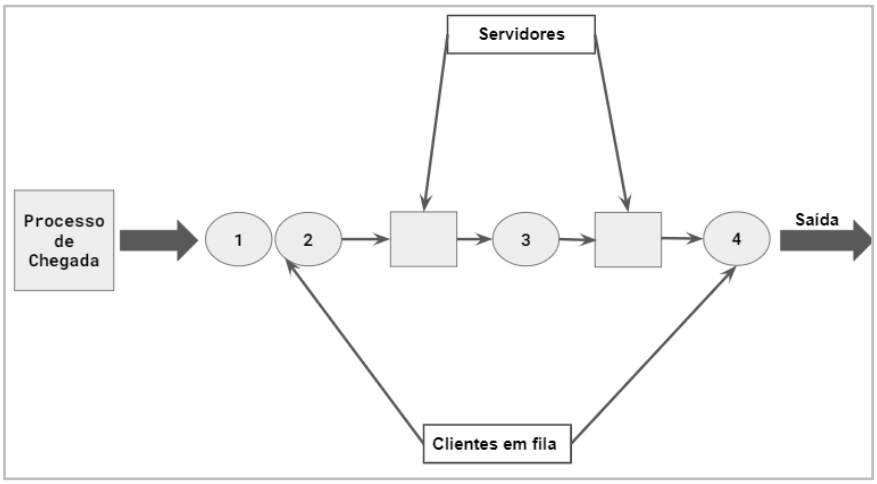
Figura 7 Arranjo para processo de atendimento com servidores em paralelo.



Fonte: Grupo, 2021.

- Servidores em série: usado quando o cliente passa por uma sequência de servidores que fornecem serviços diferentes, porém que complementam o atendimento.

Figura 8 Arranjo para processo de atendimento com servidores em série.



Fonte: Grupo, 2021.

2.4.4.1.3 Disciplina de Fila

Existem alguns regimes que ditam a ordem que os clientes serão atendidos, são eles: FIFO, LIFO, SIRO, *Priority queuing disciplines* ou LCFS, TAHA (2008, p.248).

- FIFO (*First In, First Out*): vai ser atendido, o primeiro que chegar;

- LIFO (*Last In, First Out):* vai ser atendido, o último a chegar;

- SIRO (*Served in random order)*: os clientes vão sendo atendidos na medida em que entram no sistema, não há o cuidado com a ordem de chegada;

- Priority queuing disciplines: os atendimentos aos clientes são feitos de acordo com prioridades estabelecidas como por exemplo, idosos, gestantes e deficientes; e
- LCFS (Last Come, First Served): vai ser atendido o último cliente que entrar no sistema.

As disciplinas de filas comumente utilizadas nos problemas de filas no setor de serviços são o FIFO e o *Priority queuing disciplines*.

2.4.4.1.4 Capacidade de um sistema

Conforme Aquilano *et al.* (2006), a capacidade engloba os clientes em espera e os que estão em atendimento, representando o número máximo que o sistema suporta, a mesma pode ser considerada infinita ou finita. Se esta for finita, quando o sistema atingir a sua capacidade máxima, nenhum cliente poderá entrar até que o espaço esteja liberado.

2.5 SIMULAÇÃO DO SISTEMA

Segundo Law e Kelton (2000), um sistema é definido como um conjunto de entidades, que agem e interagem em conjunto para a realização de alguma lógica.

A simulação de sistemas, por natureza, pode ser definida como um projeto, que representa e reproduz o funcionamento de um sistema ou um processo por meio de cenários que permitem a análise, observação e predição sem que o sistema real seja alterado, desconstruído e desfeito. Essa simulação pode ser utilizada quando a complexidade do sistema torna inviável o uso de métodos matemáticos de solução analítica.

2.5.1 Pesquisa Operacional

Segundo DA SILVA *et al.* (1998, p. 11) “A pesquisa operacional é o método científico de tomada de decisões. Em linhas gerais, consiste na descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo, e através da experimentação com o modelo, na descoberta da melhor maneira de operar o sistema.”

Destacam-se duas grandes áreas na PO: a primeira, programação matemática, utilizando-se de técnicas como programação linear, programação dinâmica, programação não-linear e programação inteira e, a segunda relacionada a modelos probabilísticos que incluem técnicas como teoria das filas, teoria de estoques, programação probabilística e simulação.

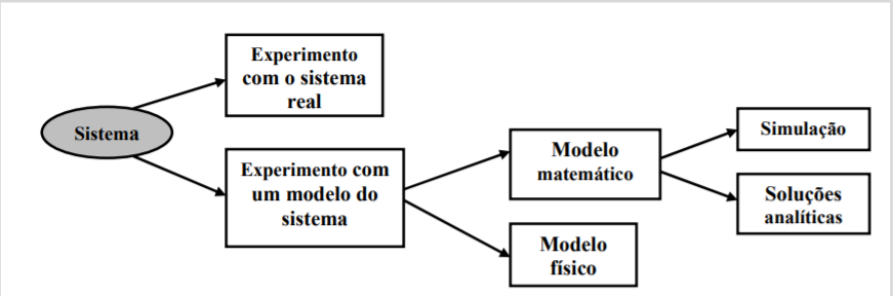
2.5.1.1 Modelagem e Otimização

Como dito anteriormente, a simulação permite testar o sistema por meio de modelos, e por essa técnica é possível observar como as variáveis do sistema se comportam ao decorrer do tempo e como o sistema se comporta na presença de efeitos aleatórios.

O método de programação matemática, considera as funções e variáveis em uma visão macro do sistema, otimizando as soluções e auxiliando o direcionamento da modelagem na simulação, a fim de tornar o método de tentativa e erro mais assertivo.

Aliado a isso, o método de modelagem permite a detecção antecipada de erros operacionais e gargalos para que não haja perda produtiva e rendimento abaixo do esperado. Alinhando as duas técnicas, modelagem e otimização, pode-se obter resultados cada vez mais promissores.

Figura 9 Formas de estudar um Sistema.



Fonte: Law e Kelton (2000)

2.5.2 Eventos Discretos e Contínuos

A simulação de eventos discretos estuda variáveis que mudam de estado instantaneamente em pontos específicos de tempo, enquanto em modelos contínuos estas mudam constantemente no decorrer do tempo. Na prática, são poucos os sistemas que aplicam de forma exclusiva um tipo de evento, sendo assim considera-se o predominante para a sua classificação conforme exposto por Law e Kelton (2000).

2.5.3 O Software

Law e Kelton (2000) agruparam os softwares em duas categorias: linguagem de informação e simuladores. A primeira categoria é de natureza genérica, mas para algumas aplicações possuem características especiais, oferecendo assim, boa flexibilidade para que o analista consiga modelar qualquer tipo de sistema, mesmo modelos complexos em que há necessidade de conhecimentos específicos. Já a segunda categoria, possui uma menor

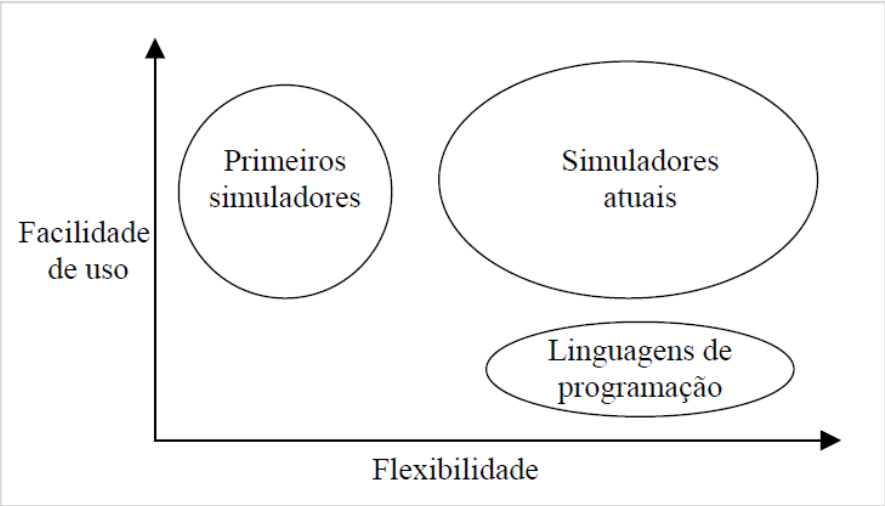
flexibilidade, pois suas aplicações restringem-se a certos sistemas específicos e estes são programados de maneira mais rápida e econômica por sua facilidade de uso.
Essa categorização é aplicada ao início do ciclo de vida dos simuladores, o que gerou um antigo paradigma como visto na figura abaixo.

Figura 10 Primeiro paradigma entre a flexibilidade e facilidade de uso.

Fonte: Harrel; Ghosh; Bowden. (2000)

Atualmente, o primeiro paradigma comentado anteriormente foi quebrado, pois as ferramentas de simulação mais modernas combinam elementos de modelagem preparados previamente e alta flexibilidade de capacidade de programação. Porém, tem-se agora um segundo paradigma no qual a flexibilidade e a facilidade de uso são características independentes, como observado na figura abaixo.

Figura 11 Novo paradigma entre flexibilidade e facilidade de uso.



Fonte: Harrel; Ghosh; Bowden. (2000)

O presente trabalho acadêmico usará como ferramenta o software ProModel da ProModel Corporation, disponibilizado pelo Centro Universitário FEI.
Com o ProModel, a tomada de decisão é feita de forma mais rápida, pois é um software avançado de simulação de eventos discretos que pode ser utilizado para planejamentos, projetos

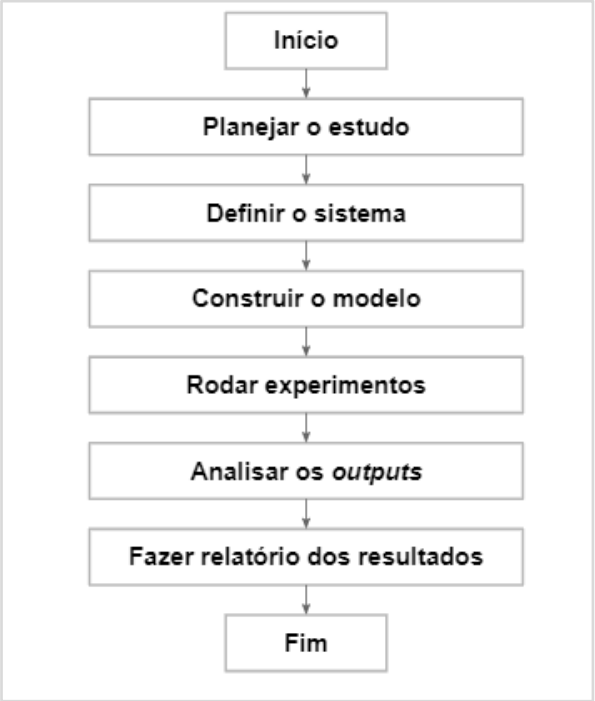
e melhorias em processos de manufatura, logística e serviços. É possível reproduzir sistemas complexos com muitas variáveis para análises profundas, mudanças na forma de otimizar e aperfeiçoamento de indicadores.

O software ainda permite animações em 3D dos modelos e com a ajuda da ferramenta Output viewer, os resultados da simulação são exibidos em tabelas e gráficos dinâmicos para que relatórios personalizados possam ser feitos.

2.5.4 Etapas do Processo de Simulação

No momento em que o projeto é escolhido, decisões sobre a sua condução devem ser tomadas, considerando que as etapas a serem seguidas estão interligadas do princípio ao fim do processo de simulação.

Figura 12 Etapas do processo de simulação.



Fonte: “Passos para um Projeto de Simulação”, Belge Consultoria. Adaptado pelo grupo,2021

2.5.4.1. Planejar o estudo

Um plano de estudo deve ser desenvolvido de tal forma que haja um acompanhamento eficiente e constante, objetivos bem definidos, expectativas alinhadas à realidade e, uma preparação e compreensão dos requisitos do sistema.

2.5.4.2. Definir o sistema

Com objetivos definidos e um plano organizado de estudo, inicia-se o detalhamento do sistema a ser simulado.

De acordo com o ProModel *guide* (2002), algumas diretrizes auxiliam na definição do sistema:

- Identificar relações de causa e efeito;

- Procurar os principais fatores de impacto;

- Distinguir atividades dependentes entre tempo e condição;

- Concentrar na essência ao invés da substância; e

- Separar as variáveis de entrada das variáveis de resposta.

2.5.4.3. Construir o modelo

Uma vez definidas as informações e bases do sistema, a construção do modelo será o próximo passo.

O intuito de construir o modelo é oferecer uma representação da operação do sistema, capaz de fornecer resultados estatísticos e gráficos necessários para satisfazer seus objetivos. Depois de construído ou até mesmo durante a construção, o que definirá a sua utilidade será a validação do modelo que demonstrará se representa o sistema real acurado independente de quaisquer aspectos externos.

Resultados de saída também devem ser analisados como ferramenta de validação. Se o modelo é testado dessa forma e não se encontra nenhuma discrepância, ele então pode ser validado e aprovado para a fase de experimentação.

2.5.4.4. Rodar experimentos

O próximo passo é a condução dos experimentos de simulação com o modelo já definido.

Em um experimento de simulação, existem variáveis de entrada independentes que podem ser manipuladas ou variadas e os efeitos dessa manipulação são medidos e correlacionados.

Como ocorre em qualquer experimento envolvendo um sistema com características aleatórias, os resultados da simulação também serão de natureza aleatória. Os resultados de

uma única simulação representam apenas um dos vários resultados possíveis. Isso requer que múltiplas replicações sejam executadas para testar a reprodutibilidade dos resultados.
Para avaliar essas replicações de simulação, dependendo do grau de precisão exigido na saída, pode ser desejável determinar um intervalo de confiança para a saída. Com esse intervalo, é possível garantir certo nível de confiança do que o sistema verdadeiro significa.

2.5.4.5. Analisar os outputs

A análise dos outputs lida com a extração de conclusões sobre o sistema através das saídas da simulação e para que os resultados sejam úteis, é necessário que haja um balanço entre o cuidado na obtenção de dados e na verificação estatística.
Os outputs raramente identificam a causa do problema, e sim reportam o comportamento sintomático dos problemas. Sendo assim, é fundamental para o sistema ter habilidade de extrair conclusões corretas dos resultados.

