

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

FERNANDO AUGUSTO LIGUORI

**MODELAGEM, SIMULAÇÃO E PROPOSTA DE MELHORIA PARA OS  
INDICADORES DE FILA PARA O ATENDIMENTO INICIAL NO ICESP**

SÃO PAULO

2019



# **ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

FERNANDO AUGUSTO LIGUORI

## **MODELAGEM, SIMULAÇÃO E PROPOSTA DE MELHORIA PARA OS INDICADORES DE FILA PARA O ATENDIMENTO INICIAL NO ICESP**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade  
de São Paulo para obtenção do  
diploma de Engenheiro de Produção

SÃO PAULO

2019



# **ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

FERNANDO AUGUSTO LIGUORI

## **MODELAGEM, SIMULAÇÃO E PROPOSTA DE MELHORIA PARA OS INDICADORES DE FILA PARA O ATENDIMENTO INICIAL NO ICESP**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade  
de São Paulo para obtenção do  
diploma de Engenheiro de Produção

Orientador: Prof. Dr. Fernando Total  
Berssaneti

SÃO PAULO

2019

Autorizo a reprodução total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte

Catalogação-na-publicação

Liguori, Fernando

MODELAGEM, SIMULAÇÃO E PROPOSTA DE MELHORIA PARA OS INDICADORES DE FILA PARA O ATENDIMENTO INICIAL NO ICESP / F. Liguori -- São Paulo, 2019.

154 p.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Simulação de filas 2.Atendimento em hospital 3.Modelagem estatística  
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

Dedico esse trabalho à minha mãe Marina Helena Velloso de Andrade, ao meu irmão Carlos  
Augusto Liguori Filho, à minha avó Zoraide Gonçalves de Andrade.  
Em memória do meu eterno amigo Roberto Augusto Liguori.



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer as pessoas que tornaram este trabalho possível: aos funcionários do ICESP que apesar dos desafios encontrados, conseguiram construir um centro de excelência no tratamento do câncer, em especial ao Dr. Gustavo Moreira de Albuquerque, que abriu as portas do instituto para que eu pudesse realizar o trabalho. Ao professor doutor Fernando Tobal Berssaneti, pela dedicação e orientação, não apenas nos temas relacionados ao trabalho de formatura, mas também em aspectos profissionais e pessoais. Aprendi muito com seus conselhos e espero que nossos caminhos voltem a se cruzar novamente agora como colegas de profissão.

Aos grandes amigos que fiz durante meus anos na Engenharia de Produção na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Pedro M., Bruno B., Marcelo G., Sofia H., Luca C., Oleg B., Octávio B., Tomás L., Pedro F., Luca F. e Mário B. Obrigado por se mostrarem verdadeiros amigos nesses anos de POLI, sinto que cresci muito nesse tempo muito por conta das discussões e aprendizados que tive com vocês. Foi um privilégio ter dividido esses momentos bons (e não tão bons assim) na POLI, sem vocês eu definitivamente não estaria aqui. Que nossa amizade se perpetue para toda eternidade.

Aos amigos que fiz na RWTH Aachen, Pedro L., Thales S., Juliana L., Laura B. e Jessica H. Foi uma honra ter dividido a aventura de fazer intercâmbio para uma cidadezinha no interior da Alemanha com vocês. Nossa amizade transcende fronteiras e sou muito feliz em poder contar com vocês aqui no Brasil também.

Aos amigos do Colégio Visconde de Porto Seguro, Alexandre M., Lucas G., Lucas L., Luiza H., Mathias P., Raffael G., Raphael G. e Ricardo C. pelo companheirismo ao longo de todos esses anos e por me mostrarem que as verdadeiras amizades resistem à distância e ao tempo. Sou muito grato em ter vocês na minha vida.

Por fim, mas não menos importante à minha família que com todo o amor e apoio me fizeram ter forças para chegar até aqui, à minha mãe Marina Helena Velloso de Andrade, por ser minha maior inspiração e por me mostrar que apesar de todas as dificuldades, não devemos nunca desistir dos nossos sonhos, obrigado por todo o sacrifício e dedicação, se estou aqui, você definitivamente é a maior responsável por isso. Ao meu irmão Carlos Augusto Liguori Filho, por



me estimular a ser sempre o melhor de mim e também pelo apoio incondicional, obrigado por me ajudar a lutar pelos meus sonhos e por estar sempre ao meu lado. Por fim à minha avó Zoraide Gonçalves de Andrade por todo o apoio e conhecimento passado ao longo da minha existência, obrigado por sempre torcer e se concentrar para que eu alcance meus maiores sonhos. Em memória de meu eterno amigo Roberto Augusto Liguori, também conhecido como Bobby, que durante 17 anos esteve sempre ao meu lado para alegrar meus dias.



*“The problems are solved, not by giving new information, but by arranging what we have known  
since long.”*

Ludwig Wittgenstein



## RESUMO

O presente trabalho de formatura tem como principal tema a avaliação dos indicadores de filas do Instituto do Câncer do Estado de São Paulo "Octavio Frias de Oliveira" (ICESP). Os principais objetivos são traçar o perfil atual de filas e elaborar uma modelo de simulação, de modo a testar cenários de melhorias, com o intuito de formular propostas de melhorias nos processos de atendimento para diminuir o tempo médio de espera na fila. Para isso, primeiramente foi preparada uma revisão dos conceitos de teoria de filas, estatística e qualidade. Em seguida foi feito um mapeamento dos principais processos e posterior priorização daquele de maior relevância para condução do estudo. Na próxima fase foi conduzida uma coleta de dados tanto através de visitas em campo, quanto a partir de bases de dados disponibilizadas pela gerência do ICESP. Os dados foram tratados e segregados em diferentes bases de dados conforme dia da semana e horário do dia. O passo seguinte consistiu no cálculo dos indicadores básicos de filas, de modo a identificar possíveis padrões de comportamento nos mesmos de acordo com as quebras realizadas. Foi proposta então uma classificação com base nas descobertas da etapa anterior e em seguida foi realizada uma análise do comportamento estatístico para cada quebra proposta. Posteriormente foi feita a montagem e validação de um modelo de filas representativo da situação atual do ICESP com auxílio do software Arena®. Com base no mesmo modelo foram propostas duas possíveis abordagens para resolução do problema de filas: aumento da capacidade ou diminuição do tempo médio de atendimento. As duas propostas foram simuladas no modelo desenvolvido e, após discutidos os resultados obtidos, aquela de maior impacto foi escolhida junto a uma proposta de implementação da mesma.

Palavras-chave: Simulação de filas. Atendimento em Hospital. Modelagem estatística



## ABSTRACT

This study has as its main theme the evaluation of queuing indicators of the Instituto do Câncer do Estado de São Paulo "Octavio Frias de Oliveira" (ICESP). The main objectives are to draw the current profile of queuing indicators and to develop a simulation model to test improvement scenarios in order to formulate proposals for improvements in service processes to reduce the average waiting time in queue. For this a review of the concepts of queuing theory, statistics and quality was made. Then, a mapping of the main processes was carried out and subsequent prioritization of the most relevant to conduct the study. In the next phase, data collection was conducted both through field visits and from databases provided by ICESP management. Data were processed and segregated in different databases according to day of the week and time of day. The next step consisted of calculating the basic queuing indicators, in order to identify possible behavior patterns in them according to the segregations made. A classification was then proposed based on the findings from the previous step and then a statistical behavior analysis was performed for each proposed classification. The next step was the assembly and validation of a queue model representative of the current situation of ICESP with the aid of Arena® software. Based on the same model, two possible approaches to queuing problems were proposed: increased capacity or decreased average service time. Both proposals were simulated in the developed model and, after a discussion, the one with the greatest impact was chosen along with a proposal for its implementation.

Keywords: Queue Simulation. Health Care. Statistical modeling



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista frontal do ICESP localizado na Avenida Doutor Arnaldo.....	38
Figura 2 - Distribuição proporcional dos 10 tipos de câncer mais comuns estimados para 2018 por sexo .....	39
Figura 3 – Recepção principal do ICESP USP .....	41
Figura 4 - Porta de entrada do ICESP USP .....	42
Figura 5 - Notação de Kendall-Lee .....	52
Figura 6 - Densidade de probabilidade da função exponencial .....	56
Figura 7 - Densidade de probabilidade da função Log-Normal.....	57
Figura 8 - Atividades e análises para identificação de distribuição de probabilidade.....	58
Figura 9 - Abordagens de estudo de sistemas.....	60
Figura 10 - Classificação de modelos de simulação .....	62
Figura 11 - Processo de simulação .....	63
Figura 12 - Simbologia clássica dos elementos de um fluxograma .....	65
Figura 13 - Metodologia para construção de um histograma .....	66
Figura 14 - Exemplo de construção e aplicação de um Histograma .....	66
Figura 15 - Abordagem metodológica para realização do trabalho .....	70
Figura 16 - Indicativo na entrada do hospital sobre o local de atendimento de pacientes de acordo com o motivo da visita .....	72
Figura 17 - Representação gráfica do andar térreo do ICESP USP com indicação dos principais guichês de atendimento .....	74
Figura 18 - Espaço de espera para atendimento inicial complexo .....	75
Figura 19 - Fluxograma e atendimento de pacientes no ICESP para o andar térreo .....	76
Figura 20 - Dinâmica de filas e servidores para o atendimento de pacientes para coleta de sangue.....	77
Figura 21 - Mapa fluxograma da coleta de sangue.....	78
Figura 22 - Dinâmica de filas e servidores para o atendimento de pacientes cadastrados para uso do autoatendimento .....	79
Figura 23 - Mapa fluxograma do autoatendimento.....	80
Figura 24 - Dinâmica de filas e servidores para o atendimento inicial simples .....	81
Figura 25 – Mapa fluxograma do atendimento inicial simples.....	82
Figura 26 - Dinâmica de filas e servidores para o atendimento inicial complexo .....	83
Figura 27 - Mapa fluxograma de atendimento inicial complexo .....	84
Figura 28 - Exemplo de base de dados disponibilizada .....	87
Figura 29 - Fluxograma do atendimento inicial simples com indicação dos principais indicadores disponibilizados ..	87
Figura 30 – Processo de união no Alteryx das diferentes bases de dados disponibilizadas pelo ICESP .....	89
Figura 31 - Processo de filtragem das bases de dados por horário do dia no Alteryx .....	90
Figura 32 - Taxa média de chegada de pacientes no sistema ( $\lambda$ ) por dia da semana e horário do dia .....	95