2.5.4.6. Fazer relatório dos resultados

No último passo, com base nos resultados do modelo simulado, são feitas recomendações de melhorias do sistema real para a tomada de decisão. Além disso, um relatório documentando dados, experimentos realizados e modelo desenvolvido deve ser feito.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Trabalho de natureza aplicada com objetivo exploratório e abordagem quantitativa com modelagem e simulação

Levando em consideração o estudo realizado, não é por menos que, ao fim deste, novos trabalhos poderão ser desenvolvidos a partir das discussões relevantes, como meio de continuação ou realização de um novo estudo mediante a novas informações.

A elaboração desse estudo foi feita através de entrevistas onlines (webinar) e dados fornecidos e estruturados em planilhas. Não houve visita presencial em função da pandemia, covid-19, entretanto, a interligação de dados e aplicação do software Promodel foi manipulada pelos membros do grupo, e as resultantes de cenários comparáveis foram testadas e aplicadas pelos mesmos.

As pesquisas feitas na revisão bibliográfica, em teses, artigos e livros, foram importantes para subsidiar o trabalho de campo que será apresentado neste capítulo.

O trabalho foi desenvolvido por meio das seguintes etapas que serão descritos adiante: revisão bibliográfica, coleta dos dados, elaboração do modelo de simulação, análise dos dados e conclusão.

3.1 ESTUDO DE CASO

Para realização deste trabalho, inicialmente foi feita a revisão de literatura a respeito de como os softwares de simulação de sistemas funcionam, em específico o Promodel, e suas principais ferramentas associadas aos conceitos de tempo. A maioria dos mecanismos por trás dessas ferramentas foram estudados, pelos membros do grupo, para que assim pudessem entender e aplicar os benefícios disponíveis.

Adicionalmente, determinadas as informações relevantes para a elaboração e comparação dos cenários obtidos, foi possível a alocação de soluções potenciais e sugestões de melhorias a serem aplicadas no laboratório.

Além disso, a revisão bibliográfica implicou em pesquisas dos conceitos sobre a teoria de filas e tempos. Dessa forma, elaborou-se a introdução e o detalhamento das principais variáveis de saída para a composição dos cenários obtidos. O estudo também apresentou diferentes possibilidades de como interpretar os resultados, levando em consideração os métodos de aplicação da teoria das filas.

Foi possível relatar e estabelecer todo o conteúdo teórico como embasamento para o desenvolvimento do estudo. Entretanto, foram necessárias pesquisas buscando evidências recentes e menos atuais, especialmente por laboratórios terem desenvolvido uma tendência

relacionada à pandemia da Covid-19. Necessitou-se uma melhor compreensão de forma a levar essa situação em consideração.

3.2 DEFINIÇÃO DE ESTUDO

As premissas iniciam-se após a definição das possíveis variáveis, por meio de suposições feitas ao longo do estudo e de cenários determinados, podendo ou não ser baseados em dados históricos.

A realização desse estudo, baseia-se em dados numéricos, históricos e atuais, relativos às análises no laboratório e a utilidade deles para diferenciação dos cenários obtidos. As ferramentas do Promodel buscam auxiliar o encontro do melhor cenário com o objetivo de diminuir o tempo de espera nas etapas de atendimento. O programa requer alguns dados específicos para realização da análise e alguns *outputs* gerados através das ferramentas Statfit e Output Viewer. Com isso em mente, foram manipulados uma quantidade de 453 dados coletados, dentre os dias 08/03 a 13/03 do ano vigente, acerca de cada possível variável para elaborar as análises.

A abrangência do modelo contempla todas as etapas envolvidas desde a chegada do paciente ao laboratório até sua liberação após a coleta ou entrega do exame requerido.

Para efeito de modelagem, os clientes foram divididos em 3 grupos: atendimento comum, atendimento preferencial e atendimento para retirada de resultados de exames.

Uma premissa considerada para a elaboração do trabalho acadêmico é o agrupamento pelos tipos de clientes e não pelo exame que realizarão no laboratório, já que o objetivo principal do estudo é a análise do fluxo de clientes e dimensionamento da instalação para criar cenários com o intuito de otimizar o desempenho do sistema.

Os clientes infantis foram alocados ao grupo de pacientes de atendimento comum; clientes que fazem coleta domiciliar foram retirados da base de dados; manipulações essas feitas para simplificar a modelagem do sistema por falta de dados e informações mais complexas.

3.3 LEVANTAMENTOS DE DADOS

Os dados coletados para a elaboração deste estudo, se deram a partir da disponibilização de resultados e informações por um dos coordenadores do próprio laboratório. Para a utilização destes dados, foi feito um contato conscientizado com o laboratório para validar a possibilidade de elaboração da pesquisa com manipulação e aplicação dos dados obtidos.

Por meio da definição do estudo apresentado no item anterior deste capítulo, os dados e as variáveis necessários para a simulação foram estabelecidos.

As tabelas 1 e 2 a seguir apresentam essas variáveis e suas respectivas unidades de medida.

Tabela 1- Variáveis e unidades

Variável	Unidade
Hora da emissão de senha	hora
Intervalos entre chegadas de clientes	min
Hora de atendimento	hora
Tempo de atendimento	min

Fonte: Grupo, 2021

Tabela 2- Dados e unidades

Dados	Unidade
Número total de atendimentos por dia	clientes
Número de atendimentos cliente comum	clientes
Número de atendimentos cliente preferencial	clientes
Número de atendimentos cliente resultado	clientes
Número de atendimentos para exame de COVID	clientes
Número de atendimentos para exame de sangue	clientes
Número de atendimentos para exame de urina	clientes
Número de atendimentos por convênio	clientes
Número de atendimentos particular	clientes

Fonte: Grupo, 2021

Foi feita uma ANOVA (análise de variância) que teve como objetivo comparar a média da população do tempo de atendimento para clientes com exame convênio ou particular, e assim identificar se essas médias diferem significativamente entre elas. Observou-se que as médias são estatísticas diferentes, então o modelo terá duas curvas de tempo separadas, uma para clientes de convênio e outra para particular.

Tabela 3- Análise de Variância: Convênio vs. Particular

Anova: fator único				
RESUMO				
Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
CONVÊNIO	412	2429,4	5,896601942	16,61263465
PARTICULAR	41	310,3	7,568292683	31,98280951

ANOVA						
Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor - P*	*F crítico*
Entre grupos	104,2064845	1	104,2064845	5,797029053	0,016453845	3,862160058
Dentro dos grupos	8107,105223	451	17,97584307			
Total	8211,311708	452				

Fonte: Grupo, 2021

Figura 13- Teste de hipóteses

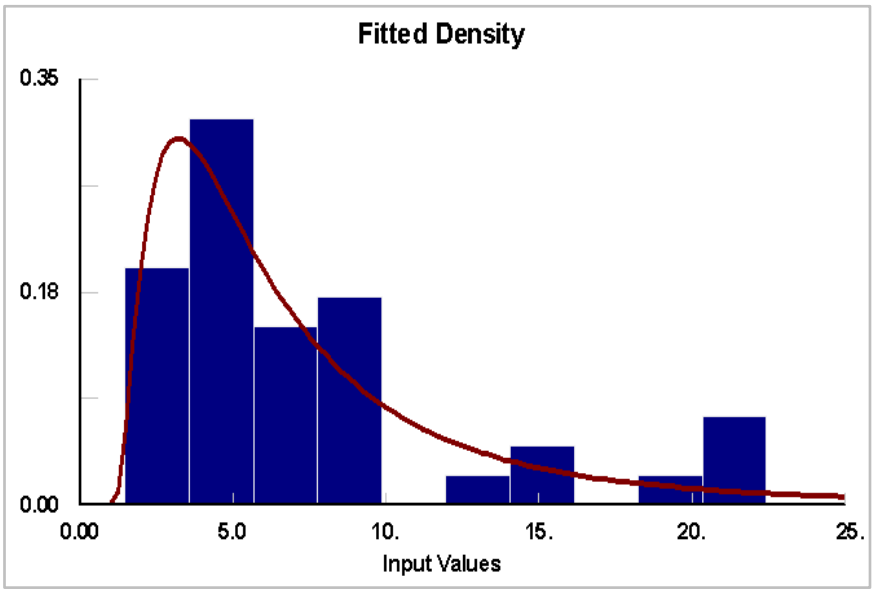
Ho; Média convênio **=** Média particular		
H1: Média convênio **<>** Média particular		
se **F > F** crítico; rejeita Ho	**OU**	se valor - **P < 0.05**; rejeita Ho
se **F < F** crítico; aceita Ho		se valor - **P > 0.05**; aceita Ho

Fonte: Grupo, 2021

Pela tabela acima, tem-se que: F > F crítico e P<0.05 o que rejeita a hipótese Ho, ou seja, existe uma diferença estatística entre o tempo do atendimento do cliente particular e o cliente de convênio.

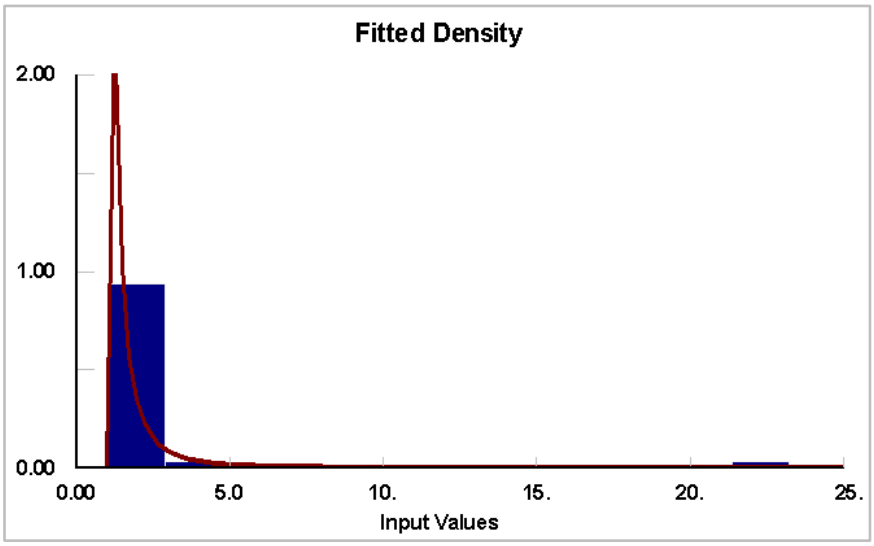
Os histogramas a seguir ilustram as curvas de atendimento de clientes por convênio e particular, geradas com o auxílio da ferramenta StatFit para análise dos dados e para seleção das curvas estatísticas que melhor representam a distribuição de cada tipo de variável. Por fim, estas curvas serão usadas como *input* no modelo de simulação.

Figura 14- Histograma curva de atendimento convênio.



Fonte: Grupo, 2021

Figura 15- Histograma curva de atendimento particular.



Fonte: Grupo, 2021

A tabela abaixo representa os parâmetros de atendimento para cada tipo de cliente.

Tabela 4- Parâmetros de atendimento

Atendimento Comum			
Amostra Total	Tempo Máx	Mediana	Quantidade Máxima
453	28,78	3,5	19
Atendimento comum	Tempo Min	Desvio Padrão	Quantidade Mínima
301	1,12	5,1	0
Proporção	Tempo Médio	Média	
66%	6,36	5,0	
Atendimento Preferencial			
Amostra Total	Tempo Máx	Mediana	Quantidade Máxima
453	22,4	1,0	7
Atendimento prioritário	Tempo Min	Desvio Padrão	Quantidade Mínima
121	1,13	2,3	0
Proporção	Tempo Médio	Média	
27%	6,28	2,0	
Atendimento Resultados			
Amostra Total	Tempo Máx	Quantidade Máxima	Mediana
453	23,17	3,0	0
Atendimento resultados	Tempo Min	Quantidade Mínima	Desvio Padrão
31	1,02	0,0	1
Proporção	Tempo Médio	Média	
7%	2,14	0,5	

Fonte: Grupo, 2021

Outra ANOVA foi feita com o objetivo de comparar os tempos de atendimento de comum e atendimento prioritário (preferencial), e assim foi possível identificar que não há diferença significativa entre eles, podemos considerar uma curva para ambos, diferenciando apenas de convênio e particular, com curvas diferentes de análise. Dessa forma não será necessário detalhar uma curva de atendimento diferenciado entre cliente preferencial e comum.

Tabela 5- Análise de Variância: Comum vs. Preferencial

Anova: fator único				
RESUMO				
Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
PREFERENCIAL	121	760,13	6,282066	16,00244
COMUM	301	1913,09	6,355781	17,73455

ANOVA						
Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	0,468972	1	0,468972	0,027203	0,869076	3,863695
Dentro dos grupos	7240,659	420	17,23966			
Total	7241,128	421				

Fonte: Grupo, 2021

3.4 MODELAGEM

O funcionamento do laboratório é de segunda à sexta-feira das 06h00 às 17h00 e aos finais de semana das 07h00 às 12h00 contando com um quadro de funcionários de 5 recepcionistas e 5 enfermeiras para o primeiro turno das 06h00 às 12h00, decaindo para 2 recepcionistas e 4 enfermeiras para o 2º turno que vai das 12h00 até o final do expediente.

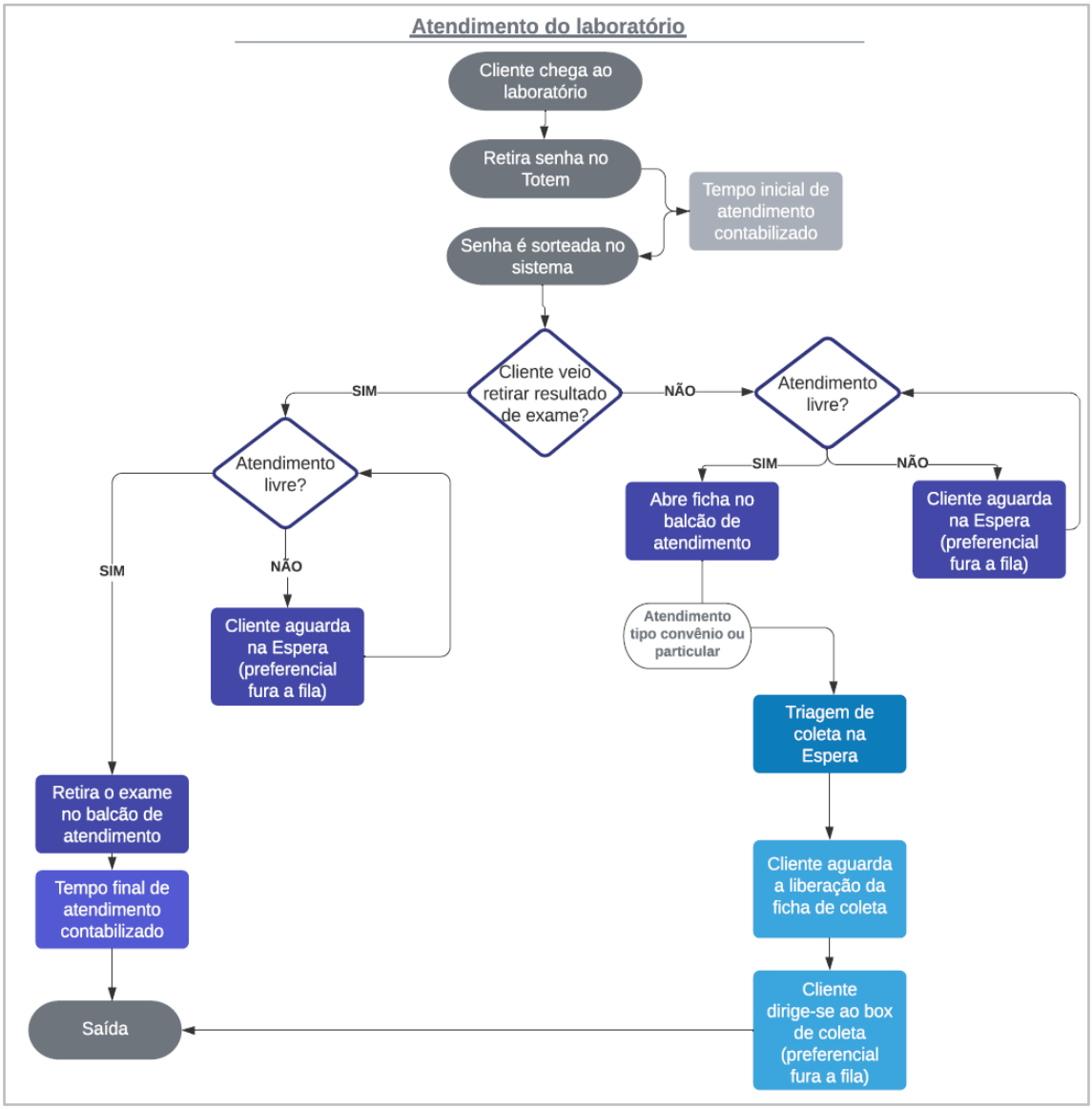
Os exames disponibilizados para estudo foram: análises clínicas (sangue), urina e covid.

O procedimento de atendimento do laboratório funciona da seguinte forma:

- O cliente chega ao laboratório e retira uma senha no totem identificando qual o tipo de serviço que efetuará, sendo eles: retirada de exames ou coleta local;
- Se optar por retirada de exame, deve aguardar na Espera até que sua senha seja sorteada no painel e então deve seguir para o balcão de atendimento para retirada do(s) exame(s) e está liberado para saída;
- Se optar por coleta local, deve aguardar na Espera até que sua senha seja sorteada no painel e então deve seguir para o balcão de atendimento para abertura de ficha;
- Após abertura de ficha, o cliente deve se dirigir novamente para a sala de Espera e aguardar ser chamado pela enfermeira para realizar a(s) coleta(s); e
- Posterior a coleta, o cliente estará liberado para saída;

O fluxograma a seguir mostra o funcionamento básico do laboratório:

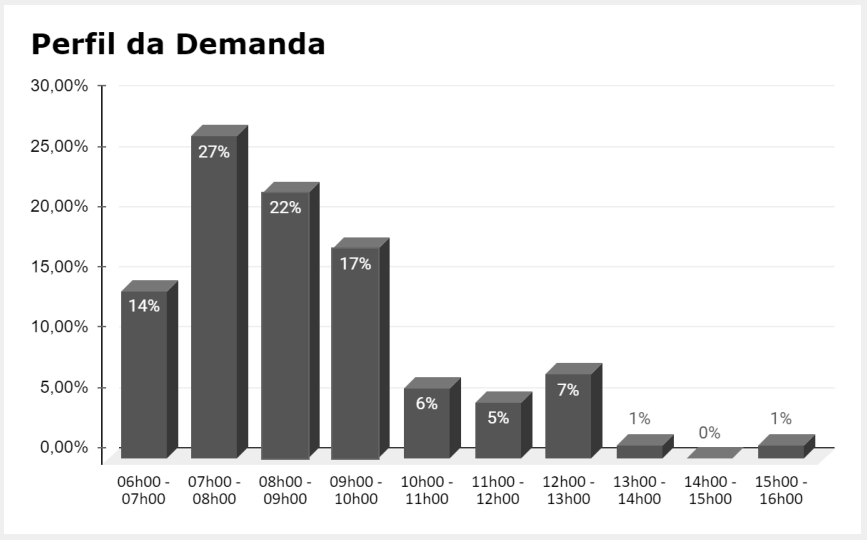
Figura 16- Fluxograma



Fonte: Grupo, 2021

A chegada de clientes no laboratório está sujeita a um perfil da demanda representado na figura abaixo. Este gráfico foi feito por meio de dados fornecidos pelo laboratório do período do dia 08/03 ao dia 13/03 e escolhido o dia de pico para a construção do perfil.

Figura 17- Perfil da demanda de pacientes



Fonte: Grupo, 08/03 a 13/03

Desta forma, a quantidade de pacientes atendidos no dia para os exames disponibilizados torna-se um parâmetro do modelo, já que será considerado o dia de pico (mais crítico) para análise do sistema, tendo sua chegada compassada de acordo com as quantidades definidas no perfil de chegadas acima, considerando dentro de cada intervalo de uma hora, as chegadas em taxas constantes.

O modelo terá em um primeiro momento as seguintes capacidades:

- Balcão de atendimento: capacidade máxima para atender 5 clientes simultaneamente;
- Espera para atendimento no balcão e para coleta de exames: capacidade na sala de espera de 36 cadeiras, porém com as medidas de distanciamento adotadas no combate ao coronavírus somente 18 cadeiras podem ser utilizadas;
- Salas para coleta de exame de sangue: capacidade de atender 8 clientes simultaneamente;
- *Toilettes* para coleta de exame de urina: capacidade de atender 3 clientes simultaneamente, mas esse tipo de análise não foi considerado.

3.5 DESENVOLVIMENTO

A planta utilizada no ProModel foi desenvolvida pelo grupo a partir de alguns esboços e desenhos técnicos disponibilizados pelo laboratório com informações e cotas do local que foram seguidas e adaptadas no ProModel para as devidas escalas.

Figura 18 Imagem do modelo desenvolvido no ProModel

Fonte: Grupo, 2021

Na planta acima, é possível observar a entrada no canto inferior esquerdo seguida pela sala de espera e recepção do laboratório. Na parte central ficam 6 salas de coleta, um café para retirada do kit lanche após o exame e um jardim de inverno. Existem ainda mais duas salas maiores para coletas da categoria infantil dispostas a direita na representação gráfica e entre o jardim e as salas infantis se encontram 3 *toilettes*.

3.5.1 Locais

O primeiro passo dado foi criar os locais no modelo com suas devidas nomenclaturas:

- Entrada/ local de chegada do cliente: CHEGADA
- Totem de Senha: SENHA
- Sala de espera: SALA_DE_ESPERA
- Bancada da recepção: RECEPCAO
- Salas de coleta: COLETA

Foram retirados todos os sinais diacríticos na nomenclatura por conta do software ser de origem americana.

Na figura abaixo os locais, suas capacidades e quantidades estão listados conforme a linguagem do software.

Figura 19- Locais

Locais

Ícone	Nome	Cap.	Unidade
	CHEGADA	INF	1
	SENHA	1	1
	SALA_DE_ESPERA	18	1
	RECEPCAO	1	4
	RECEPCAO.1	1	1
	RECEPCAO.2	1	1
	RECEPCAO.3	1	1
	RECEPCAO.4	1	1
	COLETA	1	8
	COLETA.1	1	1
	COLETA.2	1	1
	COLETA.3	1	1
	COLETA.4	1	1
	COLETA.5	1	1
	COLETA.6	1	1
	COLETA.7	1	1
	COLETA.8	1	1

Fonte: Grupo, 2021

3.5.2 Entidades

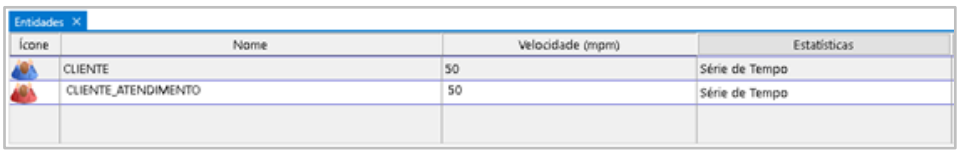
As entidades dizem respeito ao que está sendo movimentado e simulado, pode ser um objeto, peças, produto, pessoas.

Na modelagem em questão foram criadas duas entidades com as seguintes nomenclaturas: CLIENTE e CLIENTE_ATENDIMENTO. Este último se refere ao cliente após ser atendido na recepção. Apesar de existirem duas entidades, elas representam o mesmo cliente no sistema, só que em momentos diferentes.

Na imagem a seguir, os ícones de cada entidade estão em cores diferentes com o intuito de identificar e diferenciar os clientes que estão em fila de atendimento e fila de coleta.

A velocidade de movimentação de entidades é de extrema importância para que o modelo simule as movimentações em condições físicas reais. Logo, considerou-se a velocidade média padrão para pessoas de 50 metros por minuto.

Figura 20- Diferenciação de cores nos ícones de cada Entidade.



Entidades

Ícone	Nome	Velocidade (mpm)	Estatísticas
	CLIENTE	50	Série de Tempo
	CLIENTE_ATENDIMENTO	50	Série de Tempo

Fonte: Grupo, 2021

3.5.3 Chegadas

As chegadas são as entidades que entram no modelo durante a simulação. São determinados os locais e as quantidades, ocorrências e frequências das chegadas dos clientes.

O trabalho apresenta três lógicas de chegada, que definem os tipos de clientes que chegam no sistema. Houve essa divisão, pois existem três frequências diferentes de chegada: atendimento comum, atendimento preferencial e retirada/ pendência de exames.

As frequências de cada chegada foram retiradas do banco de dados fornecido pelo laboratório e foram criados ciclos de chegada conforme as informações dadas.

Tabela 6- Demanda atendimento comum.

10/03		
Atendimento Comum	**Demanda**	**Intervalo entre chegadas (%)**
06h00 - 07h00	5	7,35%
07h00 - 08h00	19	27,94%
08h00 - 09h00	17	25,00%
09h00 - 10h00	13	19,12%
10h00 - 11h00	4	5,88%
11h00 - 12h00	4	5,88%
12h00 - 13h00	5	7,35%
13h00 - 14h00	1	1,47%
14h00 - 15h00	0	0,00%
15h00 - 16h00	0	0,00%
	68	100,00%

Fonte: Grupo, 2021

Tabela 7- Demanda atendimento preferencial.

10/03		
Atendimento Preferencial	**Demanda**	**Intervalo entre chegadas (%)**
06h00 - 07h00	7	43,75%
07h00 - 08h00	2	12,50%
08h00 - 09h00	2	12,50%
09h00 - 10h00	2	12,50%
10h00 - 11h00	1	6,25%
11h00 - 12h00	0	0,00%
12h00 - 13h00	1	6,25%
13h00 - 14h00	0	0,00%
14h00 - 15h00	0	0,00%
15h00 - 16h00	1	6,25%
	16	100,00%

Fonte: Grupo, 2021

Tabela 8- Demanda retirada de resultados.

10/03		
Atendimento Resultados	Demanda	Intervalo entre chegadas (%)
06h00 - 07h00	0	0%
07h00 - 08h00	2	100%
08h00 - 09h00	0	0%
09h00 - 10h00	0	0%
10h00 - 11h00	0	0%
11h00 - 12h00	0	0%
12h00 - 13h00	0	0%
13h00 - 14h00	0	0%
14h00 - 15h00	0	0%
15h00 - 16h00	0	0%
	2	100%

Fonte: Grupo, 2021

3.5.4 Rede de caminho

As redes de caminhos definem o percurso para recursos dinâmicos, representados por corredores, trilhos, pistas, por onde pessoas ou veículos passam. Esse elemento é importante para mostrar os possíveis trajetos no sistema e limitar fisicamente os movimentos que seriam impossíveis na realidade, como atravessar paredes e objetos. As redes ainda estão ligadas a interfaces que determinam onde cada nó da rede representa um local.

As distâncias entre os locais são consideradas, e entre cada nó é possível ver a distância que a entidade irá percorrer.

Figura 21- Distâncias entre os nós.

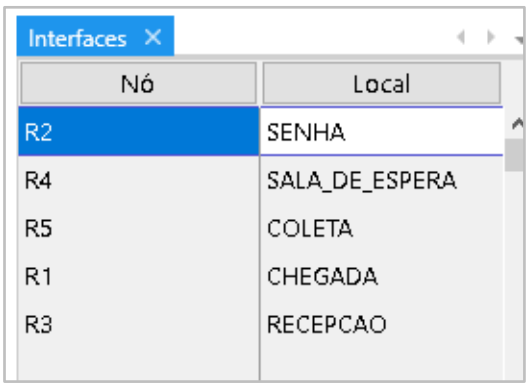
Caminhos

De	Para	Bi	Distância
R1	R2	Bi	8.81
R2	R3	Bi	3.87
R3	R4	Bi	2.50
R4	R5	Bi	14.55

Fonte: Grupo, 2021

E para cada nó (R1; R2; R3; R4; R5) existem seus respectivos locais, interfaces, conforme mostrado na figura logo em seguida.

Figura 22- Locais para cada nó.



Fonte: Grupo, 2021

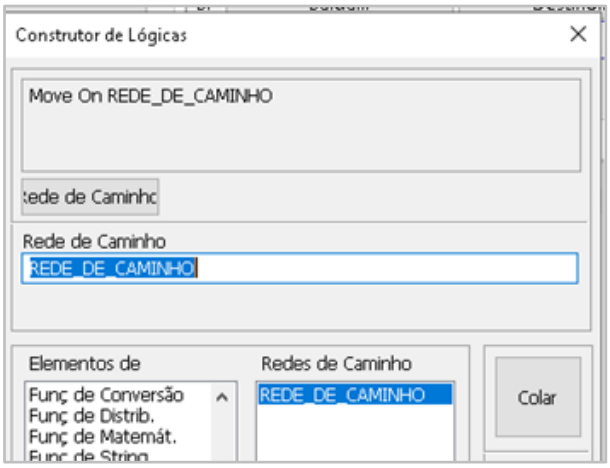
Com a rede de caminhos criada, o modelo fica com linhas azuis que representam as redes de caminho e pontos azuis, nós, que representam os locais.