Figura 33 - Taxa média de atendimento de pacientes ( $\mu_{sist}$ ) por dia da semana e horário do dia .....	96
Figura 34 - Taxa de utilização teórica do servidor ( $\rho$ ) por dia da semana e horário do dia .....	97
Figura 35 – Classificação dos horários do dia conforme comportamento dos indicadores de filas .....	98
Figura 36 - Histogramas do intervalo entre chegadas para Pico Manhã por dia da semana .....	101
Figura 37 - Histogramas do intervalo entre chegadas para Pico Manhã consolidado .....	102
Figura 38 - Histogramas do intervalo entre chegadas para Vale Manhã por dia da semana.....	104
Figura 39 - Histograma do intervalo entre chegadas para Vale Manhã consolidado .....	104
Figura 40 - Histogramas do intervalo entre chegadas para Pico Tarde por dia da semana.....	107
Figura 41 - Histograma do intervalo entre chegadas para Pico Tarde consolidado .....	107
Figura 42 - Histogramas do intervalo entre chegadas para Vale Tarde por dia da semana .....	109
Figura 43 - Histograma do intervalo entre chegadas para Vale Tarde consolidado .....	110
Figura 44 - Histograma do tempo de atendimento (consolidado).....	114
Figura 45 - Bloco de controle de horário modelagem no software Arena.....	117
Figura 46 - Blocos de chegada de pacientes e atendimento .....	118
Figura 47 - Tempo médio de espera na fila.....	119
Figura 48 - Número de guichês utilizado para simulação do "Caso Pessimista" .....	121
Figura 49 - Comparação do intervalo entre chegadas – “Caso Pessimista” .....	122
Figura 50 - Comparação dos tempos de fila da simulação com valores observados – “Caso Pessimista” .....	123
Figura 51 - Tempo médio de fila para cada dia observado .....	124
Figura 52 - Número de guichês utilizado para simulação do ““Caso Médio”” .....	126
Figura 53 - Comparação do intervalo entre chegadas – “Caso Médio” .....	127
Figura 54 - Comparação dos tempos de fila da simulação com valores observados – “Caso Médio” .....	127
Figura 55 - Cenário 1: Resultados para o "Caso Pessimista" .....	130
Figura 56 - Cenário 1: Resultados para o "Caso Médio" .....	131
Figura 57 – Cenário 2: Resultados para o "Caso Pessimista".....	132
Figura 58 - Cenário 2: Resultados para o "Caso Médio" .....	133
Figura 59 -Análise comparativa dos cenários simulados – “Caso Pessimista”.....	134
Figura 60 - Análise comparativa dos cenários simulados – “Caso Médio”.....	134
Figura 61 - Lógica de implementação do ciclo PDCA .....	136



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativas para 2018 do número de novos caso de câncer por UF .....	40
Tabela 2 - Abordagens para Qualidade em produtos .....	46
Tabela 3 - Principais fontes de expectativa .....	47
Tabela 4 - Dimensões da qualidade em serviços .....	47
Tabela 5 - Fases do ciclo PDCA.....	48
Tabela 6 - Modelos de disciplinas de filas .....	50
Tabela 7 - Variáveis envolvidas em modelos de filas.....	51
Tabela 8 - Equacionamento de um modelo típico de filas .....	53
Tabela 9 - Formulações básicas da distribuição exponencial .....	55
Tabela 10 - Formulações básicas da distribuição Log-Normal .....	56
Tabela 11 - Formulações básicas da distribuição Johnson .....	57
Tabela 12 - Elementos básicos de um Modelo de Simulação.....	61
Tabela 13 - Descrição das "7 velhas ferramentas da qualidade".....	64
Tabela 14 - Principais funcionalidades do software Alteryx ® .....	68
Tabela 15 - Descrição das principais atividades realizadas por guichês por andar do ICESP .....	73
Tabela 16 - Descrição dos processos do mapa fluxograma da coleta de sangue .....	78
Tabela 17 - Descrição dos processos do mapa fluxograma do autoatendimento .....	80
Tabela 18 - Descrição dos processos do mapa fluxograma do atendimento inicial simples .....	82
Tabela 19 - Descrição dos processos do mapa fluxograma de atendimento inicial complexo .....	84
Tabela 20 - Descrição dos indicadores presentes nas bases de dados disponibilizadas .....	86
Tabela 21 - Lógica utilizada no Excel para derivação dos indicadores adicionados.....	88
Tabela 22 - Número total de observações de pacientes entrando no sistema por dia da semana e por horário do dia ..	92
Tabela 23 - Número de observações de cada dia da semana .....	92
Tabela 24 - Taxa média de chegada de pacientes por dia da semana e por horário do dia (#pacientes/hora) $[\lambda]$ .....	93
Tabela 25 - Número de observações de pacientes saindo do sistema por dia da semana e por horário do dia .....	94
Tabela 26 - Taxa média de atendimento de pacientes por dia da semana e por horário do dia (#pacientes/hora) $[\mu_{sist}]$ .....	94
Tabela 27 - Mapa de calor da taxa de utilização teórica do servidor $[\rho]$ .....	97
Tabela 28 - Indicadores auxiliares para o cálculo do intervalo entre chegadas .....	100
Tabela 29 - Parâmetros estatísticos para intervalo entre chegadas do Pico Manhã .....	102
Tabela 30 - Priorização de distribuições de probabilidade Pico Manhã.....	103
Tabela 31 - Parâmetros estatísticos para intervalo entre chegadas do Vale Manhã.....	105
Tabela 32 - Priorização de distribuições de probabilidade Vale Manhã .....	106
Tabela 33 - Parâmetros estatísticos para intervalo entre chegadas do Pico Tarde .....	108
Tabela 34 - Priorização de distribuições de probabilidade Pico Tarde .....	109



Tabela 35 - Parâmetros estatísticos para intervalo entre chegadas do Vale Tarde.....	111
Tabela 36 - Priorização de distribuições de probabilidade Vale Tarde.....	112
Tabela 37 - Tempos registrados de atendimento durante visita ao ICESP .....	113
Tabela 38 - Indicadores estatísticos para o tempo de atendimento.....	114
Tabela 39 - Priorização de distribuições de probabilidade tempo de atendimento .....	115
Tabela 40 - Número médio de guichês disponíveis por dia da semana e horário do dia.....	116
Tabela 41 - Parâmetros utilizados para modelagem do "Caso Pessimista" .....	120
Tabela 42 - Parâmetros utilizados para modelagem do ““Caso Médio”” .....	125



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAIO	Centro de Atendimento de Intercorrências Oncológicas
DANT	Doenças e Agravos Não-Transmissíveis
FM-USP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
ICESP	Instituto do Câncer do Estado de São Paulo Octavio Farias de Oliveira
OSS	Organização Social de Saúde
PDCA	<i>“Plan, Do, Check, Act”</i>
POLI-USP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
SUS	Sistema Único de Saúde



# Sumário

1	INTRODUÇÃO .....	37
1.1	LOCAL DE REALIZAÇÃO DO PROJETO .....	37
1.2	O PROBLEMA .....	38
1.3	OBJETIVOS DO TRABALHO .....	43
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	43
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	45
2.1	CONCEITO DE SERVIÇO .....	45
2.2	CONCEITO DE QUALIDADE .....	45
2.3	CICLO PDCA .....	48
2.4	TEORIA DE FILAS .....	48
2.4.1	Conceitos fundamentais .....	49
2.4.2	Modelos de filas .....	51
2.4.3	Aplicabilidade em saúde .....	53
2.5	CONCEITOS ESTATÍSTICOS .....	54
2.5.1	Distribuição de Probabilidade .....	55
2.6	SIMULAÇÃO .....	59
2.6.1	Sistema .....	59
2.6.2	Modelo .....	60
2.6.3	Processo de simulação .....	62
2.7	FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	63
2.7.1	Fluxograma .....	64
2.7.2	Histograma .....	65
2.8	SOFTWARES ESTATÍSTICOS E PARA SIMULAÇÃO .....	66



2.8.1	Minitab® .....	67
2.8.2	EasyFit® .....	67
2.8.3	Arena®.....	67
2.8.4	Alteryx® .....	67
3	ABORDAGEM METODOLÓGICA .....	69
4	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL.....	71
4.1	VISÃO GERAL .....	71
4.2	DESCRIÇÃO DO PROCESSO ATUAL .....	75
4.2.1	Coleta de Sangue .....	77
4.2.2	Autoatendimento .....	78
4.2.3	Atendimento inicial (simples) .....	80
4.2.4	Atendimento inicial (complexo).....	82
4.3	COLETA DE DADOS .....	85
4.3.1	Lógica das planilhas disponibilizadas .....	85
4.3.2	Inclusão de variáveis auxiliares .....	87
4.4	TRATAMENTO DOS DADOS .....	88
4.4.1	Agregação dos dados .....	88
4.4.2	Organização dos dados .....	89
4.4.3	Filtragem dos dados.....	89
4.4.4	Separação dos dados.....	90
4.4.5	Resultado final .....	91
4.5	COMPARAÇÃO DOS INDICADORES BÁSICOS DE FILAS .....	91
4.5.1	Taxa média de chegada $[\lambda]$ .....	91
4.5.2	Taxa de atendimento do sistema $[\mu_{sist}]$ .....	93



4.5.3	Taxa de utilização dos servidores ativos [ $\rho$ ] .....	94
5	MODELAGEM E SIMULAÇÃO.....	99
5.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS INDICADORES DE FILAS .....	99
5.1.1	Intervalo entre Chegadas .....	99
5.1.2	Tempo de atendimento .....	112
5.1.3	Número de guichês .....	115
5.2	SIMULAÇÃO NO ARENA .....	116
5.2.1	Construção do Modelo.....	116
5.2.2	Validação .....	118
6	PROPOSTA MELHORIA.....	129
6.1	MODELAGEM DOS CENÁRIOS.....	129
6.1.1	Cenário 1 – Aumento da capacidade de atendimento nos horários de pico ..	129
6.1.2	Cenário 2 – Diminuição no tempo médio de atendimento .....	131
6.2	Discussão dos resultados obtidos .....	133
6.3	Proposta de implementação .....	136
7	CONCLUSÕES .....	137
7.1	ANÁLISE DOS OBJETIVOS TRACADOS .....	137
7.2	LIMITAÇÕES .....	139
7.3	CONTINUIDADE DO TRABALHO .....	139
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	141
	APÊNDICE.....	145
	Histogramas do intervalo entre chegadas – Pico Manhã .....	145
	Histograma de Intervalo entre chegadas – Segunda Feira Pico Manhã.....	145
	Histograma de Intervalo entre chegadas – Terça Feira Pico Manhã .....	145



Histograma de Intervalo entre chegadas – Quarta Feira Pico Manhã .....	146
Histograma de Intervalo entre chegadas – Quinta Feira Pico Manhã .....	146
Histograma de Intervalo entre chegadas – Sexta Feira Pico Manhã .....	147
Histograma do intervalo entre chegadas – Vale Manhã .....	147
Histograma de Intervalo entre chegadas – Segunda Feira Vale Manhã .....	147
Histograma de Intervalo entre chegadas – Terça Feira Pico Manhã .....	148
Histograma de Intervalo entre chegadas – Quarta Feira Pico Manhã .....	148
Histograma de Intervalo entre chegadas – Quinta Feira Pico Manhã .....	149
Histograma de Intervalo entre chegadas – Sexta Feira Pico Manhã .....	149
Histograma do intervalo entre chegadas – Pico Tarde .....	150
Histograma de Intervalo entre chegadas – Segunda Feira Pico Tarde .....	150
Histograma de Intervalo entre chegadas – Terça Feira Pico Tarde .....	150
Histograma de Intervalo entre chegadas – Quarta Feira Pico Tarde .....	151
Histograma de Intervalo entre chegadas – Quinta Feira Pico Tarde .....	151
Histograma de Intervalo entre chegadas – Sexta Feira Pico Tarde .....	152
Histograma do intervalo entre chegadas – Vale Tarde .....	152
Histograma de Intervalo entre chegadas – Segunda Feira Vale Tarde .....	152
Histograma de Intervalo entre chegadas – Terça Feira Vale Tarde .....	153
Histograma de Intervalo entre chegadas – Quarta Feira Vale Tarde .....	153
Histograma de Intervalo entre chegadas – Quinta Feira Vale Tarde .....	154
Histograma de Intervalo entre chegadas – Sexta Feira Vale Tarde .....	154



# 1 INTRODUÇÃO

O primeiro capítulo tem como objetivo situar o leitor a respeito do local em que foi realizado o desenvolvimento do projeto, dando também um aprofundamento no problema selecionado e sua justificativa. Pretende-se também traçar os objetivos pretendidos bem como os passos que serão seguidos para atingi-los.