Figura 23- Redes de caminho no modelo esquemático.

Fonte: Grupo, 2021

A lógica de movimento utilizada em todos os roteamentos foi baseada na rede de caminho descrita.

Figura 24- Lógica de roteamento.



Fonte: Grupo, 2021

3.5.5 Recursos

Os recursos são responsáveis por performar ações, geralmente nas entidades e podem ser agentes estáticos ou móveis, representam pessoas, máquinas e ferramentas que são limitados por quantidade e restringem o sistema.

No laboratório os recursos utilizados são as recepcionistas e as enfermeiras que são acionadas quando uma entidade (CLIENTE ou CLIENTE_ATENDIMENTO) passa pela recepção ou sala de coleta. No sistema atuam um total de 9 enfermeiras e 7 recepcionistas em dois diferentes turnos.

No software foram criados os recursos (figura 23) e a designação de turnos (figura 24).

Figura 25- Recursos.

Recursos

Ícone	Nome	Unid.	Paradas...	Estatísticas
	Enfermeira	9	Nenhuma	Por Unidade, Série de
	Recepcionista	7	Nenhuma	Por Unidade, Série de

Fonte: Grupo, 2021

Figura 26- Designação de turnos.

Designações de Turno

Locais...	Recursos...	Arquivo de Calendário...
	Enfermeira (1-5)	Turno01.pmcal
COLETA, RECEPCAO	Enfermeira (6-9)	Turno02.pmcal
		Turno_geral.pmcal
	Recepcionista (1-5)	Turno01.pmcal
	Recepcionista (6-7)	Turno02.pmcal

Fonte: Grupo, 2021

3.5.6 Processamento

No processamento, são definidos os fluxos de entidades dentro do sistema, são estabelecidos quais atividades e tarefas acontecem, onde acontecem, para onde as entidades são encaminhadas e como elas chegam lá.

Foi então definido o processamento do modelo conforme o fluxograma mostrado na figura 16.

Abaixo estão os fluxos possíveis na modelagem:

Figura 27- Primeira movimentação do CLIENTE.

Entidade...	Local...	Operação...
CLIENTE	CHEGADA	a_tempo_fila=Clock(min)

Bl	Saída...	Destino...	Regra...	Lógica de Movimento
1	CLIENTE	SENHA	FIRST 1	Move On REDE_DE_CAMIN

Fonte: Grupo, 2021

Então:

Figura 28- Segunda movimentação do CLIENTE.

Processo

Entidade...	Local...	Operação...
CLIENTE	SENHA	//tempo da senha (ajustar)Wait 10 sec

Roteamento

Bl	Saída...	Destino...	Regra...	Lógica de Movimento
1	CLIENTE	RECEPCAO	FIRST 1	Move On REDE_DE_CAMIN
	CLIENTE	SALA_DE_ESPERA	FIRST	Move On REDE_DE_CAMIN

Fonte: Grupo, 2021

Neste momento, existem duas possibilidades de movimento que está relacionada à capacidade da recepção, ou seja, se a recepção não estiver livre para atender o cliente, este irá se direcionar à sala de espera e então ocorrerá uma nova movimentação.

Figura 29- Movimentação do cliente para recepção ou sala de espera.

Processo

Entidade...	Local...	Operação...
CLIENTE	SALA_DE_ESPERA	If A_tipo_cliente=1 Then Route 1 // preferen

Roteamento

Bl	Saída...	Destino...	Regra...	Lógica de Movimento
1	CLIENTE	RECEPCAO, 10	FIRST 1	Move On REDE_DE_CAMIN
2	CLIENTE	RECEPCAO, 0	FIRST 1	Move On REDE_DE_CAMIN

Fonte: Grupo, 2021

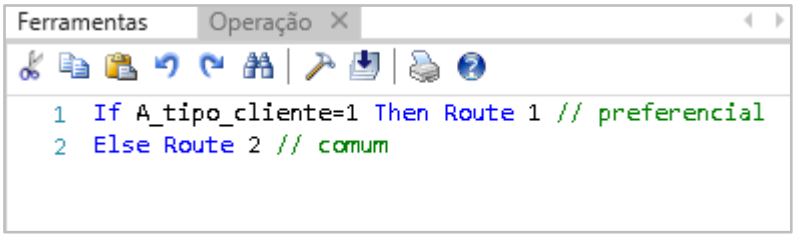
No modelo há dois blocos de roteamento com prioridades diferentes. Por conta disso, foram criados atributos para atendimento comum e preferencial, pois a prioridade de atendimento é maior para os clientes preferenciais.

Na operação, quando entra um cliente “A_tipo_cliente=1”, nome do atributo dado ao cliente tipo preferencial, o roteamento usado é do bloco 1, com prioridade igual a 10, e quando

chega um cliente nomeado “A_tipo_cliente=2”, atributo para o cliente comum, com prioridade inferior no atendimento.

Na figura abaixo, é possível observar a lógica da operação no modelo.

Figura 30- Lógica de operação no modelo.



Fonte: Grupo, 2021

Os atributos foram nomeados no ProModel da seguinte forma:

Figura 31- Atributos no modelo.

Nome	Tipo	Classificação
A_tipo_cliente	Inteiro	Ent
a_tempo_fila	Inteiro	Ent

Fonte: Grupo, 2021

Após a entidade CLIENTE passar pela recepção, ela se torna a entidade CLIENTE_ ATENDIMENTO. Este irá para a sala de coleta ou para a sala de espera aguardar vagas disponíveis na coleta. A prioridade de roteamento para clientes já atendidos na sala de espera é 10 em relação a clientes que ainda não foram atendidos e estão na sala de espera aguardando vaga na recepção.

Figura 32- Roteamento da recepção para sala de coleta.

Processo

Entidade...	Local...	Operação...
CLIENTE	RECEPCAO	tempo_fila_recepcao = Clock(min)-a_tempo_

Roteamento

Bl	Saída...	Destino...	Regra...	Lógica de Movimento
1	CLIENTE_ATENDIMENTO	COLETA	FIRST 1	Move On REDE_DE_CAMIN
	CLIENTE_ATENDIMENTO	SALA_DE_ESPERA, 10	FIRST	Move On REDE_DE_CAMIN
2	CLIENTE_ATENDIMENTO	EXIT	FIRST 1	Move On REDE_DE_CAMIN

Fonte: Grupo, 2021

Através de um teste de hipóteses foi admitido que os tempos de atendimento preferencial e comum tem a mesma distribuição e geram a mesma curva de distribuição dos tempos, porém outro teste foi feito entre os tempos de atendimento convênio e particular, e estes por sua vez apresentaram diferenças significativas, conforme apontado nas tabelas 3 e 7.

Foi então dividido os tempos de atendimento comum ou preferencial em 2 curvas: atendimento preferencial e comum do tipo convênio e atendimento preferencial e comum do tipo particular. Logo foi gerado uma lógica de processamento para cada curva e um segundo bloco de roteamento para clientes do tipo pendência/ resultado que após atendimento já finaliza sua participação e deixa o laboratório.

Figura 33- Lógica de operação.

```
Ferramentas   Operação
1  tempo_fila_recepcao = Clock(min)-a_tempo_fila
2  //tempo de fila até recepcao
3
4  //capturar a recepcionista
5  Get Recepcionista
6
7  If A_tipo_cliente=1 Or A_tipo_cliente=2 Then // preferencial OU COMUM
8  {
9      If A_CONVENIO=1 Then Wait 1+4.19*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./2.56)  min
10      //curva do tempo de atendimento ( pref/ou comum) convênio
11     Else Wait 1+L(6.75, 7.08)  min
12     // curva de atendimento (pref/ ou comum) particular
13     Free All
14     a_tempo_fila= Clock(min)
15     Route 1
16 }
17 Else // RETIRAR EXAMES
18 {
19      Wait 1+P6(1.32, 1.37, 0.295) min // colocar tempo do resultado
20      Free All
21      a_tempo_fila= Clock(min)
22      Route 2
```

Fonte: Grupo, 2021

Caso o cliente saia da recepção, e vá para a sala de espera, o próximo movimento é aguardar vaga na coleta conforme a movimentação abaixo.

Figura 34- Movimento do CLIENTE_ATENDIMENTO.

Processo

Entidade...	Local...	Operação...
CLIENTE_ATENDIMENTO	SALA_DE_ESPERA	

Roteamento

BI	Saída...	Destino...	Regra...	Lógica de Movimento
1	CLIENTE_ATENDIMENTO	COLETA	FIRST 1	Move On REDE_DE_CAMIN

Fonte: Grupo, 2021

O último processamento se dá quando o CLIENTE_ATENDIMENTO vai para a coleta e em seguida para a saída.

Figura 35- Último processamento do CLIENTE_ATENDIMENTO.

Processo

Entidade...	Local...	Operação...
CLIENTE_ATENDIMENTO	COLETA	tempo_fila_exame=Clock(min)-a_tempo_filaw

Roteamento

Bl	Saída...	Destino...	Regra...	Lógica de Movimento
1	CLIENTE_ATENDIMENTO	EXIT	FIRST 1	Move On REDE_DE_CAMIN

Fonte: Grupo, 2021

O tempo de operação na coleta está sob uma distribuição triangular de 8 minutos com mínimo de 6 e máximo de 10 minutos. Essa curva foi gerada por meio de relatos das enfermeiras sobre os tempos nas coletas. Apesar de não ter sido contabilizado, foi afirmado a média de 8 minutos por coleta, independentemente do tipo de cliente e tipo de coleta.

Figura 36- Tempo de operação na coleta.

Ferramentas | Operação

```
1  tempo_fila_exame=Clock(min)-a_tempo_fila
2
3  wait T(6,8,10)
```

Fonte: Grupo, 2021

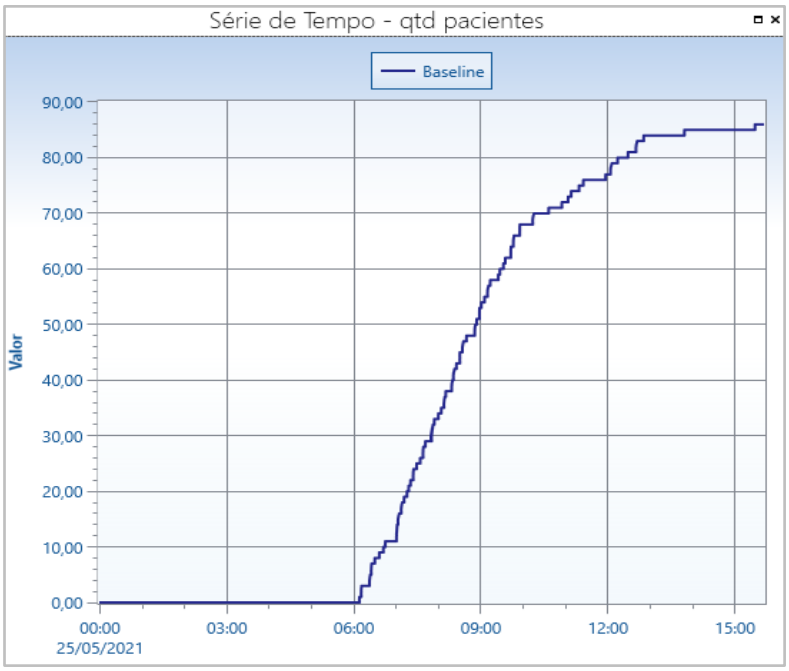
3. 6 VALIDAÇÃO

O processo de validação do modelo consiste em avaliar o modelo desenvolvido e comparar os resultados reais. Nesse processo é muito importante analisar cada output e comparar com o banco de dados real, afinal, depois de validado, serão feitos diferentes cenários com a proposta de otimizar e/ou melhorar o nível de serviço de atendimento. Assim, para os cenários serem considerados possíveis os parâmetros base deve estar condizentes

A primeira validação feita foi a visual, enquanto o modelo estava rodando, uma inspeção visual foi realizada e concluiu-se que todos os fluxos estavam acontecendo corretamente.

Outra validação foi as frequências de chegadas que apresentaram resultados assertivos conforme mostrado na figura 38, que faz relação com a figura 18 de perfil da demanda.

Figura 37- Quantidade de chegadas por hora.



Fonte: Grupo, 2021

Outra planilha que demonstra que os resultados obtidos são reais é a de sumário de variáveis que mostra quantos clientes entram no dia e qual foi o tempo da entidade nas filas do sistema além do tempo médio da entidade no sistema.

Figura 38- Sumário de entidades e variáveis.

Sumário de Entidades

Nome	Total de Saídas	Quantidade Atual no Sistema	Tempo Médio no Sistema (Min)	Tempo Médio em Lógica de Movimento (Min)
CLIENTE ATENDIMENTO	86,00	0,00	14,86	0,59

Sumário de Variáveis

Nome	Total de Mudanças	Tempo Médio entre Mudanças (Min)	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Atual	Valor Médio
tempo fila recepcao	86,00	10,80	0,43	1,63	0,89	0,94
tempo fila exame	84,00	11,11	0,34	1,33	0,99	0,76

Fonte: Grupo, 2021

O modelo foi considerado válido, todos os processos e tempos foram testados e o sistema está pronto para teste de novos cenários.

4 ANÁLISES

Algumas premissas para análise dos cenários foram consideradas, sendo elas:

1. Atendimento de 100% da demanda;
2. Considerar uma ociosidade mínima planejada de 30%, afinal há atividades não modeladas que demanda tempo do funcionário como: troca de turno, conversa com a supervisão, banheiro, água, etc; e
3. Tempo de fila de atendimento em um percentil de 95%: menor ou igual a 10 minutos, determinando o nível de serviço.

O primeiro cenário simulado no Pro Model, Cenário 0, é a situação atual em que o laboratório atua.

4.1 CENÁRIO 0: BASELINE

Levando em consideração o dia de pico (10 de março, quarta-feira) na simulação, o cenário Baseline retrata a realidade do laboratório, no qual os dados reais foram utilizados sem alterações.