## 1.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO PROJETO

Para o desenvolvimento deste trabalho de formatura, foi escolhido que o local de realização deste seria o Instituto do Câncer do Estado de São Paulo (ICESP). O instituto é parte do complexo do Hospital das Clínicas da FMUSP e é considerado um centro de referência na América Latina no tratamento de doenças oncológicas.

O ICESP surgiu em 2008 como Organização Social de Saúde (OSS) através de uma parceria entre a Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, a Fundação da Faculdade de Medicina e a Secretaria do Estado de Saúde. Sua principal missão consiste em ser um centro de excelência para promoção do ensino, pesquisa e assistência médico hospitalar na área do câncer, de acordo com os princípios estabelecidos pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

Atualmente o ICESP conta com aproximadamente 50 especialidades médicas distribuídas em 5 principais áreas de atuação: Oncologia Clínica, Oncologia Cirúrgica, Hematologia, Clínicas de Base e Apoio Diagnóstico e Terapêutico. Além dos médicos, o instituto também emprega profissionais de outras especialidades que complementam o tratamento dos pacientes de câncer. Esses profissionais estão divididos em: Enfermagem, Nutrição e Dietética, Psicologia, Reabilitação, Educação e Treinamento em Oncologia, Farmácia e Serviço Social.

O ICESP conta com o maior parque radiológico da América Latina. O prédio onde o instituto reside possui uma área total de 84.000 m<sup>2</sup> e abriga 500 leitos médicos, e por lá passam aproximadamente 10.000 pessoas por dia entre médicos, pacientes, visitantes e funcionários. Além do prédio localizado na Avenida Doutor Arnaldo, o instituto possui também uma clínica em Osasco que opera paralelamente à matriz.

Figura 1 - Vista frontal do ICESP localizado na Avenida Doutor Arnaldo



Fonte: Website ICESP USP

A oportunidade de realizar o Trabalho de Formatura no instituto surgiu de um esforço entre o Departamento da Engenharia de Produção da POLI USP e a Diretoria do Instituto de Câncer do Estado de São Paulo em aproximar as duas instituições através da pesquisa e de parcerias estratégicas. A ideia é que os dois departamentos se beneficiem dessa parceria na medida em que o Departamento da Engenharia de Produção contará com uma série de temas e problemas relevantes a serem desenvolvidos por alunos e professores para auxiliar o hospital, enquanto que o mesmo poderá acessar pessoal com conhecimento necessário para desenvolver projetos que auxiliarão na resolução de demandas ainda não endereçadas.

## 1.2 O PROBLEMA

O Câncer entra na classificação de doenças e agravos não transmissíveis (DANT), ou seja, agrupa um conjunto de enfermidades nas quais o processo causal não está baseado em mecanismos de transmissão de agentes etiológicos, como ocorre com as doenças transmissíveis. As DANT ocorrem por uma série de motivos, em especial a interação de fatores de natureza biológica e social. Nesse rol estão incluídas doenças do aparelho circulatório, os vários tipos de câncer, a obesidade, os transtornos mentais, a violência e os acidentes.

De acordo com o relatório de 2018 do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva em 2012 foram diagnosticados 14,1 milhões de novos casos de câncer e foram registrados 8,2 milhões de óbitos decorrentes da doença mundialmente. O Brasil, infelizmente não foge à regra,

de acordo com o instituto são anualmente 600 mil novos casos de câncer no país. Os tipos mais frequentes são de próstata para homens e mama para mulheres.

Figura 2 - Distribuição proporcional dos 10 tipos de câncer mais comuns estimados para 2018 por sexo

Localização Primária	Casos	%		Localização Primária	Casos	%	
Homens	Próstata	68.220	31,7%	Mulheres	Mama Feminina	59.700	29,5%
	Traqueia, Brônquio e Pulmão	18.740	8,7%		Colon e Reto	18.980	9,4%
	Colon e Reto	17.380	8,1%		Colo do Útero	16.370	8,1%
	Estômago	13.540	6,3%		Traqueia, Brônquio e Pulmão	12.530	6,2%
	Cavidade Oral	11.200	5,2%		Glândula Tireoide	8.040	4,0%
	Esôfago	8.240	3,8%		Estômago	7.750	3,8%
	Bexiga	6.690	3,1%		Corpo do Útero	6.600	3,3%
	Laringe	6.390	3,0%		Ovário	6.150	3,0%
	Leucemias	5.940	2,8%		Sistema Nervoso Central	5.510	2,7%
	Sistema Nervoso Central	5.810	2,7%		Leucemias	4.860	2,4%

\*Números arredondados para múltiplos de 10.

Fonte: Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva

As regiões Sul e Sudeste concentram 70% da ocorrência de novos casos, muito por conta das condições ambientais e também dada a significativa concentração de população nessas duas regiões.

Tabela 1 - Estimativas para 2018 do número de novos caso de câncer por UF

Estados	Próstata	Mama Feminina	Côlon e Reto	Traqueia, Brônquio e Pulmão	Estômago	Colo do Útero	Cavidade Oral
Acre	140	80	40	70	70	90	20
Amapá	90	60	30	50	80	110	20
Amazonas	580	420	280	370	460	840	110
Pará	1.060	740	500	510	740	860	220
Rondônia	340	200	130	180	140	130	60
Roraima	70	50	20	30	40	40	20
Tocantins	420	180	110	130	100	230	50
Alagoas	630	560	180	230	160	320	140
Bahia	4.280	2.870	1.370	1.100	1.170	1.230	760
Ceará	2.730	2.200	940	1.140	1.320	990	480
Maranhão	1.220	720	330	410	420	1.090	130
Paraíba	1.170	880	320	370	470	370	240
Pernambuco	3.050	2.680	1.060	1.080	930	1.030	560
Piauí	950	600	280	300	210	430	130
Rio Grande do Norte	1.090	800	370	390	410	320	230
Sergipe	700	550	210	210	160	250	140
Distrito Federal	850	1.020	670	390	300	290	180
Goiás	2.210	1.670	1.150	1.020	570	580	450
Mato Grosso	1.080	680	400	420	270	340	190
Mato Grosso do Sul	1.190	830	600	470	320	280	210
Espírito Santo	1.510	1.130	730	580	460	250	410
Minas Gerais	6.730	5.360	3.160	2.570	2.170	890	1.440
Rio de Janeiro	6.950	8.050	4.690	3.140	1.660	1.340	1.700
São Paulo	14.890	16.340	12.060	7.650	4.790	1.940	3.990
Paraná	5.480	3.730	2.350	2.370	1.590	820	1.130
Rio Grande do Sul	6.210	5.110	3.180	4.360	1.350	840	1.100
Santa Catarina	2.600	2.190	1.200	1.730	930	470	590
<b>Brasil</b>	<b>68.220</b>	<b>59.700</b>	<b>36.360</b>	<b>31.270</b>	<b>21.290</b>	<b>16.370</b>	<b>14.700</b>

\*Números arredondados para múltiplos de 10.

Fonte: Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva

Num contexto de combate à uma doença tão devastadora quanto o câncer surge o ICESP USP, instituto considerado o maior centro de tratamento da doença na América Latina. Esse reconhecimento é dado sua dimensão física, disponibilidade de equipamentos de ponta e seu corpo de profissionais extremamente qualificado capaz de lidar com os casos mais complexos da doença.

O reconhecimento fez com que o hospital passasse a concentrar nos últimos anos, um elevado volume de pacientes que necessitam de um tratamento intensivo e que requer um elevado número de visitas às instalações do Instituto, seja para realização de exames, recebimento de medicamentos que exigem um acompanhamento de um profissional (muitas vezes medicações intravenosas), acompanhamento em consultas médicas e em casos extremos, internações em um dos leitos existentes no hospital.

Figura 3 – Recepção principal do ICESP USP



Fonte: Website ICESP USP

O elevado volume de pacientes cria um grande desafio no controle e registro das pessoas que adentram e saem das instalações do ICESP. Atualmente o hospital conta com 3 recepções na entrada do prédio: uma é responsável por registrar a entrada de pacientes que passarão por consulta médica ou que ainda não foram cadastrados na plataforma do ICESP. A segunda consiste em um autoatendimento para pacientes recorrentes que já possuem cadastro na plataforma do Hospital e que irão realizar procedimentos rotineiros como exames de imagem, quimioterapia ou que passarão no “hospital dia”. A terceira dá conta da recepção para pacientes que realizarão exames de sangue e que, portanto, não precisarão adentrar nas dependências do ICESP, dado que a estrutura de coleta de exames de sangue se encontra no próprio andar de entrada do prédio.

Além das 3 estruturas de recepção encontradas no andar de entrada do prédio, o ICESP conta ainda com recepções específicas nos andares que serão realizados procedimentos de quimioterapia, radioterapia, exames de imagem e procedimentos no “Hospital Dia”.

O tempo de atendimento e registro dos dados do paciente, o entanto acaba por gerar um sério problema logo nessa primeira etapa do tratamento: pacientes acabam tendo que enfrentar muitas filas para conseguir adentrar no ambiente hospitalar e dar início aos procedimentos. Outro fato que contribui para essa situação é o de que o hospital não possui nenhum modelo de

dimensionamento de filas e de postos de trabalho ativos, logo existe uma discrepância enorme no tamanho das diferentes filas das recepções do hospital.

Essa espera, além de impactar diretamente no bem-estar do paciente (que por vezes é obrigado a ficar em pé dado o número restrito de lugares para se sentar) gera um grave problema à administração do hospital dado que inviabiliza a programação assertiva dos procedimentos que serão realizados durante o dia em vista da imprevisibilidade dos tempos de espera. Dessa forma é comum ocorrerem atrasos, mesmo quando o paciente chega com considerável antecedência no hospital.

Além dos problemas de espera dentro do ambiente do hospital, existe também uma concentração de pessoas na área externa do hospital. O ICESP conta apenas com uma porta de entrada no andar térreo o que dificulta o fluxo de pessoas e implica em problemas para entrada e saída de veículos na área de embarque e desembarque. Essa porta de acesso única ao hospital, por sua vez, acaba gerando problemas de engarrafamento nos arredores do hospital. Isso além de criar dificuldades para população local, gera um grande desafio para o instituto principalmente quando ocorrem emergências que exigem a entrada ou saída de ambulâncias no hospital.

Figura 4 - Porta de entrada do ICESP USP



Fonte: Elaborado pelo Autor

Outro desafio imposto pelo modelo atual de credenciamento de pacientes é a ocorrência de erros no encaminhamento dos mesmos. Isso é mais frequente entre novos pacientes ou quando existem modificações no local de realização dos procedimentos. Dado que o prédio do ICESP conta com 28 pavimentos, é crucial que os usuários sejam encaminhados para local correto, para que não haja a necessidade de retornarem à recepção no primeiro andar .

Sendo assim, se torna imperativa a revisão do modelo atual de triagem e atendimento inicial dos pacientes, para que a qualidade do atendimento evolua, ao mesmo tempo em que o tempo médio de fila atual se reduza a um patamar aceitável. Se faz igualmente necessária uma análise aprofundada do modelo de atendimento atual, abrangendo desde os processos realizados nas operações de cadastramento e credenciamento de pacientes, até o dimensionamento dos postos de atendimento para as diferentes situações do dia-a-dia, de modo a otimizar o número de funcionários disponíveis dependendo da demanda por atendimentos.

### **1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO**

Tendo em vista o problema do elevado tempo médio de fila encontrado atualmente no ICESP, os objetivos deste trabalho são, diagnosticar a situação atual do problema de filas, entender o comportamento estatístico dos indicadores de filas, elaborar uma modelo computacional para simular o comportamento desses indicadores, testar diferentes cenários de melhorias, alterando os principais parâmetros do modelo proposto e, por fim, desenvolver uma proposta de melhoria na operação baseada nos resultados obtidos na simulação.