Tabela 9- Número de recursos em cada turno, cenário Baseline.

Cenário Baseline	Turno 1	Turno 2
Recepcionista	5	2
Enfermeira	5	4
Demanda	86	

Fonte: Grupo, 2021

A tabela 9, demonstra a quantidade de recursos por turno que foi utilizado no cenário Baseline (atual).

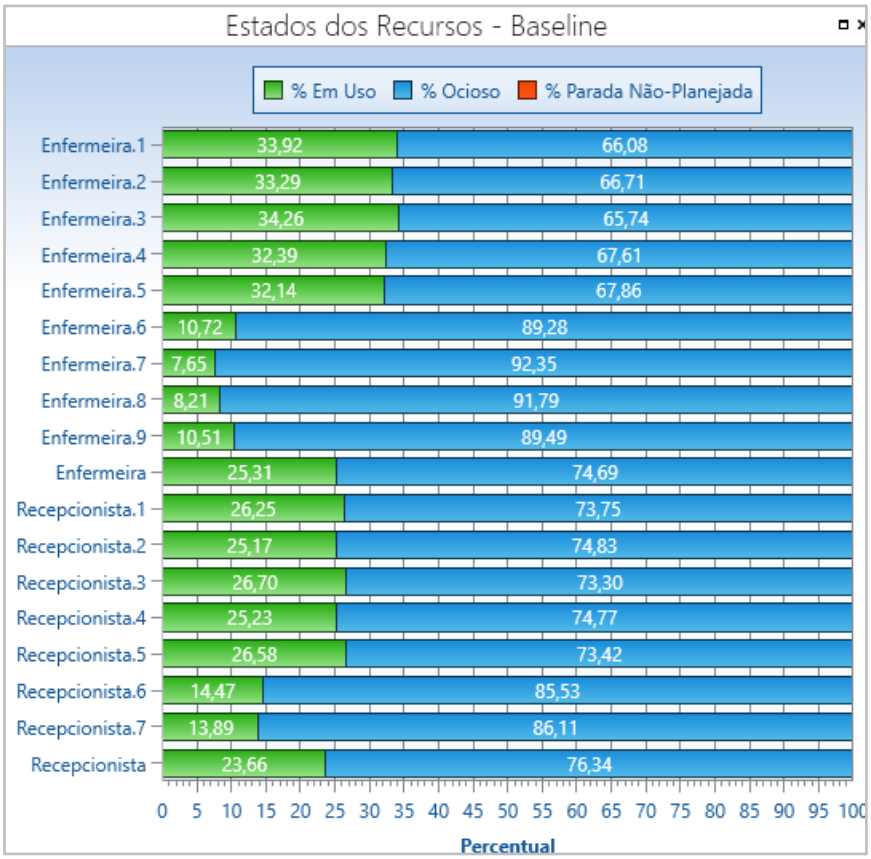
Figura 39- Sumário de Entidades, cenário Baseline.

Sumário de Entidades		
Nome	Total de Saídas	
CLIENTE ATENDIMENTO	86,00	

Fonte: Grupo, 2021

Sendo assim, na figura 20 é perceptível um total de 86 clientes atendidos, ou seja, a demanda em sua totalidade.

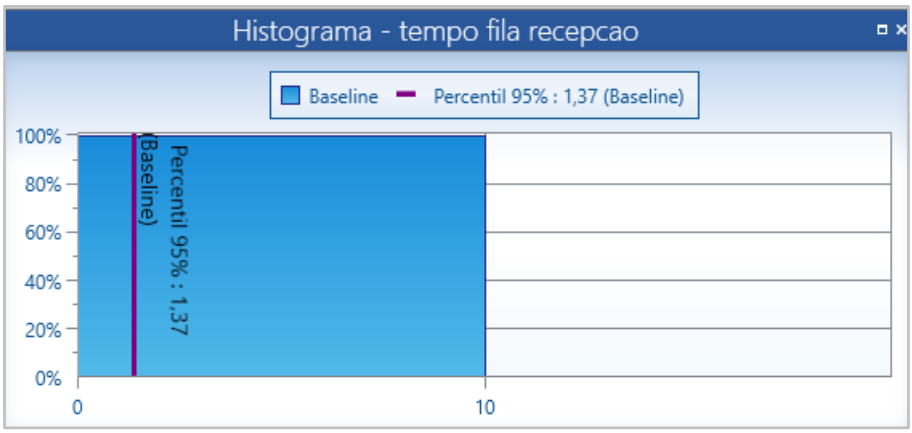
Figura 40- Estado dos Recursos, cenário Baseline.



Fonte: Grupo, 2021

O cenário atual atende às premissas estabelecidas, porém o intuito das simulações é buscar soluções otimizadas. Sendo assim, pela percepção da alta ociosidade por parte dos recursos, 74,69% de enfermeira e 76,34% de recepcionista, novas simulações serão executadas em ambos os turnos a fim de reduzir as ociosidades através da diminuição de recursos (diminuição do custo operacional).

Figura 41- Histograma do tempo de fila na recepção, cenário Baseline.

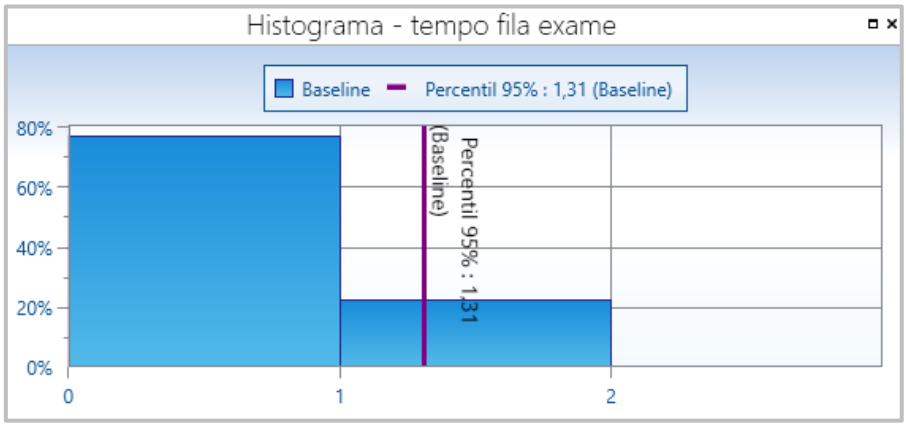


Fonte: Grupo, 2021

De acordo com o histograma de tempo de fila na recepção, 95% dos clientes foram atendidos em até 1,37 minutos e os outros 5% foram atendidos em até 10 minutos, demonstrando uma eficiência no atendimento.

Já o histograma de tempo de fila do exame, teve 100% da sua demanda atendida em até 2 minutos.

Figura 42- Histograma do tempo de fila do exame, cenário Baseline.



Fonte: Grupo, 2021

Analisando os histogramas e seus respectivos tempos de atendimento, conclui-se que os dados estão condizentes com a demanda atendida dentro dos parâmetros esperados.

A tabela a seguir apresenta uma visão consolidada dos dados relacionados ao cenário base (atual).

Figura 43- Tabela valores consolidados, cenário Baseline.

Cenário Baseline	Turno 1	Turno 2
Recepcionista	5	2
Enfermeira	5	4
Qtde. Atendimento Comum	68	
Qtde. Atendimento Prioritário	16	
Qtde. Atendimento Resultados	2	
Estados médio recurso - Recepcionista	23,66% (em uso)	
Estados médio recurso - Enfermeira	25,31% (em uso)	
Tempo de fila - Recepção	0,94 min	
Tempo de fila - Exame	0,76 min	
Tempo no sistema	14,86 min	
Total Atendimentos	86	
Percentil 95% recepção	1,39 min	

Fonte: Grupo, 2021

O modelo mostra que na situação atual, o laboratório consegue atender 100% da demanda com um nível de serviço excelente. Entretanto, há uma grande ociosidade dos recursos, demonstrando que há oportunidade de redução do custo operacional pela redução de funcionários.

4.2 CENÁRIO 1: PRODUTIVIDADE

O primeiro cenário simulado no ProModel é um cenário de produtividade em que as considerações feitas foram baseadas na demanda atual e as três simulações executadas foram baseadas em um aumento e/ou diminuição dos recursos enfermeira e recepcionista.

4.2.1 Simulação 1

Parâmetros considerados para a simulação 1 estão descritos na tabela abaixo.

Tabela 10- Número de recursos em cada turno na simulação 1, cenário Produtividade.

	Simulação 1	
Cenário Produtividade	Turno 1	Turno 2
Recepcionista	3	2
Enfermeira	3	2
Demanda	86	

Fonte: Grupo, 2021

A figura 44 demonstra que a demanda total foi atendida, atendendo a primeira premissa, tendo uma saída de 86 clientes do sistema.

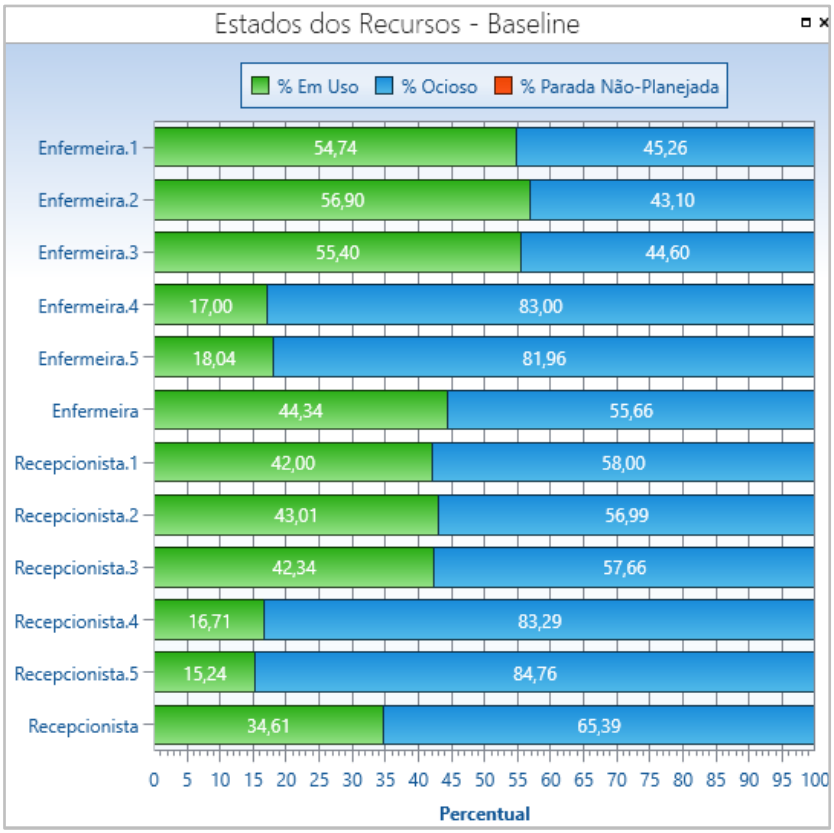
Figura 44- Sumário de Entidades da simulação 1, cenário Produtividade.

Sumário de Entidades		
Nome	Total de Saídas	
CLIENTE ATENDIMENTO	86,00	

Fonte: Grupo, 2021

Executada a simulação, considerando 5 recepcionistas e 5 enfermeiras separados por turnos, observou-se que embora a premissa de ociosidade tenha sido atendida, ou seja, os recursos possuem 55,66% de ócio das enfermeiras e 65,39% dos recepcionistas, não é um cenário otimizado, havendo a possibilidade de um quadro de funcionários mais enxuto.

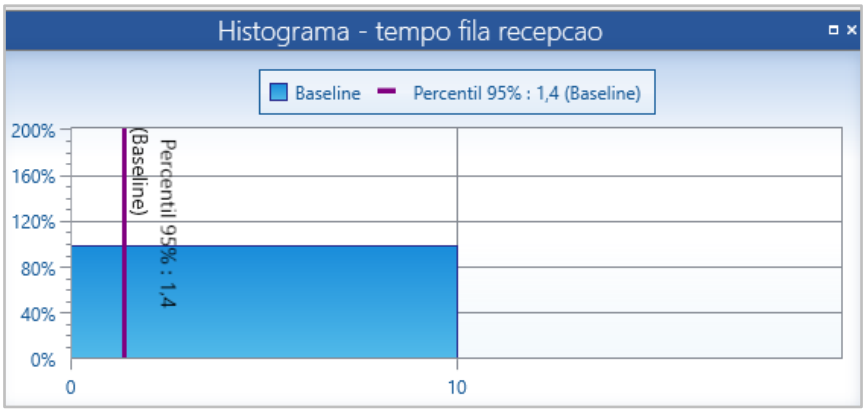
Figura 45- Utilização dos recursos na simulação 1, cenário Produtividade.



Fonte: Grupo, 2021

De acordo com o histograma de tempo de fila na recepção, 95% dos clientes foram atendidos em 1,4 minutos e os outros 5% foram atendidos em até 10 minutos, tendo a mesma eficiência de atendimento que o cenário atual.

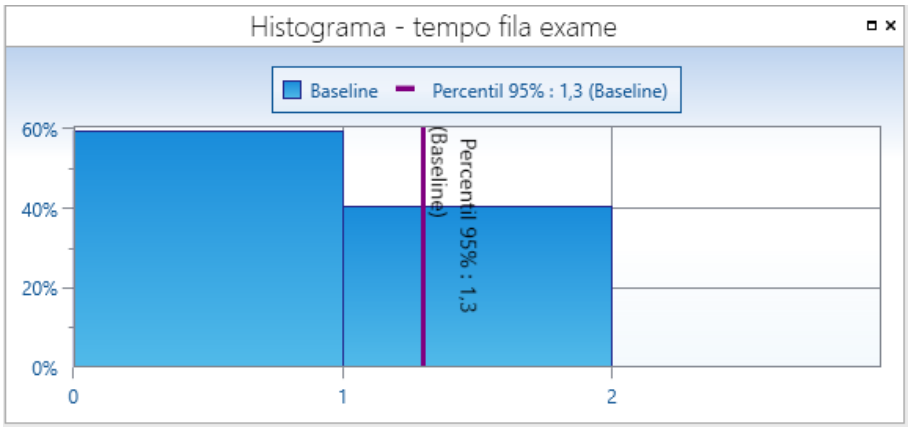
Figura 46- Histograma de tempo de fila na recepção da simulação 1, cenário Produtividade.



Fonte: Grupo, 2021

Paralelamente ao histograma anterior, o tempo de fila de exames também teve seu resultado satisfatório, atendendo 95% da demanda até 1,3 minutos e 5% restantes em até 2 minutos.

Figura 47- Histograma de tempo de fila do exame da simulação 1, cenário Produtividade.



Fonte: Grupo, 2021

4.2.2 Simulação 2

Parâmetros considerados para a simulação 2 estão descritas na tabela abaixo.

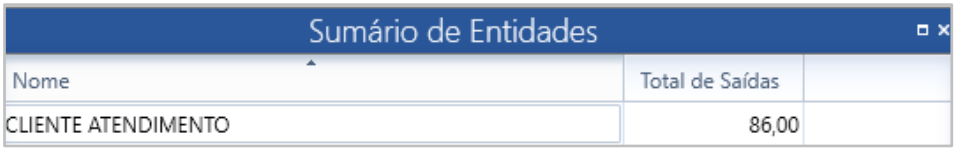
Tabela 11- Número de recursos em cada turno na simulação 2, cenário Produtividade.

	Simulação 2	
Cenário Produtividade	**Turno 1**	**Turno 2**
Recepcionista	2	1
Enfermeira	2	1
Demanda	86	

Fonte: Grupo, 2021

A figura 48 demonstra que a demanda total foi atendida, atendendo a primeira premissa, tendo uma saída de 86 clientes do sistema.

Figura 48- Sumário de Entidades da simulação 2, cenário Produtividade.



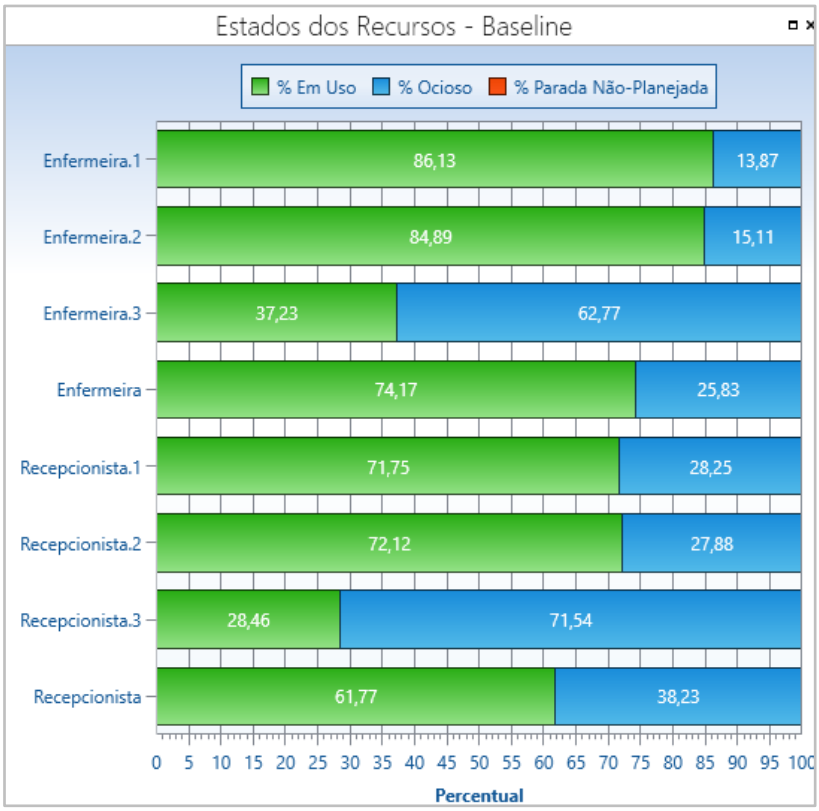
Sumário de Entidades

Nome	Total de Saídas
CLIENTE ATENDIMENTO	86,00

Fonte: Grupo, 2021

Executada a simulação, considerando 3 recepcionistas e 3 enfermeiras separados por turnos, enfatiza-se que a segunda premissa de ociosidade não foi atendida, obtendo grande parte dos seus recursos com suas utilizações maiores do que o estabelecido de 70%.

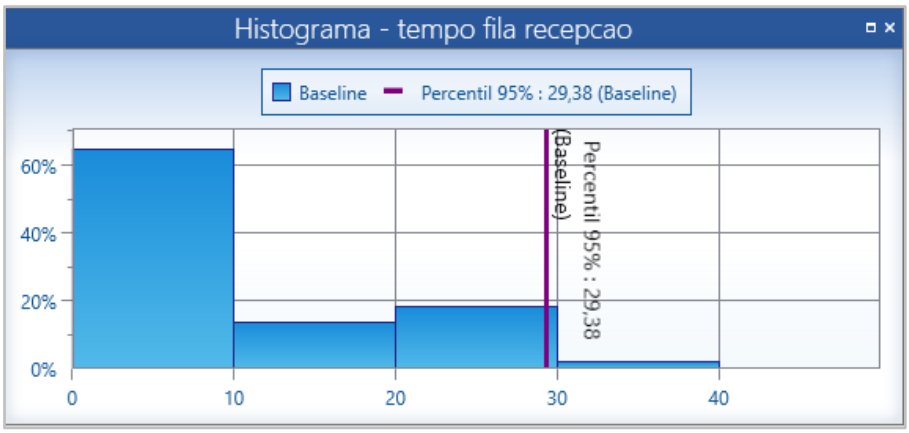
Figura 49- Utilização dos recursos na simulação 2, cenário Produtividade.



Fonte: Grupo, 2021

De acordo com o histograma de tempo de fila na recepção, 95% dos clientes foram atendidos em até 29,38 minutos também não estando em conformidade com a terceira premissa estabelecida em que o tempo de fila de recepção deveria ter no máximo 10 minutos.

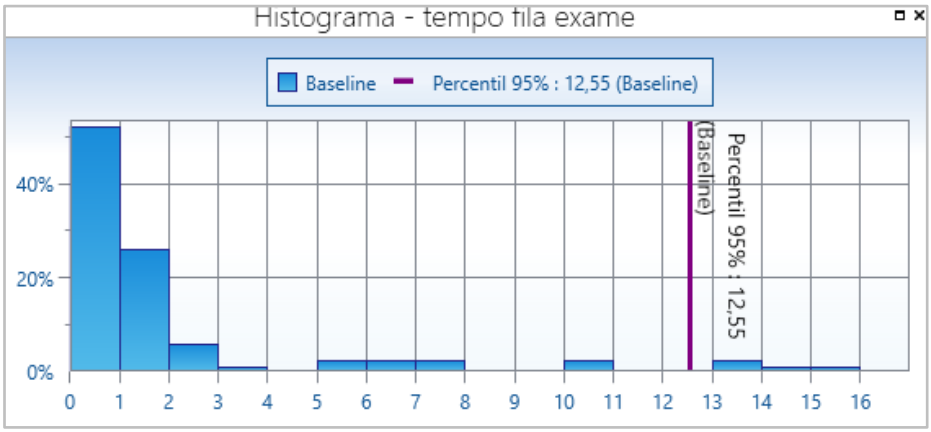
Figura 50- Histograma de tempo de fila na recepção da simulação 2, cenário Produtividade.



Fonte: Grupo, 2021

Igualmente ao histograma anterior, também houve consequências a respeito do tempo de fila de exame, obtendo-se 95% dos atendimentos em 12,55 minutos, comprometendo eventualmente a satisfação do cliente, pois permaneceria mais tempo no sistema.

Figura 51- Histograma de tempo de fila do exame da simulação 2, cenário Produtividade.



Fonte: Grupo, 2021

A simulação anteriormente apresentada não atendeu a duas premissas estabelecidas - Ociosidade mínima de 30% e percentil 95% menor ou igual a 10 minutos -, obtendo-se resultados insatisfatórios.

4.2.3 Simulação 3

Parâmetros considerados para a simulação 3 estão descritas na tabela abaixo.

Tabela 12- Número de recursos em cada turno na simulação 3, cenário Produtividade.

	Simulação 3	
Cenário Produtividade	Turno 1	Turno 2
Recepcionista	2	1
Enfermeira	3	1
Demanda	86	

Fonte: Grupo, 2021

A figura 52 demonstra que a demanda total foi atendida, atendendo a primeira premissa, tendo uma saída de 86 clientes do sistema.

Figura 52- Sumário de Entidades da simulação 3, cenário Produtividade.

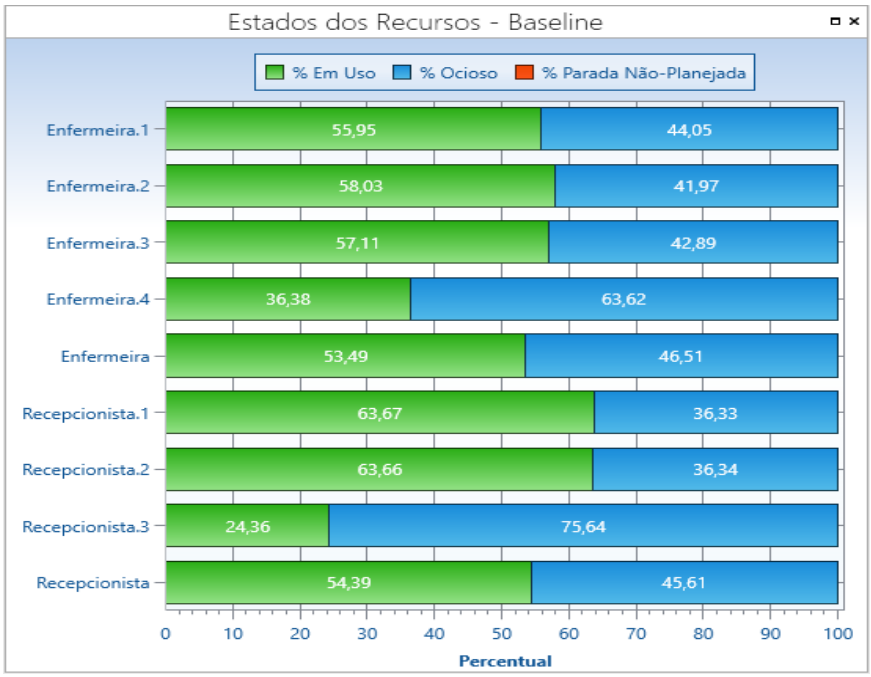
Sumário de Entidades

Nome	Total de Saídas
CLIENTE ATENDIMENTO	86,00

Fonte: Grupo, 2021

Executada a simulação, considerando 3 recepcionistas e 4 enfermeiras separados por turnos, têm-se como resultados os valores esperados, otimizando os recursos em termos de ócio, onde os enfermeiros e recepcionistas atingiram um equilíbrio entre utilização e ociosidade, atendendo a segunda premissa estabelecida.

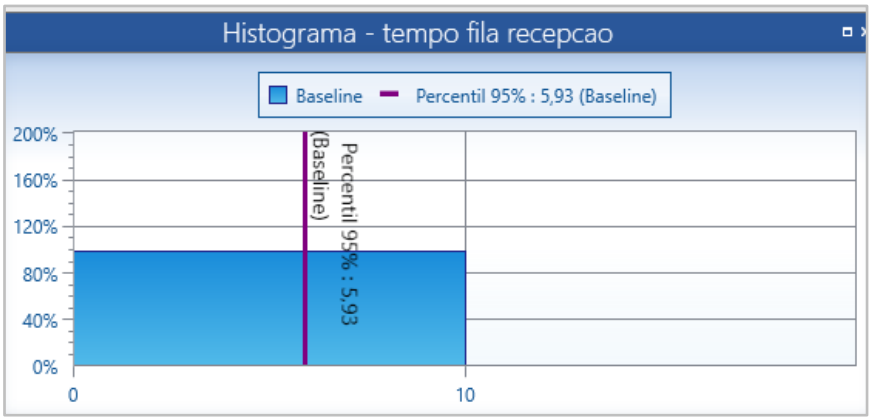
Figura 53- Utilização dos recursos na simulação 3, cenário Produtividade.



Fonte: Grupo, 2021

Seguindo com a análise do histograma de tempo de fila na recepção, 100% dos clientes foram atendidos em até 10 minutos estando em conformidade com a terceira premissa estabelecida.

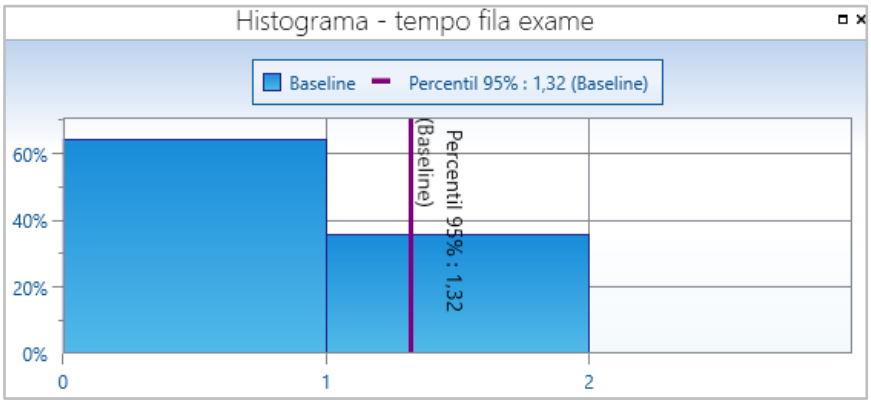
Figura 54- Histograma de tempo de fila na recepção da simulação 3, cenário Produtividade.



Fonte: Grupo, 2021

Paralelamente ao histograma anterior, o tempo de fila de exames também teve seu resultado satisfatório, atendendo 95% da demanda até 1,32 minutos e 5% restantes em até 2 minutos.

Figura 55- Histograma de tempo de fila de exame da simulação 3, cenário Produtividade.



Fonte: Grupo, 2021

Tendo em vista o que foi apresentado de resultados nas simulações, conclui-se que a terceira está atrelada ao cenário mais produtivo, pois houve uma diminuição no número de funcionários *versus* o cenário base trazendo um aspecto mais enxuto, além disso satisfazendo as premissas estabelecidas.

Tabela 13- Tabela valores consolidados, cenário Produtividade.