### **1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

A estruturação do trabalho se deu de tal forma que a ordem lógica de apresentação das etapas segue o mesmo raciocínio utilizado nas análises conduzidas. O objetivo dessa organização foi de facilitar o entendimento da abordagem utilizada e do raciocínio empregado. Sendo assim o presente trabalho se divide em 8 capítulos.

1. Introdução: apresentação do contexto geral do trabalho de formatura, descrevendo o local de realização, bem como o problema e sua relevância no contexto atual do instituto.

2. Revisão Bibliográfica: descrição do ferramental teórico utilizado nas análises relativas ao entendimento e resolução do problema. Para tal é feita uma revisão de conceitos de qualidade, estatísticas, teoria de filas e simulação, além de uma breve apresentação dos softwares utilizados nas análises conduzidas.
3. Abordagem Metodológica: apresentação, em linhas gerais, da metodologia utilizada na análise e resolução do problema identificado, descrevendo brevemente a abordagem de construção e validação da simulação.
4. Diagnóstico da Situação Atual: apresentação geral do funcionamento da dinâmica de filas no ICESP USP, mostrando os principais processos e atendimentos realizados no andar térreo do hospital. Apresentação da dinâmica de coleta de dados, descrevendo as visitas realizadas ao instituto, bem como a dinâmica das bases de dados disponibilizadas pela gerência do hospital para suporte nas análises. Descrição do processo de tratamento dos dados disponibilizado, bem como análise preliminar dos indicadores básicos de filas.
5. Simulação: análise estatística dos dados previamente tratados através de testes de aderências dos indicadores a curvas de distribuição de probabilidade. Descrição do modelo construído com auxílio de software de simulação e posterior validação do mesmo através de comparação dos resultados encontrados na simulação com dados extraídos das bases de dados disponibilizadas.
6. Proposta de Melhoria: capítulo dedicado a construção e teste de diferentes cenários que impactam positivamente os indicadores de filas, criando insumos para uma posterior recomendação de melhoria a ser implementada pelo instituto.
7. Conclusão: análise crítica dos resultados e desafios encontrados durante a realização do trabalho, bem como uma proposta de próximos passos a serem seguidos pela gerência do hospital.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção é apresentada uma revisão da literatura que engloba os principais conceitos utilizados na formulação do trabalho. Entre os principais temas levantados estão: conceitos de serviço e qualidade, teoria de filas, formulações estatísticas, definição e conceitos de simulação matemática e, por fim, são apresentados os principais softwares utilizados durante a execução do trabalho.

### 2.1 CONCEITO DE SERVIÇO

Na concepção de Bowen e Ford (2002), serviços resultam de uma interação entre prestador e cliente. Diferentemente dos produtos, serviços não são passíveis de serem armazenados, logo são apenas consolidados frente a uma demanda existente.

Para Pine & Gilmore (1999), serviços podem ser definidos como “atividades intangíveis, customizáveis de acordo com as necessidades dos clientes”. Os autores defendem também que serviços proporcionam “experiências” ao usuário, podendo essa ser positiva ou negativa.

Wolack (1998) defende que serviços apresentam 4 características que os definem: a primeira diz respeito a sua “Intangibilidade”, ou seja, não podem ser observados e experimentados antes de serem adquiridos pelo cliente. A segunda característica se relaciona a “Perecibilidade”: serviços não são entidades armazenáveis para posterior utilização. A terceira característica se relaciona a “Variabilidade” apresentada entre diferentes serviços, por mais que seus propósitos sejam os mesmos. Por fim tem-se a característica da “Indivisibilidade”, serviços não podem ser fracionados.

### 2.2 CONCEITO DE QUALIDADE

Garvin (1984) acredita que qualidade é um conceito extremamente complexo que envolve diversas definições. Com base numa revisão de diversos trabalhos no tema, Garvin foi capaz de organizar 5 abordagens para definir qualidade para produtos.

Tabela 2 - Abordagens para Qualidade em produtos

Abordagem	Definição
Transcendental	Sinônimo de excelência inata, reconhecida apenas através da experiência
Baseada no produto	Variável mensurável e precisa relacionada às características de um produto
Baseada no usuário	Qualidade está relacionada à percepção do usuário sobre o produto (ou serviço), e logo deve ser abordada com certa subjetividade
Baseada na manufatura	Qualidade está relacionada apenas as práticas de engenharia e manufatura e se relaciona a “fazer certo na primeira tentativa”
Baseada no valor	Qualidade está relacionada aos custos e preços. Um produto com qualidade oferece boa performance a um preço aceitável, ou conformidade a um custo acessível

Fonte: Adaptado de Ricardi (2014)

Os autores tradicionais como Juran, Deming e Ishikawa pouco escrevem sobre qualidade em serviços, por isso muitas das definições tradicionais de qualidade estão voltadas mais para um entendimento de qualidade relacionado a um produto. Isso se dá muito por conta do contexto em que a qualidade surge, circundada por temáticas relacionadas a manufatura, análise estatística de indicadores produtivos e conformidade de produtos. Para Garvin (1988), enquanto a qualidade em produtos pode ser medida através de indicadores precisos, a qualidade em serviços é baseada essencialmente nas experiências vividas pelo cliente, ou seja, é extremamente mais subjetiva o que dificulta seu estudo.

Dentre os principais autores que lidam com a qualidade em serviços Zeithaml e Berry se sobressaem como expoentes da denominada “Escola Americana”. Para Zeithaml (1990), qualidade em serviços pode ser entendida com a diferença entre as expectativas e as percepções do cliente quanto ao serviço de fato prestado.

Zeithaml et al. (1990) defende que existem 4 principais fontes que geram expectativas nos clientes. A Tabela 3 a seguir resume as principais fontes de expectativas mapeadas pela autora.

Tabela 3 - Principais fontes de expectativa

Fonte	Descrição
Comunicação boca-a-boca	A interação com outros clientes influencia diretamente nas expectativas criadas sobre determinados serviços. Ademais um grande contingente de novos clientes surge através de recomendações de clientes antigos
Necessidades do indivíduo	Outro fato importante na criação de expectativas consiste na necessidade do cliente ao procurar determinado serviço. Isso porque o mesmo já cria uma concepção do que espera que seja o resultado do serviço adquirido com base em sua necessidade
Experiências	Experiências anteriores também são uma fonte importante de expectativas, sejam elas de empresas competidoras, ou mesmo com aquela que presta o serviço atualmente
Comunicação externa	Principalmente relacionado ao marketing e à imagem que a empresa constrói de si

Fonte: Adaptado de Zeithaml et al. (1990)

Zeithaml et al. (1999) também propõe 10 diferentes dimensões relacionadas à qualidade em serviços, as quais são resumidas na Tabela 4.

Tabela 4 - Dimensões da qualidade em serviços

Dimensão	Descrição
Tangíveis	Relacionadas às aparências passadas pelo prestado de serviços
Confiabilidade	Relacionada à precisão e confiabilidade no serviço prestado
Presteza	Relacionada à disposição em ajudar os clientes com suas necessidades
Competência	Relacionada ao conhecimento para prestação dos serviços
Cortesia	Relacionada ao tratamento dado aos clientes
Credibilidade	Relacionada a honestidade e credibilidade do prestador de serviços
Segurança	Relacionada a ausência de risco ou desconfiança no serviço prestado
Acesso	Relacionada a facilidade do contato com o cliente
Comunicação	Relacionada a capacidade de informar os clientes
Compreensão	Relacionada ao entendimento das necessidades do cliente

Fonte: Adaptado de Zeithaml et al. (1990)

## 2.3 CICLO PDCA

Originalmente desenvolvido por Shewhart durante a década de 20, o ciclo PDCA, acrônimo para Planejar (*Plan*), Executar (*Do*), Verificar (*Check*) e Agir (*Act*) a metodologia foi adaptada e disseminada por W. E. Deming durante a década de 1950. Slack et. Al (1999) defende que a metodologia PDCA é composta por um conjunto de esforços sucessivos e iterativos a fim de aprimorar processo.

Shiba (1997) defende que o PDCA representa uma metodologia eficiente na resolução de problemas, a partir de ciclos iterativos de melhoria. As 4 principais fases do ciclo PDCA estão descritas na Tabela 5.

Tabela 5 - Fases do ciclo PDCA

Fase	Descrição
Planejamento (“ <i>Plan</i> ”)	Identificação de problemas, formulação de metas e objetivos e desenvolvimento de metodologias para atingimento das mesmas
Execução (“ <i>Do</i> ”)	Implementação dos métodos previamente desenvolvidos
Verificação (“ <i>Check</i> ”)	Comparação dos resultados almejados com aqueles os obtidos durante a fase anterior
Ação (“ <i>Act</i> ”)	Investigação quanto as falhas encontradas e institucionalização das boas práticas como padrões para as próximas iterações do ciclo

Fonte: Adaptado de Marshall Júnior et al. (2008)

## 2.4 TEORIA DE FILAS

A teoria de filas foi desenvolvida pelo matemático dinamarquês A.K. Erlang em 1908 para auxiliar na determinação dos requisitos de capacidade do Sistema Dinamarquês de Telefonia (Brockmeyer et al. 1948). O estudo de A.K. Erlang intitulado “*The Theory of Probabilities and Telephone Conversations*” focou na elaboração de um modelo dimensionamento do número de circuitos telefônicos necessários para minimizar o tempo de espera entre atendimentos. Esse estudo é considerado por muitos como um dos primeiros passos na elaboração da teoria de processos estocásticos.

Desde então a teoria de filas vem sendo aplicada à uma série de diferentes indústrias como aviação (STERN & HERSH, 1980) e telefonia (BRIGANDI, 1994), além de ser muito utilizada no

dimensionamento dos sistemas de emergência em especial para os sistemas de polícia (LARSON, 1972), bombeiros e ambulâncias (CHELST & BARLACH, 1981).

As principais aplicabilidades da teoria de filas estão em: dimensionar o número de funcionários, propor modelos otimizados de alocação de recursos, auxiliar a programação e o controle da produção e servir como suporte no desenvolvimento de novos serviços/ produtos.

Um modelo de filas é basicamente composto por “clientes” que chegam em um determinado “conjunto de servidores” e irão necessitar de algum tipo de serviço/ processo desses “servidores”, que tomará um determinado tempo para ser cumprido. Quando um novo “cliente” chega e não existem “servidores” disponíveis para atende-lo, o mesmo passa a ter que esperar até que um dos “servidores” termine o atendimento e esteja disponível, passa então a se formar uma fila (BROWN, 2002).

#### **2.4.1 Conceitos fundamentais**

WINSTON (2004) propõe que existem três blocos de informações que deverão ser especificados para descrever por completo um modelo de filas. O primeiro bloco consiste dos Dados de Entrada (*inputs*) também chamado de Processo de Chegada. De acordo com o autor, a “chegada” corresponde aos clientes que adentram no sistema serão atendidos pelo mesmo. O autor discute que usualmente o processo de chega é independente do número de clientes dentro do sistema, dessa forma para estudos de modelos de chegada de clientes usualmente são descritos através de distribuições de probabilidade para o intervalo médio entre chegadas de clientes. Seu comportamento é usualmente estocástico, ou seja, o estado atual não interfere na situação futura do mesmo.

O segundo bloco contempla os Resultados (*outputs*) também denominado Processo de Atendimento. Novamente para descrever o processo de atendimento é utilizada uma distribuição de probabilidades para especificar o comportamento dos mesmos. Outro ponto a ser especificado é quanto a lógica de arranjo entre os servidores. Os mesmos podem estar distribuídos em paralelo, ou seja, servidores que provém o mesmo tipo de serviço sendo que clientes necessitam passar por uma vez por um dos servidores disponíveis, ou distribuídos em série, no caso clientes devem passar por diversos servidores em uma ordem específica para que possam concluir o atendimento.

O terceiro bloco contempla as Disciplinas de Filas, ou seja, o modelo de priorização de atendimento dos clientes que será empregado após a formação da fila. Os principais tipos de disciplinas de filas estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 - Modelos de disciplinas de filas

<b>Tipo de Disciplina de Fila</b>	<b>Descrição da Disciplina de Fila</b>
<i>First in First Out</i> (FIFO)	O primeiro cliente que entrar na fila será o primeiro a ser atendido
<i>Last in First Out</i> (LIFO)	O último cliente que entrar na fila será o primeiro a ser atendido
<i>Earliest Due Date</i> (EDDD)	Os clientes com prazo de entrega mais próximo terão prioridade maior no atendimento
<i>Shortest Process</i> (SPT)	Os clientes com menor tempo de processamento no sistema terão prioridade
<i>Service in Random Order</i> (SIRO)	Não existe nenhum tipo de regra para priorização de clientes que chegam após a formação da fila
Prioridade Definida	Cada cliente recebe um peso ou valor relacionado a sua importância. Clientes com pesos maiores serão priorizados em relação aos de menor peso relativo, independentemente da ordem de chegada

Fonte: Adaptado de Winston (2004)

LITTLE (1961) define as principais variáveis que devem ser consideradas durante a elaboração de um modelo de filas de modo a equacionar adequadamente o mesmo. O equacionamento é dado a partir da chamada “Lei de Little”. A Tabela 7 a seguir dá conta das principais variáveis existentes em um modelo de filas.

Tabela 7 - Variáveis envolvidas em modelos de filas

Variável	Descrição	Equacionamento
C	Número de servidores	
$\lambda$	Taxa média de chegada	
$\mu$	Taxa média de atendimento	
a	Número de servidores necessários	$a = \lambda \cdot W_s$
$\rho$	Taxa de utilização do servidor	$\rho = a/c = \lambda/c \cdot \mu$
W	Tempo total gasto durante o atendimento	$W = W_q + W_s$
$W_q$	Tempo gasto em fila	
$W_s$	Tempo gasto em atendimento	
L	Número total de clientes	$L = L_q + L_s = \lambda \cdot W$
$L_q$	Número de clientes em fila	$L_q = \lambda \cdot W_q$
$L_s$	Número de clientes em atendimento	$L_s = \lambda \cdot W_s$

Fonte: Adaptado de Winston (2004)

#### 2.4.2 Modelos de filas

De acordo com Winston (2004), para descrição dos diferentes modelos de filas, são especificadas 6 principais características dos mesmos, de modo a direcionar o equacionamento. A primeira característica a ser explorada é o processo de chegada, sendo que este pode ser (M) exponencial, (D) determinístico, (E) expresso pela distribuição de Erlang ou (G) governado por algum outro tipo de distribuição de probabilidades.

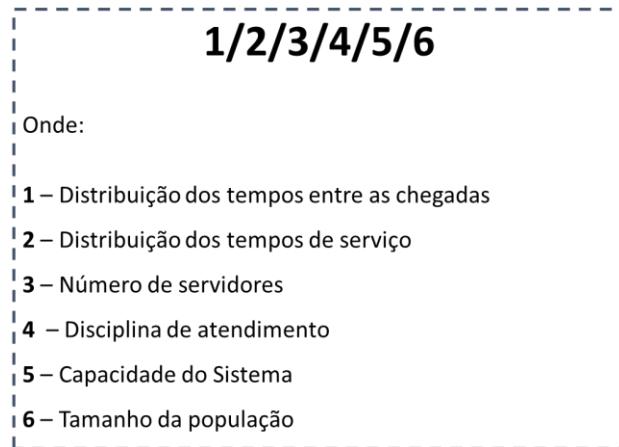
A segunda característica a ser analisada é a distribuição dos tempos de serviço. Analogamente ao que ocorre no processo de chegada, a mesma pode apresentar 4 tipos principais de distribuição: (M) exponencial, (D) determinística, (E) Erlang ou (G) governada por algum outro tipo de distribuição de probabilidades. Usualmente os tempos de serviço podem ser modelados a partir de uma curva Exponencial, porém em situações específicas é mais adequado modelá-los seguindo uma distribuição Erlang, dependendo do comportamento desse indicador (WINSTON, 2004).

A terceira característica dá conta do número de servidores em paralelo que compõe o sistema de filas. A quarta descreve a disciplina de filas de acordo com a denominação apresentada

na Tabela 6. A quinta característica dá conta do número máximo de clientes permitidos no sistema enquanto que a sexta expressa o tamanho da população total.

A notação utilizada para descrever os diferentes modelos de filas é a proposta por Kendall (1953) e sua lógica é apresentada na Figura 5 a seguir.

Figura 5 - Notação de Kendall-Lee



Fonte: Elaborado pelo Autor

Como a maioria dos modelos de fila seguem a disciplina geral de filas para atendimento (GD) e também possuem uma capacidade e população teóricas infinitas, é comum omitir as últimas 3 denominações da Notação de Kendall-Lee.

No caso deste trabalho, tanto a distribuição dos tempos entre chegadas, quanto a distribuição dos tempos de serviço foram supostas exponenciais, dado relato dos membros do ICESP USP. Além disso a capacidade do sistema e a população também foram supostos infinitas, para efeitos de modelagem e cálculo dos indicadores do sistema.

A Tabela 8 dá conta dos principais indicadores presentes em um modelo típico de filas ( $M/M/s/\infty/\infty$ ), bem como sua formulação matemática.

Tabela 8 - Equacionamento de um modelo típico de filas

Variável	Equacionamento
Taxa de chegada	$\lambda$
Taxa média de atendimento	$\mu$
Número de servidores	$c$
Intensidade de tráfego	$\rho = \frac{\lambda}{c \cdot \mu}$
Relação entre taxa de chegada e taxa de atendimento	$r = \frac{\lambda}{\mu}$
Probabilidade de zero tarefas no sistema	$P_0 = \left( 1 + \frac{(c\rho)^c}{c! (c-\rho)} + \sum_{n=0}^{c-1} \frac{(c\rho)^n}{n!} \right)^{-1}$
Probabilidade de $n$ tarefas no sistema	$P_n = \begin{cases} \frac{(c\rho)^n}{n!} \rho_0, & n < c \\ \frac{\rho^n c^n}{c!} \rho_0, & n \geq c. \end{cases}$
Número médio de usuários no sistema	$L = r + \left[ \frac{r^{c+1} c}{c! (c-r)^2} \right] P_0$
Probabilidade de filas	$\partial = P(\geq c \text{ clientes}) = \frac{(c\rho)^c}{c! (1-\rho)} \rho_0$
Número médio de usuários na fila	$L_q = \frac{P_0 \cdot c \cdot r^{c+1}}{c! (c-r)^2}$
Tempo médio de espera no sistema	$W = \frac{1}{\mu} + \left[ \frac{r^c \cdot \mu}{(c-1)! (c \cdot \mu - \lambda)^2} \right] P_0$
Tempo médio de espera na fila	$W_q = \left[ \frac{r^c \cdot \mu}{(c-1)! (c \cdot \mu - \lambda)^2} \right] P_0$

Fonte: Adaptado de Winston (2004)

#### 2.4.3 Aplicabilidade em saúde

O sistema de saúde é repleto de atrasos (GREEN, 2006). Existe um forte desbalanceamento entre a demanda por tratamentos e a capacidade disponível de atendimento (PALVANNAN & TEOW, 2010) o que faz com que hospitais e clínicas médicas tenham que atender pacientes sempre no limiar de sua capacidade. Esses atrasos são indesejáveis não apenas do ponto de vista

psicológico de preservação do paciente, mas também sob a ótica econômica de instituições de saúde.

É comum que pacientes cheguem dentro do horário estabelecido para uma consulta ou procedimento e acabem esperando por longos intervalos de tempo até serem atendidos. Em países de menor renda, esse problema é ainda maior dada a limitação de recursos necessários ao atendimento como médicos e leitos em hospitais (WU, LI & CHU, 2019).

Sendo assim se torna imperativo ter um entendimento completo do “fluxo do paciente”, que pode ser compreendido como a capacidade de uma instituição/ sistema de saúde em servir seus pacientes rapidamente, de forma confiável e eficiente em todos os estágios de seus tratamentos (HALL et al., 2007).

De maneira geral é possível entender o sistema de saúde como uma rede integrada e complexa de filas: existe o lado da demanda, representada principalmente pelo conjunto de pacientes e a distribuição do fluxo de chegada associada aos mesmos, e também a parte da oferta, associada à capacidade do hospital em disponibilizar procedimentos médicos e limitada principalmente pela disponibilidade de recursos de um hospital (médicos, enfermeiros, leitos, espaço para espera, etc.). Além disso é possível considerar que tanto a demanda por procedimento quanto a capacidade de atendimento são inherentemente estocásticos (PALVANNAN & TEOW, 2010).

Uma análise sob a ótica da disciplina de filas pode auxiliar, por exemplo, na determinação da capacidade de atendimento (alocação de recursos como dimensão principal) para garantir o atendimento de pacientes dentro de um intervalo saudável de espera (minimizando os atrasos).

## 2.5 CONCEITOS ESTATÍSTICOS

De acordo com Costa Neto (2002), “Estatística” é considerada a ciência que se preocupa com a descrição, organização, análise e interpretação de dados experimentais visando a tomada de decisão. O autor defende que a estatística serve como uma ferramenta que auxilia nesse processo e não como um fim em si. O autor defende a divisão da ciência estatística em 2 grandes frentes: “Estatística Descritiva”, que se encarrega da organização e descrição de dados experimentais e a “Estatística Indutiva” que engloba a análise e interpretação dos mesmos.

Devore (2008) defende que os métodos estatísticos são indispensáveis na compreensão do mundo, fornecendo maneiras de desenvolvimento de novas percepções no que se refere ao comportamento de diversos fenômenos. A estatística ainda segundo o autor auxilia na tomada de decisões na presença de incertezas e variações.

### 2.5.1 Distribuição de Probabilidade

De acordo com Devore (2008), distribuição de probabilidade pode ser definida como a maneira que a probabilidade total (100%) é distribuída entre todos os valores possíveis da variável estudada.

Uma distribuição de probabilidades pode ser descrita de acordo com seus parâmetros estatísticos e também de acordo com uma função de densidade de probabilidade  $f(x)$ , que ilustra a probabilidade de  $X$  assumir um valor em um intervalo definido. Além desses dois fatores, também pode ser caracterizada por uma função densidade de distribuição acumulada  $F(x)$ .

A seguir são apresentadas as formulações e comportamento das principais curvas identificadas durante as análises conduzidas.