	Simulação 1		Simulação 2		Simulação 3	
Cenário Produtividade	Turno 1	Turno 2	Turno 1	Turno 2	Turno 1	Turno 2
Recepcionista	3	2	2	1	2	1
Enfermeira	3	2	2	1	3	1
Estado médio recurso - Recepcionista	34,61% (em uso) | 65,39% (ócio)		61,77% (em uso) | 38,23% (ócio)		54,39% (em uso) | 45,61% (ócio)	
Estado médio recurso - Enfermeira	44,34% (em uso) | 55,66% (ócio)		74,17% (em uso) | 25,83% (ócio)		53,49% (em uso) | 46,51% (ócio)	
Tempo médio de fila - Recepção	0,96 min		9,48 min		1,58 min	
Tempo médio de fila - Exame	0,87 min		2,25 min		0,82 min	
Tempo no sistema	15,99 min		42,99 min		19,30 min	
Percentil 95% recepção	1,40 min		29,38 min		5,93 min	
Percentil 95% exame	1,30 min		25,6 min		1,32 min	

Fonte: Grupo, 2021

As diferenças entre os resultados das simulações podem ser analisadas na tabela de valores consolidados, acima demonstrados.

4.3 CENÁRIO 2: CAPACIDADE

O segundo cenário simulado no ProModel é um cenário de capacidade em que as considerações feitas foram baseadas nos recursos atuais, enfermeira e recepcionista, e as três simulações executadas foram baseadas em um aumento e/ou diminuição das demandas.

4.3.1 Simulação 1

Parâmetros considerados para a simulação 1 estão descritos na tabela abaixo.

Tabela 14- Quantidade de atendimentos na simulação 1, cenário Capacidade.

	Baseline	Simulação 1
Cenário Capacidade	100%	150%
Qtde. Atendimento Comum	68	102
Qtde. Atendimento Prioritário	16	24
Qtde. Atendimento Resultados	2	3
Total	86	129

Fonte: Grupo, 2021

A figura 56 demonstra que a demanda total foi atendida, atendendo a primeira premissa, tendo uma saída de 129 clientes do sistema.

Figura 56- Sumário de Entidades da simulação 1, cenário Capacidade.

Sumário de Entidades

Nome	Total de Saídas
CLIENTE ATENDIMENTO	129,00

Fonte: Grupo, 2021

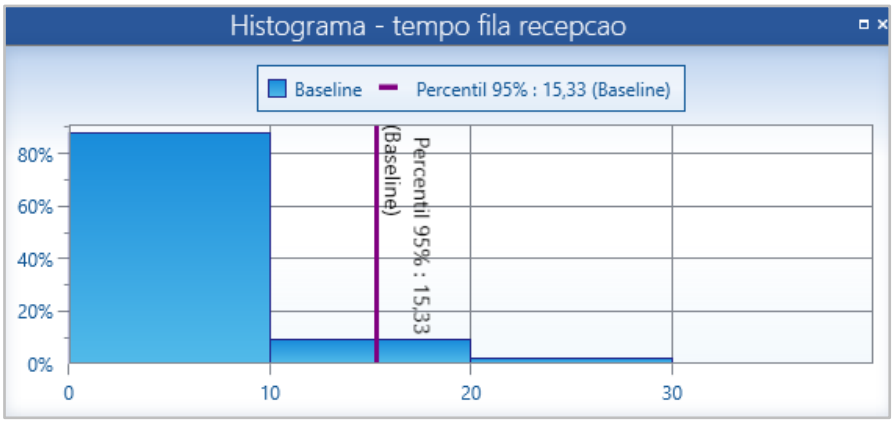
Executada a simulação, considerando 102 atendimentos comuns, 24 prioritários e 3 resultados, percebe-se que a segunda premissa de ociosidade foi atendida, mas existe uma porcentagem significativa de ociosidade por parte dos recursos.

Figura 57- Utilização dos recursos na simulação 1, cenário Capacidade.

Fonte: Grupo, 2021

De acordo com o histograma de tempo de fila na recepção, 95% dos clientes foram atendidos em 15,33 minutos, não estando em conformidade com a terceira premissa estabelecida.

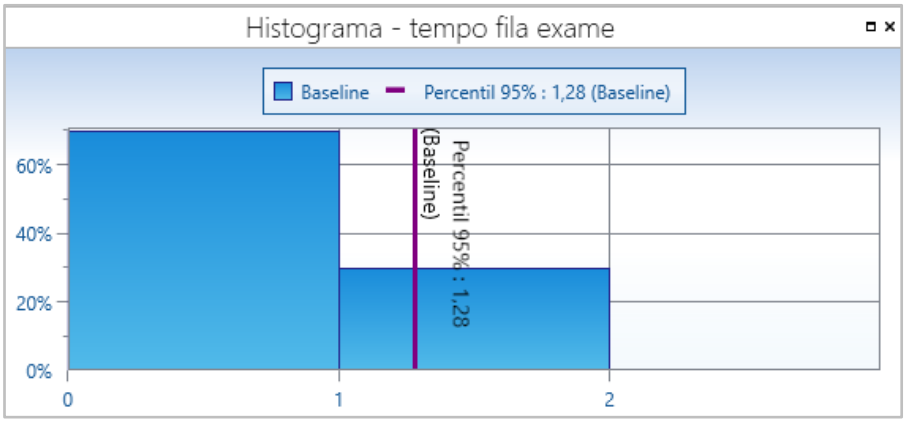
Figura 58- Histograma de tempo de fila na recepção da simulação 1, cenário Capacidade.



Fonte: Grupo, 2021

Paralelamente ao histograma anterior, o tempo de fila de exames teve seu resultado satisfatório, atendendo 95% da demanda até 1,28 minutos e 5% restantes em até 2 minutos.

Figura 59- Histograma de tempo de fila de exame da simulação 1, cenário Capacidade.



Fonte: Grupo, 2021

4.3.2 Simulação 2

Parâmetros considerados para a simulação 2 estão descritos na tabela abaixo.

Tabela 15- Quantidade de atendimentos na simulação 2, cenário Capacidade.

	Baseline	Simulação 2
Cenário Capacidade	**100%**	**140%**
Qtde. Atendimento Comum	68	96
Qtde. Atendimento Prioritário	16	23
Qtde. Atendimento Resultados	2	3
Total	86	122

Fonte: Grupo, 2021

A figura 60 demonstra que a demanda total foi atendida, atendendo a primeira premissa, tendo uma saída de 122 clientes do sistema.

Figura 60- Sumário de Entidades da simulação 2, cenário Capacidade.

Sumário de Entidades

Nome	Total de Saídas
CLIENTE ATENDIMENTO	122,00

Fonte: Grupo, 2021

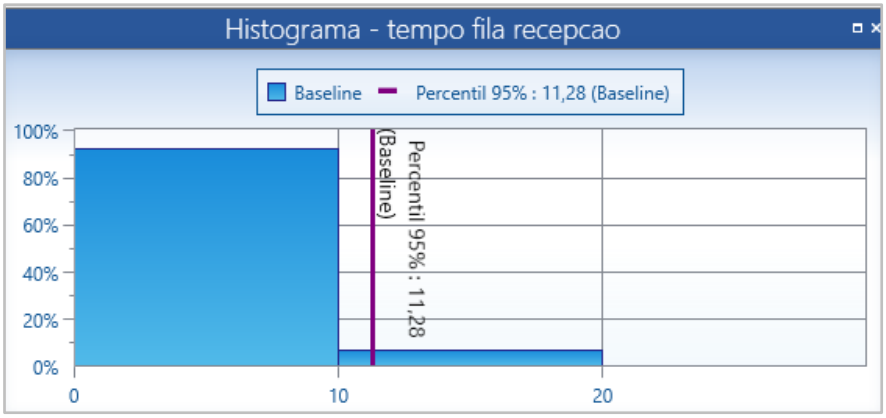
Executada a simulação, considerando 96 atendimentos comuns, 23 prioritários e 3 resultados, percebe-se que a segunda premissa de ociosidade foi atendida, mas existe uma porcentagem significativa de ócio por parte dos recursos.

Figura 61- Utilização dos recursos na simulação 2, cenário Capacidade.

Fonte: Grupo, 2021

De acordo com o histograma de tempo de fila na recepção, 95% dos clientes foram atendidos em 11,28 minutos, não estando em conformidade com o nível de serviço projetado (95% de atendimento em até 10 minutos).

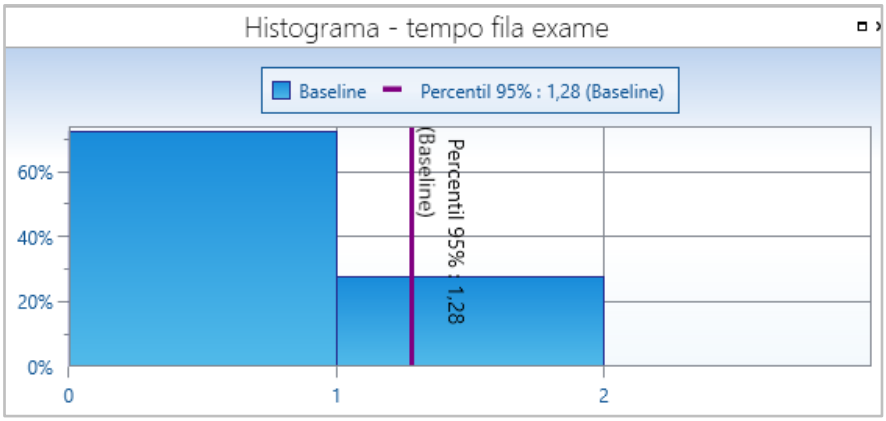
Figura 62- Histograma de tempo de fila na recepção da simulação 2, cenário Capacidade.



Fonte: Grupo, 2021

Paralelamente ao histograma anterior, o tempo de fila de exames teve seu resultado satisfatório, atendendo 95% da demanda até 1,28 minutos e 5% restantes em até 2 minutos.

Figura 63- Histograma de tempo de fila de exame da simulação 2, cenário Capacidade.



Fonte: Grupo, 2021

4.3.3 Simulação 3

Parâmetros considerados para a simulação 3 estão descritos na tabela abaixo.

Tabela 16- Quantidade de atendimentos na simulação 3, cenário Capacidade.

	Baseline	Simulação 3
Cenário Capacidade	**100%**	**133%**
Qtde. Atendimento Comum	68	91
Qtde. Atendimento Prioritário	16	22
Qtde. Atendimento Resultados	2	3
Total	86	116

Fonte: Grupo, 2021

A figura 64 demonstra que a demanda total foi atendida, atendendo a primeira premissa, tendo uma saída de 116 clientes do sistema.

Figura 64- Sumário de Entidades da simulação 3, cenário Capacidade.

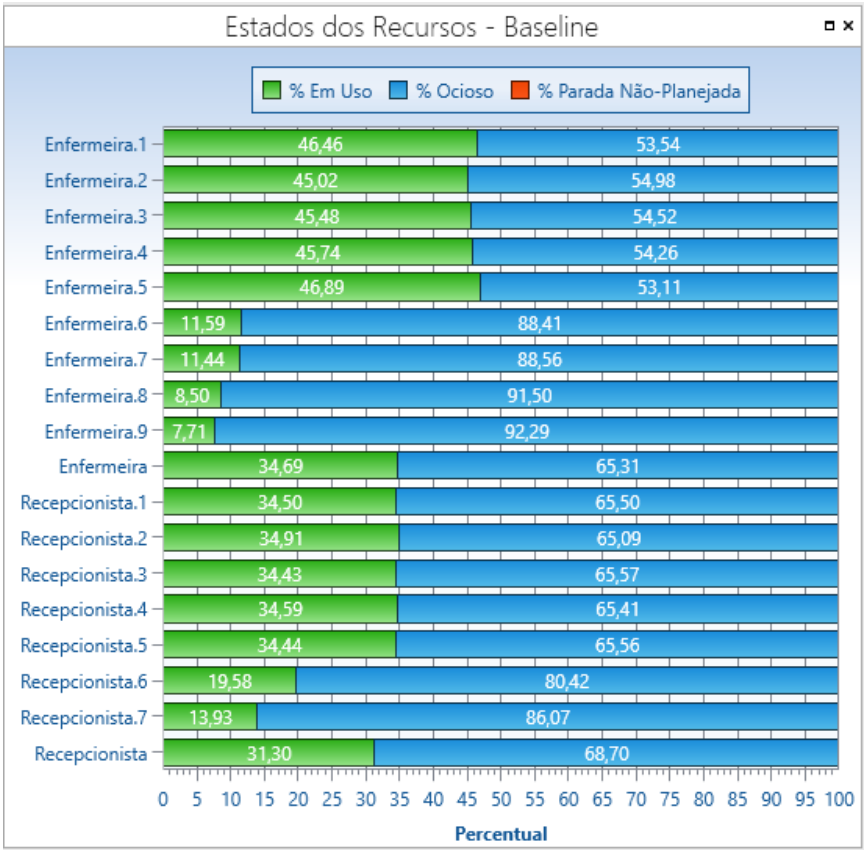
Sumário de Entidades

Nome	Total de Saídas
CLIENTE ATENDIMENTO	116,00

Fonte: Grupo, 2021

Executada a simulação, considerando 91 atendimentos comuns, 22 prioritários e 3 resultados, percebe-se que a segunda premissa foi atendida, mesmo que mantidas as altas ociosidades por parte dos recursos do segundo turno.

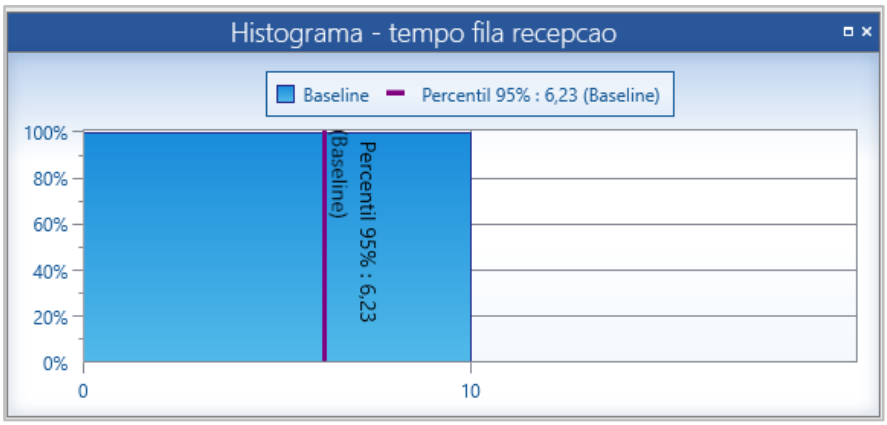
Figura 65- Utilização dos recursos na simulação 3, cenário Capacidade.