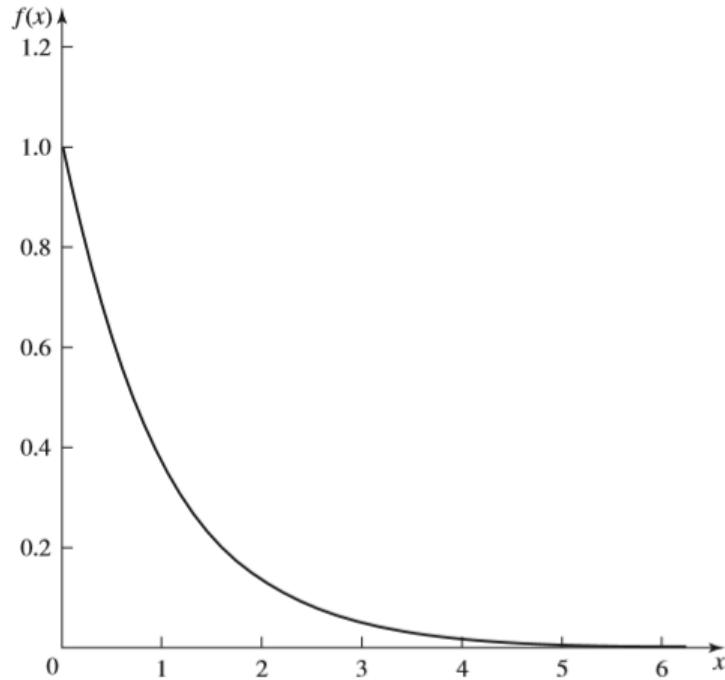
#### 2.5.1.1 Distribuição Exponencial

Tabela 9 - Formulações básicas da distribuição exponencial

Dado	Formulação
Função Densidade de Probabilidade	$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta} e^{-x/\beta} & \text{se } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Função Densidade de Probabilidade Acumulada	$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-x/\beta} & \text{se } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Parâmetro	$\beta \geq 0$
Domínio	$[0 ; \infty[$
Média	$\beta$
Variância	$\beta^2$

Fonte: Adaptado de Law (2015)

Figura 6 - Densidade de probabilidade da função exponencial



Fonte: Law (2015)

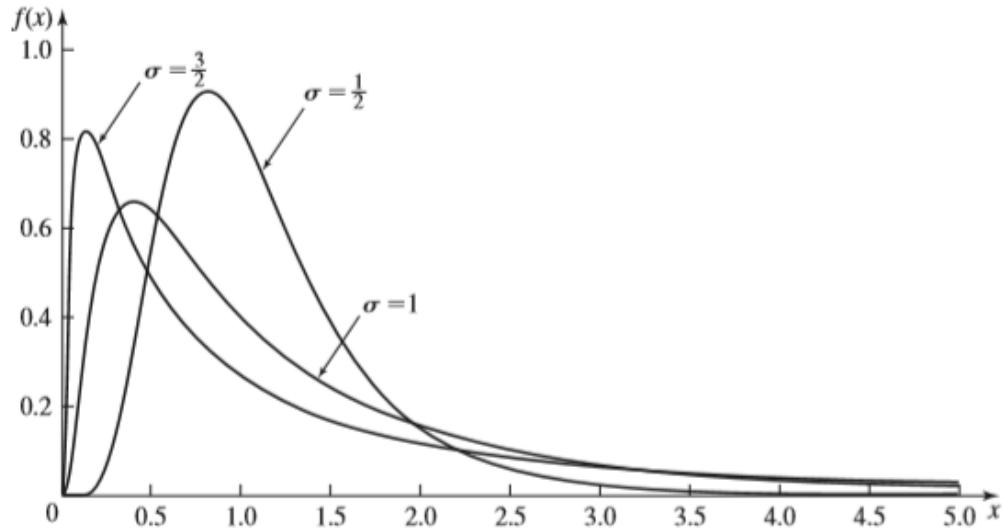
### 2.5.1.2 Distribuição Log-Normal

Tabela 10 - Formulações básicas da distribuição Log-Normal

Dado	Formulação
Função Densidade de Probabilidade	$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \frac{-(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2} & \text{se } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Função Densidade de Probabilidade Acumulada	Não possui formulação padrão
Parâmetro	Parâmetro de formato: $\sigma > 0$ Parâmetro de escala: $e^\mu > 0$
Domínio	$[0 ; \infty[$
Média	$e^{\mu + \sigma^2/2}$
Variância	$e^{2\mu + \sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1)$

Fonte: Adaptado de Law (2015)

Figura 7 - Densidade de probabilidade da função Log-Normal



Fonte: Law (2015)

### 2.5.1.3 Distribuição Johnson

Tabela 11 - Formulações básicas da distribuição Johnson

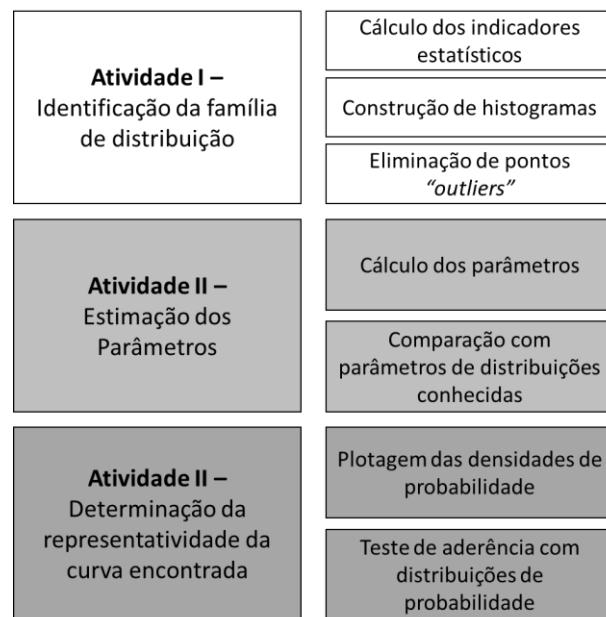
Dado	Formulação
Função Densidade de Probabilidade	$f(x) = \frac{\delta}{\lambda \sqrt{2\pi} \sqrt{z^2 + 1}} \exp\left(-\frac{1}{2}(\gamma + \delta \ln(z + \sqrt{z^2 + 1}))^2\right)$ <p>onde: <math>z \equiv \frac{x - \xi}{\lambda}</math></p>
Função Densidade de Probabilidade Acumulada	$F(x) = \Phi(\gamma + \delta \ln(z + \sqrt{z^2 + 1}))$ <p>onde: <math>z \equiv \frac{x - \xi}{\lambda}</math></p>
Parâmetros	<p>Parâmetro de formato Gama: <math>\gamma &gt; 0</math>            Parâmetro de formato Delta: <math>\delta &gt; 0</math>            Parâmetro de escala Lambda: <math>\lambda &gt; 0</math>            Parâmetro de localização Xi: <math>\xi</math></p>
Domínio	$[\xi; \xi + \lambda]$
Média	$\lambda - \xi \sqrt{w} \sinh \Omega$ $w = \exp(\delta^{-2})$
Variância	$\frac{\xi^2}{2}(w - 1)(w \cosh(2\Omega) + 1)$

Fonte: Adaptado de Law (2015)

#### 2.5.1.4 Identificação de distribuição de probabilidades

Law (2015) propõe 3 blocos de atividades a serem seguidas, de modo a servir como suporte para identificação de distribuição de probabilidades que podem representar o comportamento de determinada variável. Cada atividade possui uma sequência de análises a serem realizadas de modo a suportar a identificação da curva. A Figura 8 a seguir mostra a metodologia proposta por Law (2015).

Figura 8 - Atividades e análises para identificação de distribuição de probabilidade



Fonte: Adaptado de Law (2015)

A primeira atividade consiste na formulação de hipóteses sobre a família de distribuição que melhor se adequa à distribuição estudada. Para tanto é necessário primeiramente calcular os indicadores estatísticos básicos como a Média, Variância, Coeficiente de Variação e Curtose. Essa análise inicial pode, por exemplo, dar uma visão inicial quanto a família de curvas que a distribuição mais se assemelha: valores de Coeficiente de Variação próximos de 1, por exemplo, são fortes indícios de que a curva faz parte da família de curvas exponenciais.

A segunda análise dá conta da construção de histogramas de modo a suportar uma interpretação visual da distribuição de probabilidades, por fim é realizado um tratamento dos dados “outliers” com o intuito de refinar a análise realizada.

A segunda atividade dá conta da estimativa de parâmetros e pode ser resumida em duas principais atividades: o cálculo dos parâmetros com base nos dados disponíveis e posterior comparação dos mesmos com outros usualmente apresentados por distribuições de probabilidade conhecidas.

A última atividade consiste na determinação efetiva da distribuição de probabilidades, essa é feita usualmente através de 2 análises principais: a plotagem das densidades de probabilidade e a utilização de softwares para o suporte em testes de aderência como os testes de Kolmogorov Smirnov e Anderson Darling.

## 2.6 SIMULAÇÃO

Simulação pode ser definida como uma ampla coleção de métodos e aplicações para imitar o comportamento de sistemas reais, usualmente com suporte de um computador com um software apropriado (KELTON, SADOWSKI & SADOWSKY, 2001). O objeto de estudo de uma simulação é usualmente um Sistema, e para estuda-lo é necessário construir uma série de pressupostos sobre seu funcionamento. Esses pressupostos são comumente representados por relações matemáticas e lógicas que englobam o Modelo matemático (LAW, 2015).

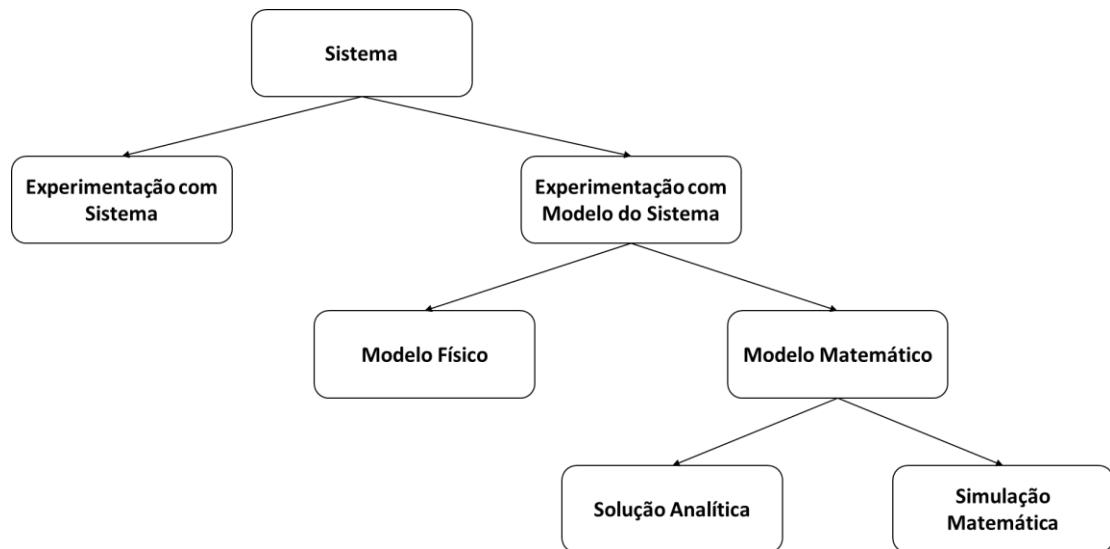
A complexidade do modelo vai determinar a necessidade ou não de uma simulação. Modelos muito simplificados podem, na maior parte das vezes, ser resolvidos através de ferramentas matemáticas clássicas, como álgebra e cálculo, fornecendo respostas exatas sobre os sistemas estudados. Modelos complexos, por sua vez, muitas vezes não podem ser resolvidos utilizando-se modelagem matemática clássica, sendo assim se torna necessário a utilização fazer uso da simulação para análise do problema.

### 2.6.1 Sistema

Sistema pode ser definido como um conjunto de entidades que interagem e atuam juntas em prol de atingir um fim lógico (SCHMIDT & TAYLOR, 1970). De certa forma, o sistema então está intrinsecamente ligado aos objetivos de determinado estudo, ou seja, um sistema de um determinado estudo pode ser considerado um subsistema de outro, dado o seu grau de complexidade.

Sistemas podem ser representados de acordo com seus diferentes Estados, ou seja, a reunião de variáveis e parâmetros de um sistema em um determinado instante do tempo. Sistemas podem ser divididos em duas principais classificações: Sistemas Discretos e Sistemas Contínuos. A primeira classificação dá conta dos sistemas em que as variáveis se alteram instantaneamente em intervalos separados do tempo, já na segunda, essa mudança de variáveis ocorre continuamente em relação ao tempo (LAW, 2015). A Figura 9 a seguir resume as diferentes abordagens para estudo de sistemas.

Figura 9 - Abordagens de estudo de sistemas



Fonte: Adaptado de Law (2015)

As diferentes abordagens são condicionadas pela disponibilidade de recursos para as análises. Uma Experimentação com o sistema provavelmente fornecerá resultados extremamente precisos, porém o consumo de recursos (financeiros, pessoal, tecnológicos, etc.) pode tornar essa abordagem inviável, ao passo que a modelagem do sistema pode não trazer resultados tão precisos, porém satisfatórios utilizando bem menos recursos, tornando-a uma opção mais viável.

## 2.6.2 Modelo

Como mencionado anteriormente, modelos são o conjunto de pressupostos lógicos e matemáticos que ajudam na compreensão de um sistema. Um modelo de simulação é comumente composto por 8 elementos: Entidades, Atributos, Variáveis, Recursos, Acumuladores Estatísticos, Eventos, Relógio da Simulação e os Processos de Início e Parada (KELTON, SADOWSKI &

SADOWSKY, 2001). A Tabela 12 a seguir resume os principais elementos de um modelo de simulação.

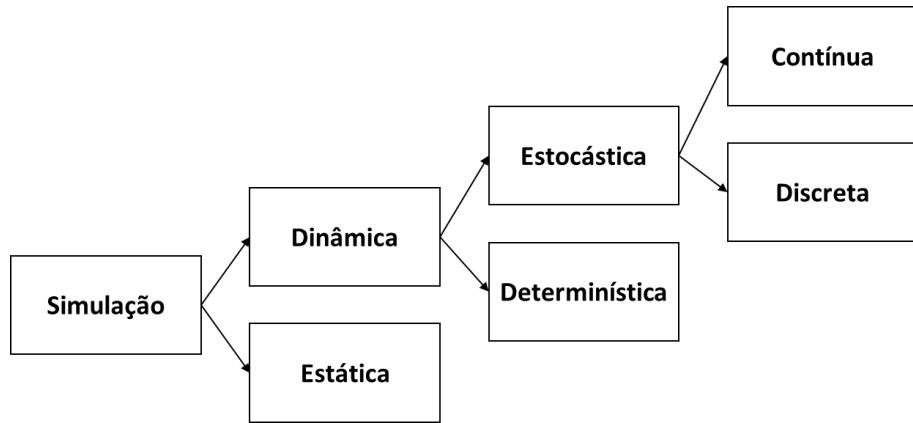
Tabela 12 - Elementos básicos de um Modelo de Simulação

Elemento	Descrição
Entidades	São objetos dinâmicos envolvidos em uma simulação. Usualmente criados, modificados e depois descartados do sistema estudado. Ao longo de sua existência em um modelo, as entidades afetam e são afetadas pelas demais, se movem e mudam suas propriedades e variáveis associadas.
Atributos	São características comuns de todas as entidades, porém apresentam valores diferentes para cada, de modo a diferenciá-las e também controlar seu comportamento dentro de um sistema.
Variáveis	É um pedaço de informação que reflete determinada característica do sistema, independentemente do número de entidades presentes em um determinado instante do tempo
Recursos	São objetos individuais do sistema que fornecem serviços às entidades, modificando-as. Usualmente são designados à uma ou mais entidades por vez, podendo estar ocupados ou livres
Acumuladores Estatísticos	Variáveis que auxiliam no controle e interpretação dos resultados da modelagem de um sistema
Eventos	Ocorrências ou acontecimentos que provocam algum tipo de modificação em um determinado sistema
Relógio de Simulação	Corresponde ao controle do tempo de uma simulação, carregando a informação do mesmo ao longo de todo o processo estudado
Processo de Início e Parada	Correspondem aos processos que determinam o início e o fim de uma simulação

Fonte: Adaptado de Kelton, Sadowski & Sadowsky (2001)

Law (2015) propõe a classificação de modelos de simulação em 3 dimensões distintas: a primeira divide a modelagem em Estática, ou seja, situação em que o tempo não interfere não influí no estado do sistema e Dinâmica, ou seja, onde o sistema evolui com o decorrer do tempo. A segunda dimensão contempla a divisão entre simulações Determinísticas, ou seja, aquelas que não incluem nenhum tipo de componente probabilístico, e Estocástica, que diferentemente existe um componente de randomização nos parâmetros estudados. A última dimensão é dividida em Simulações Discretas e Contínuas, descritas no item anterior.

Figura 10 - Classificação de modelos de simulação

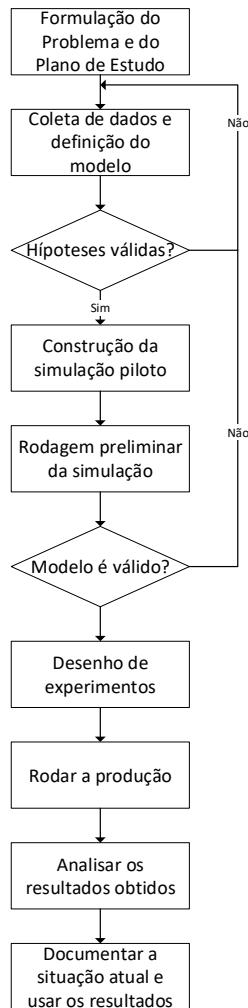


Fonte: Adaptado de Law (2015)

### 2.6.3 Processo de simulação

Law (2015) propõe um fluxo padrão para execução de um projeto de simulação. O primeiro ponto consiste na formulação e compreensão do problema e do contexto no qual ele se insere, seguido pela coleta dos dados necessários e formulação inicial do modelo. Tendo as hipóteses consideradas validadas, o próximo passo consiste na construção de uma simulação piloto e rodagem inicial da mesma. Tendo comparado os resultados observados na simulação com a realidade e validado sua veracidade, os passos seguintes consistem na rodagem e refinamento do modelo construído. A Figura 11 resume o processo de simulação proposto.

Figura 11 - Processo de simulação



Fonte: Adaptado de Law (2015)

## 2.7 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

De acordo com Paladini (2012) as Ferramentas da Qualidade são mecanismos para selecionar, implantar ou avaliar alterações em processos produtivos. Ela o faz através de análises objetivas de partes definidas do processo, sendo seu objetivo final a melhoria do mesmo.

As ferramentas da qualidade foram propostas por Kaoru Ishikawa e também eram denominadas como “7 velhas ferramentas da qualidade” (BERSSANETI & BOUER, 2013). Apesar de atualmente o número de ferramentas ser maior, as 7 ferramentas clássicas estão brevemente apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Descrição das "7 velhas ferramentas da qualidade"

Ferramenta	Descrição
Coleta de dados/ estratificação	Processo estruturado para obtenção de dados, através de metodologia adequada e posterior separação e classificação dos dados em grupos ou classes com características semelhantes
Fluxograma	Ferramenta para registro do fluxo de produção ou ainda de prestação de serviços através de linguagem “universal”
Diagrama de causa e efeito	Representação gráfica para organização de informações para suporte na identificação de causas de determinado efeito ou problema
Histograma	Método visual para representação da dispersão de um conjunto de dados
Diagrama de Pareto	Abordagem gráfica para priorização de ações ou esforços
Diagrama de dispersão	Ferramenta gráfica para análise de existência de relação matemática entre duas variáveis
Gráficos de controle	Ferramenta visual para acompanhar o andamento de um processo ao longo de um intervalo de tempo determinado

Fonte: Adaptado de Berssaneti & Bouer (2013)

As ferramentas da qualidade não fornecem por si só a melhoria necessária ao processo, elas apenas servem como alicerce para o entendimento atual do processo e posterior suporte para as análises e identificação de possíveis problemas que possam existir.

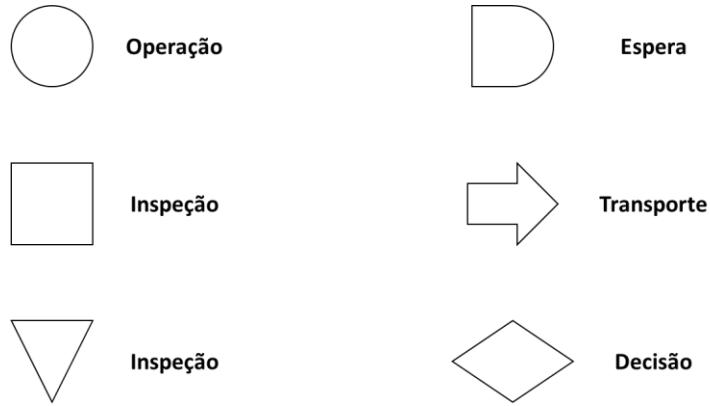
Neste projeto serão utilizadas duas ferramentas da qualidade em maior detalhe: Histogramas e Fluxogramas, sendo assim essas duas ferramentas serão apresentadas com maior profundidade nos próximos itens.

### 2.7.1 Fluxograma

Fluxogramas são ferramentas que se propõem a desenvolver uma linguagem “universalizada” para mapeamento do fluxo de processos, sejam eles de produção de produtos ou fornecimento de serviços. Sua principal finalidade consiste em facilitar a aprendizagem, comunicação e também a identificação de oportunidades de melhoria no processo. Fluxogramas servem também como um retrato atual da execução de determinado processo (BERSSANETI & BOUER, 2013).

Como mencionado anteriormente, o fluxograma busca ser uma ferramenta universal de representação de processos, nesse sentido, agências de padronização buscam criar simbologias únicas de modo a representar os elementos típicos de um fluxograma. A Figura 12 a seguir ilustra a simbologia usualmente utilizada na elaboração de fluxogramas.

Figura 12 - Simbologia clássica dos elementos de um fluxograma



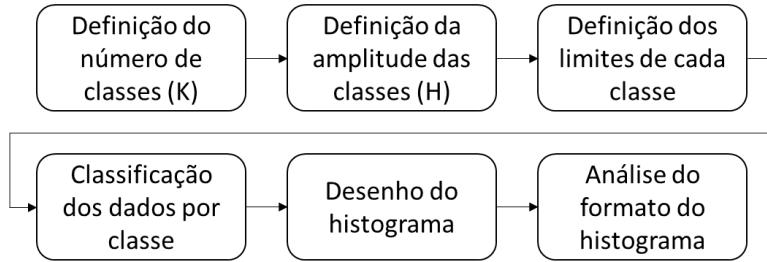
Fonte: Adaptado de Berssaneti & Bouer (2013)

### 2.7.2 Histograma

Histograma é uma ferramenta que tem sua origem na estatística e tem como principal funcionalidade a representação visual da variabilidade da frequência apresentada por um conjunto de dados que representam determinado processo, servindo como suporte para realizar inferência sobre o comportamento global dos mesmos (PALADINI, 2012).

O Histograma consiste em uma ferramenta gráfica de representação da dispersão (variabilidade) de um determinado conjunto de dados (BERSSANETI & BOUER, 2013). Haja visto que todo processo apresenta algum tipo de variação, a construção de Histogramas pode auxiliar na identificação de padrões na variabilidade dos processos, na medida em que oferece um método visual e não é baseado exclusivamente na interpretação de resultados presentes em tabelas de dados. A Figura 13 mostra esquematicamente o processo de construção de um histograma, sem o auxílio de software especializado.