Fonte: Grupo, 2021

De acordo com o histograma de tempo de fila na recepção, 95% dos clientes foram atendidos em 6,23 minutos, satisfazendo a terceira premissa estabelecida de atendimentos até 10 minutos.

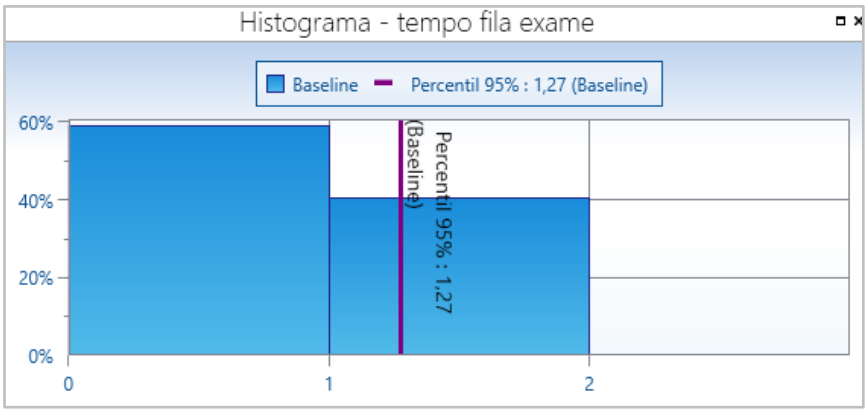
Figura 66- Histograma de tempo de fila na recepção da simulação 3, cenário Capacidade.



Fonte: Grupo, 2021

Paralelamente ao histograma anterior, o tempo de fila de exames teve seu resultado satisfatório, atendendo 95% da demanda até 1,27 minutos e 5% restantes em até 2 minutos, podendo inferir que em todos os cenários o tempo de fila de exame não influi no problema de filas do sistema.

Figura 67- Histograma de tempo de fila de exame da simulação 3, cenário Capacidade.



Fonte: Grupo, 2021

Tendo em vista o que foi apresentado de resultados nas simulações, conclui-se que a terceira simulação está atrelada ao cenário de maior capacidade, pois houve um aumento da demanda *versus* o cenário base e ainda assim satisfaz as premissas estabelecidas.

Tabela 17- Tabela valores consolidados, cenário Capacidade.

	Baseline	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3
Cenário Capacidade	**100%**	**150%**	**140%**	**134%**
Qtde. Atendimento Comum	68	102	96	91
Qtde. Atendimento Prioritário	16	24	23	22
Qtde. Atendimento Resultados	2	3	3	3
Estados médio recurso - Recepcionista	23,66% (em uso)	38,52% (em uso)	34,85% (em uso)	31,88% (em uso)
Estados médio recurso - Enfermeira	25,31% (em uso)	38,78% (em uso)	31,9% (em uso)	45,9% (em uso)
Tempo de fila - Recepção	0,94 min	3,49 min	2,48 min	2,26 min
Tempo de fila - Exame	0,76 min	0,81 min	0,82 min	0,84 min
Tempo no sistema	14,86 min	18,16 min	16,23 min	16,37 min
Total Atendimentos	86	129	122	116
Percentil 95% recepção	1,39 min	15,33 min	11,28 min	8,14 min

Fonte: Grupo, 2021

As diferenças entre os resultados das simulações podem ser analisadas na tabela de valores consolidados, acima demonstrados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo foi desenvolvido com um modelo de simulação de sistemas dinâmicos no ProModel é dividido em 3 cenários: baseline, produtividade e capacidade, cujo objetivo era fazer um diagnóstico do gargalo encontrando e avaliar os impactos, por meio de alterações no cenário Baseline, para atingir o cenário mais próximo do ideal.

Por meio de uma pesquisa de campo, os dados reais foram levantados e tendo em vista o número total de atendimentos, o dia crítico foi identificado. Com base neste dia, dois cenários foram criados.

O cenário Baseline retratou o funcionamento do laboratório, sem que houvesse alterações dos dados. A simulação atendeu às premissas estabelecidas fazendo com que a demanda fosse 100% atendida, porém, esse cenário apresentou alto nível de ociosidade por parte dos recursos.

Sendo assim, o primeiro cenário, de produtividade, foi simulado mantendo a demanda constante e aumentando e/ou diminuindo os recursos (enfermeiras e recepcionistas). Por meio do processo iterativo e visando um resultado que não prejudicasse o nível de serviço (premissa estabelecida de intervalo de confiança de 95% em até 10 minutos de fila de atendimento), foram feitas três simulações no cenário em questão, com estas alterações. Na Simulação 3, conforme a tabela 18 demonstra uma oportunidade de redução de custos conforme o cenário de produtividade, diminuindo o número de recursos para 3 recepcionistas e 4 enfermeiras; 100% da demanda foi atendida em até 10 minutos e os níveis de ociosidade e utilização também respeitando as premissas.

Tabela 18- Resumo resultados cenário Produtividade

	Baseline	Produtividade	Redução de Custo (MOD)
Recepcionista	7	3	**57,14%**
Enfermeira	9	4	**55,56%**
Estado médio recurso - Recepcionista	23,66% (em uso)	54,39% (em uso)	
Estado médio recurso - Enfermeira	25,31% (em uso)	53,49% (em uso)	
Tempo médio de fila - Recepção	0,94 min	1,58 min	
Tempo médio de fila - Exame	0,76 min	0,82 min	
Tempo no sistema	14,86 min	19,30 min	
Percentil 95% recepção	1,39 min	5,93 min	

Fonte: Grupo, 2021

O segundo cenário, de capacidade, foi simulado mantendo os recursos (enfermeiras e recepcionistas) constantes e aumentando a demanda até o máximo de

atendimento sem que o nível de serviço fosse prejudicado. Igualmente ao cenário anterior, foram feitas 3 simulações. Concluiu-se que, conforme a tabela 19, com a quantidade de recursos atuais pode-se alcançar um cenário de aumento de capacidade de 134% em que as premissas continuam sendo respeitadas, ou seja, 100% da demanda foi atendida em até 10 minutos, mantendo o nível de serviço, e os níveis de ociosidade e utilização também respeitando as premissas.

Tabela 19- Resumo resultados cenário Capacidade

	Baseline	Capacidade	Aumento da Capacidade
Qtde. Atendimento Comum	68	91	**134%**
Qtde. Atendimento Prioritário	16	22	
Qtde. Atendimento Resultados	2	3	
Estado médio recurso - Recepcionista	23,66% (em uso)	31,88% (em uso)	
Estado médio recurso - Enfermeira	25,31% (em uso)	45,9% (em uso)	
Tempo médio de fila - Recepção	0,94 min	2,26 min	
Tempo médio de fila - Exame	0,76 min	0,84 min	
Tempo no sistema	14,86 min	16,37 min	
Percentil 95% recepção	1,39 min	8,14 min	

Fonte: Grupo, 2021

Ademais, o uso da tecnologia de simulação computacional pode ser considerado um forte aliado à diversos ramos de empresas, para tomadas de decisões direcionadas ao planejamento de capacidade, dimensionamento de recursos, identificação de gargalos com acuracidade, precisão e agilidade dos resultados, sem que haja necessidade de fazer mudanças físicas no sistema.

Por fim, embora o presente estudo tenha apresentado resultados satisfatórios e suficientes para fundamentar tomadas de decisões, o fato de ter ocorrido em um período de pandemia, dificultou o levantamento de dados, e por consequência não foi possível simular todas as variáveis do sistema. Entretanto, o simulador pode se transformar em uma importante ferramenta de decisão no laboratório.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Thais. Como reduzir o tempo de espera dos pacientes no pronto atendimento, 25 de fevereiro de 2020.Disponível em: <https://helioprint.com.br/blog/reduzir-o-tempo-de-espera-dos-pacientes/>.Acesso em 27 nov. 2020.

AQUILANO, N.J.; CHASE, R.B.; JACOBS, F.R. Administração da Produção e Operações para Vantagens Competitivas. 11ª.ed. São Paulo, 2006.

ARENALES, M. et al. Pesquisa operacional: para cursos de engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G.; GOGG, T. J.; HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A. System Improvement Using Simulation. Utah, PROMODEL CORPORATION, 1997

BECKER, A. A. A gestão do laboratório de análises clínicas por meio de indicadores de desempenho através da utilização do balanced scorecard. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/5647>. Acesso em: 05 abril 2021.

BERLITZ, Fernando. Controle da qualidade no laboratório clínico: alinhando melhoria de processos, confiabilidade e segurança do paciente. Acesso em: <https://www.scielo.br/j/jbpml/a/4WDGyv4yhv8fWnKXLVGnZRD/?lang=pt>. Acesso em 12 março 2021.

CARVALHO, Talita: Saúde Pública, Panorama do Brasil, Abril. 2018. Disponível em: <https://www.politize.com.br/panorama-da-saude/>. Acesso em 20 nov. 2020.

CHRISTOPHER, M. Logística e Gerenciamento da cadeia de suprimentos. 4ª ed. Cengage Learning, 2011

COMO otimizar a gestão financeira do laboratório? Autolac. Disponível em: <https://autolac.com.br/blog/otimizar-a-gestao-financeira-do-laboratorio/>. Acesso em: 20 fev 2021.

DA SILVA *et al*. Pesquisa Operacional: Programação linear e simulação. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

FELDMAN, Liliane; GATTO, Maria Alice; CUNHA, Isabel. História da evolução da qualidade hospitalar: dos padrões a acreditação. June, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/250049249_Historia_da_evolucao_da_qualidade_hospitalar_dos_padroes_a_acreditacao>. Acesso em: 25 Set. 2020

GESTÃO da qualidade em laboratórios de análises clínicas: entenda! Unilab software para laboratório: Disponível em: <https://www.unilab.com.br/qualidade/gestao-da-qualidade-em-laboratorios-de-analises-clinicas-entenda/>. Acesso em: 22 setembro 2020

GOLDRATT, Eliyahu M. e COX, Jeff. A Meta. São Paulo, NOBEL, 2002.

HARREL, C.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. Simulation Using ProModel.Orem, McGraw-Hill, 2000.

HILLIER, Frederick S. & LIEBERMAN, Gerald J. Introdução à Pesquisa Operacional. 8ªEdição. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saúde: Informações sobre domicílios, acesso e utilização dos serviços de saúde. Rio de Janeiro, 2020.

IMPORTÂNCIA da Gestão de Filas em Clínicas e Laboratórios. Gestão de Atendimento. Disponível em: <http://www.gestaodeatendimento.com.br/importancia-da-gestao-de-filas-em-clinicas-e-laboratorios/>. Acesso em: 20 fev 2021.

JUNIOR, Fernando; CARVALHO, Lilian. Aplicação da teoria das filas: Melhoria do atendimento do hospital universitário Maria Aparecida Pedrossian. <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_243_410_31009.pdf>. Acesso em: 05 março 2021

KNEPELL, P. L.; ARANGNO, D. C. Simulation Validation, IEEE Computer Society Press, 1993.

LACERDA, Idelma:Qualidade no atendimento ao cliente como fator de crescimento empresarial. Disponivel em: <https://monografias.brasilescola.uol.com.br/administracao-financas/-qualidade-no-atendimento-ao-cliente-como-fator-crescimento-empresarial.htm#indice_6>. Acesso em 15 nov. 2020

LAW, A.M. & KELTON, W.D. Simulation Modeling and Analysis. 3. ed., New York: McGraw-Hill, 2000

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

MORETTI, Isabela. Estudo de caso TCC: Veja o que é, como fazer e exemplos. Disponível em:<https://viacarreira.com/estudo-de-caso-tcc/> Acesso em 01 dez. 2020.

PANORAMA da saúde 2019. OECD Ilibrary. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/0387d76f-pt/index.html?itemId=/content/component/0387d76f-pt#:~:text=O%20'Panorama%20da%20Sa%C3%BAde%202019,candidatos%20e%20nos%20pa%C3%ADses%20parceiros>. Acesso em: 03 março 2021
PRADO, D. Teoria das Filas e da Simulação. 5. ed. Falconi, 2014

PRITSKER, A.; PEGDEN, C. D.. Introduction to Simulation and SLAM, John Wiley & Sons, 1979.

PROMODEL CORPORATION INC. ProModel User’s Guide. ProModel Corporation INC: Orem, 2002

QUALIDADE no atendimento ao cliente como fator de crescimento empresarial. Monografias Brasil Escola. Disponível em: <https://monografias.brasilescola.uol.com.br/administracao-financas/-qualidade-no-atendimento-ao-cliente-como-fator-crescimento-empresarial.htm#indice_6>. Acesso em: 12 outubro 2020

RANK, RISE CONSOLAÇÃO IUATA COSTA. Território e desenvolvimento regional; Paulo Henrique Costa Mattos (Orgs). Ed 2019.

REGIS, Tatyana; GOHR, Claudia; SANTOS, Luciano. IMPLEMENTAÇÃO DO LEAN HEALTHCARE: EXPERIÊNCIAS E LIÇÕES APRENDIDAS EM HOSPITAIS BRASILEIROS, Fevereiro, 2018. Disponível em:<https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75902018000100030&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 20 nov. 2020.

SCHLEIER, John G.; COX III, James F. Handbook da Teoria das Restrições, Bookman, 2013.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. Trad. de Ailton Bonfim Brandão et. al. São Paulo, Atlas, 1997.

SOARES, Anna Paula; ZAMBONI, Grazielle; DOS SANTOS, Sandro Rodrigues; MOREIRA, Thaynara Cristina. Projeto: Qualidade no atendimento no pronto socorro. TCC. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/graduacao/tcc/51378b6d84ddd.pdf>. Acesso em: 19 nov.2020.

TAHA, H. A. Pesquisa Operacional, 8a. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

TEIXEIRA, Ivandi; TEIXEIRA, Regina; SOUSA, Rejane. Qualidade dos serviços: um diferencial competitivo. <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/315_Qualidade%20em%20Servicos.pdf>. Acesso em: 20 fev 2021.

USUÁRIO, cliente ou paciente: Entenda melhor a dinâmica de atendimento em laboratórios clínicos. Unilab software para laboratórios. Disponível em: <https://www.unilab.com.br/marketing/cliente-ou-paciente/>. Acesso em: 12 set 2021.

VIEIRA, Keila *et. al.* A utilidade dos indicadores da qualidade no gerenciamento de laboratórios clínicos. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpml/a/mDn4tWrcgDpcLDbDs4PnpcR/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 18 abril 2021.