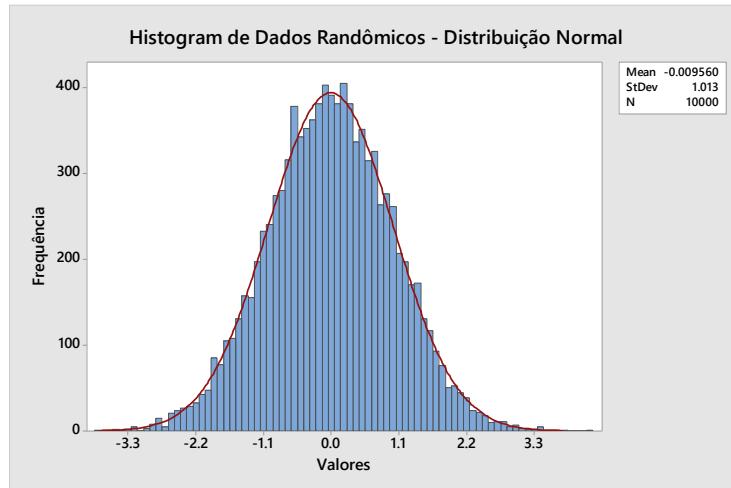
Figura 13 - Metodologia para construção de um histograma



Fonte: Adaptado de Berssaneti & Bouer (2013)

Para ilustrar a aplicabilidade dos Histogramas na identificação de padrões nos dados, foi gerada uma série de 10.000 números randômicos que seguem aproximadamente uma distribuição normal. Esses dados foram então utilizados na construção de um Histograma com auxílio do software Minitab® e comparados posteriormente com uma curva normal, de modo a verificar a aplicabilidade da comparação visual fornecida pelo ferramental utilizado. O resultado desse exercício pode ser verificado na Figura 14.

Figura 14 - Exemplo de construção e aplicação de um Histograma



Fonte: Elaborado pelo Autor

## 2.8 SOFTWARES ESTATÍSTICOS E PARA SIMULAÇÃO

No presente trabalho foram utilizados diversos softwares para dar apoio às análises conduzidas. 4 softwares principais foram utilizados nesse sentido: 2 dedicados à análise estatística dos indicadores de filas estudados, 1 utilizado na gestão das bases de dados disponibilizadas e outro responsável pela simulação de filas. A seguir esses softwares são brevemente apresentados.

### **2.8.1 Minitab®**

Minitab consiste em um software de uso geral para computação de dados estatísticos. Suas principais funcionalidades consistem em: armazenamento e análise estatística de dados, gestão e tratamento de dados e construção de diversos tipos de gráficos.

### **2.8.2 EasyFit®**

O EasyFit ® é um software que auxilia no ajuste de um grande volume de dados a uma determinada curva. Ele pode ser usado como um aplicativo independente ou com o Microsoft Excel® e fornece uma priorização de distribuições que melhor se encaixam aos dados nele inseridos.

### **2.8.3 Arena®**

A arena é um software de simulação discreta e automação de eventos desenvolvido pela “*Systems Modeling*” e adquirido pela “*Rockwell Automation*” em 2000. Dentre suas principais aplicações está a simulação de modelos de filas com base em parâmetros estatísticos fornecidos pelo usuário.

### **2.8.4 Alteryx®**

Alteryx ® é um software para otimizar o processamento de grandes bases de dados. Ele possibilita a geração de conjuntos otimizados de dados para posterior análise em outros softwares como Minitab ® e Microsoft Excel ®. A Tabela 14 a seguir resume as principais funcionalidades do software.

Tabela 14 - Principais funcionalidades do software Alteryx ®

Função	Ícone	Descrição
Importar		Função utilizada para inserir dados no ambiente de trabalho, selecionando um arquivo ou conectando-se a um banco de dados
Exportar		Função utilizada para inserir os dados organizados em uma nova base de dados ou atualizá-los na base existente
Unir		Função utilizada para unificar dados provenientes de diferentes planilhas em uma nova base de dados
Organizar		Função utilizada para classificar dados de uma determinada coluna da base de dados de acordo com critério estabelecido pelo usuário
Filtrar		Função utilizada para filtrar dados de acordo com condições impostas pelo usuário

Fonte: Elaborado pelo Autor

### 3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A ideia do trabalho será de, primeiramente, compreender a situação atual do hospital no que tange as dinâmicas de filas nos setores mais relevantes para o mesmo. Para tanto uma análise dos dados fornecidos pelos funcionários do hospital somada a um mapeamento dos principais processos realizados no pavimento térreo do prédio (de maior fluxo de pessoas) serão necessárias.

Feito o entendimento inicial e mapeamento dos processos, o próximo passo será a análise dos indicadores de filas do processo apontado pela gerência do hospital como sendo o de maior urgência. Para tanto, serão levantadas, junto aos funcionários do instituto, bases de dados contendo informações relativas as filas atuais do Instituto. Esses dados serão comparados com “indicadores referência” de modo a verificar padrões de comportamento em intervalos específicos do dia. Nessa etapa serão realizadas também visitas ao instituto para validação dos dados fornecidos e acompanhamento do processo em campo.

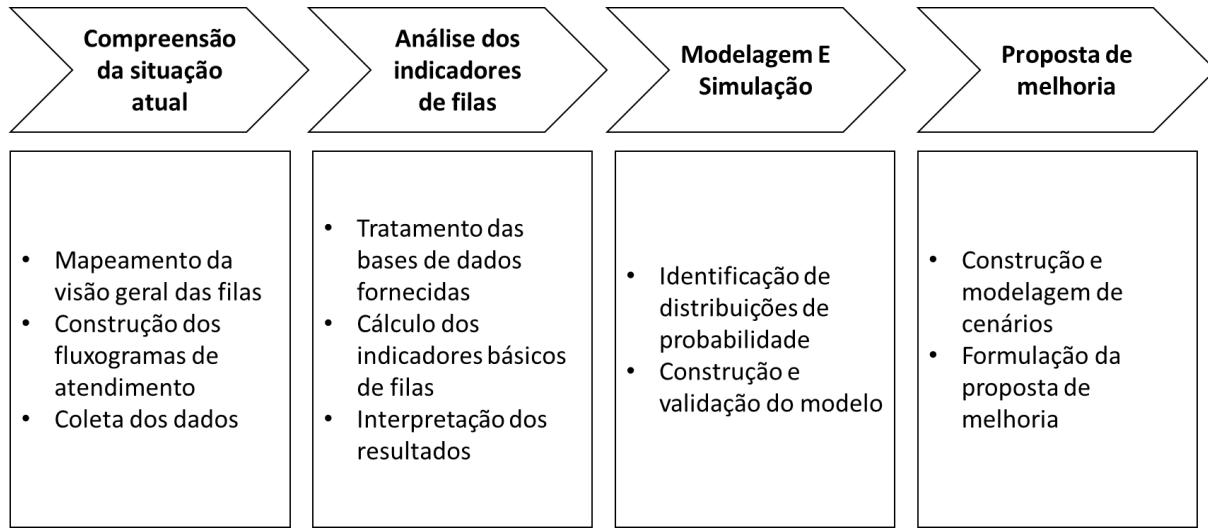
Terminado o entendimento da situação atual da dinâmica de filas, o próximo passo será a elaboração de um modelo que represente a dinâmica dos principais indicadores de filas. Para tanto será necessário um estudo quanto ao comportamento dos indicadores envolvidos (como intervalo entre chegadas e tempo médio de atendimento) de modo a encontrar padrões estatísticos que representem fidedignamente seu comportamento ao longo dos intervalos de análise estabelecidos. Ao final desse processo, pretende-se elaborar um modelo que tenha os indicadores mapeados como insumo para seu funcionamento.

O modelo deverá ser então ser validado, para tanto serão realizadas simulações com os parâmetros atuais do sistema de fila. Os valores encontrados serão confrontados com os indicadores atuais do sistema de filas para checar a acurácia do modelo e, caso necessário, implementar ajustes no mesmo, de modo a torná-lo apto a servir como alicerce para a próxima etapa do trabalho.

Tendo o modelo validado, o último passo será realizar análises de sensibilidade testando diferentes cenários, sendo os mesmos baseados em propostas de melhoria que poderiam ser implementadas pela gerência do ICESP USP de modo a melhorar os indicadores atuais de fila, levando-se em conta não apenas os resultados esperados sobre os indicadores, mas também os impactos que a solução proposta trarão ao hospital.

Ao final do trabalho espera-se ter uma recomendação quanto a possíveis medidas a serem implementadas pelo hospital, trazendo os impactos possíveis de cada uma com base nos cenários testados.

Figura 15 - Abordagem metodológica para realização do trabalho



Fonte: Elaborado pelo Autor

## 4 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

O presente capítulo busca descrever o processo atual de atendimento inicial de pacientes do ICESP, descrevendo os processos envolvidos nesse atendimento, bem como uma análise dos indicadores atuais do hospital com base no tratamento dos dados fornecidos pelos responsáveis pelo setor.

### 4.1 VISÃO GERAL

Atualmente o ICESP conta com diversos procedimentos que englobam desde consultas médicas, administração de remédios até a execução de exames. Como esses procedimentos variam consideravelmente em termos de complexidade, uso de recursos e principalmente recorrência, o hospital concentrou esforços e adotou procedimentos distintos para admissão de pacientes dentro do espaço interno do ICESP.

A filosofia do instituto consiste em concentrar seus esforços nos procedimentos mais recorrentes dentro hospital, de modo a desafogar as principais filas existentes. Nesse sentido o ICESP adotou guichês diferenciados de acordo com a razão da visita do paciente ao hospital. Um exemplo claro dessa distinção pode ser evidenciado logo na entrada do hospital, no andar térreo, onde a emissão de senhas é dividida em dois blocos de guichês distintos: um é destinado apenas para emissão de senha de pacientes que irão realizar exames de coleta de sangue, enquanto que o outro bloco se responsabiliza pela emissão de senhas para pacientes que irão realizar algum procedimento mais complexo no hospital, como consultas médicas, recebimento de medicação intravenosa ou exames de imagem.

A divisão dos fluxos de pacientes em processos diferentes e consequentemente em guichês e filas de atendimento distintos, permite ao hospital ter uma certa margem de manobra para variar esforços no atendimento de pacientes de acordo com o tratamento e também com a demanda que varia conforme o horário e também com o dia da semana. Sendo assim funcionários alocados no atendimento de pacientes que irão realizar coleta de sangue podem, por exemplo, ser realocados na recepção de pacientes que realizarão algum procedimento mais complexo, sem a necessidade de grandes esforços. O sistema utilizado na triagem de pacientes é conhecido pela grande parte dos

funcionários da recepção, logo a realocação de pessoal pode ser feita sem a necessidade de treinamento específico e também sem prejuízos ao fluxo de processos.

Figura 16 - Indicativo na entrada do hospital sobre o local de atendimento de pacientes de acordo com o motivo da visita



Fonte: Elaborado pelo Autor

Além dos guichês localizados no andar térreo do ICESP para atendimento e identificação inicial de pacientes, o hospital conta com outros 51 guichês localizados no 1º, 2º, 3º, 4º, 5º, 11º e 12º andares, a Tabela 15 a seguir dá conta das principais atividades envolvidas nos guichês localizados em cada um dos andares.

Tabela 15 - Descrição das principais atividades realizadas por guichês por andar do ICESP

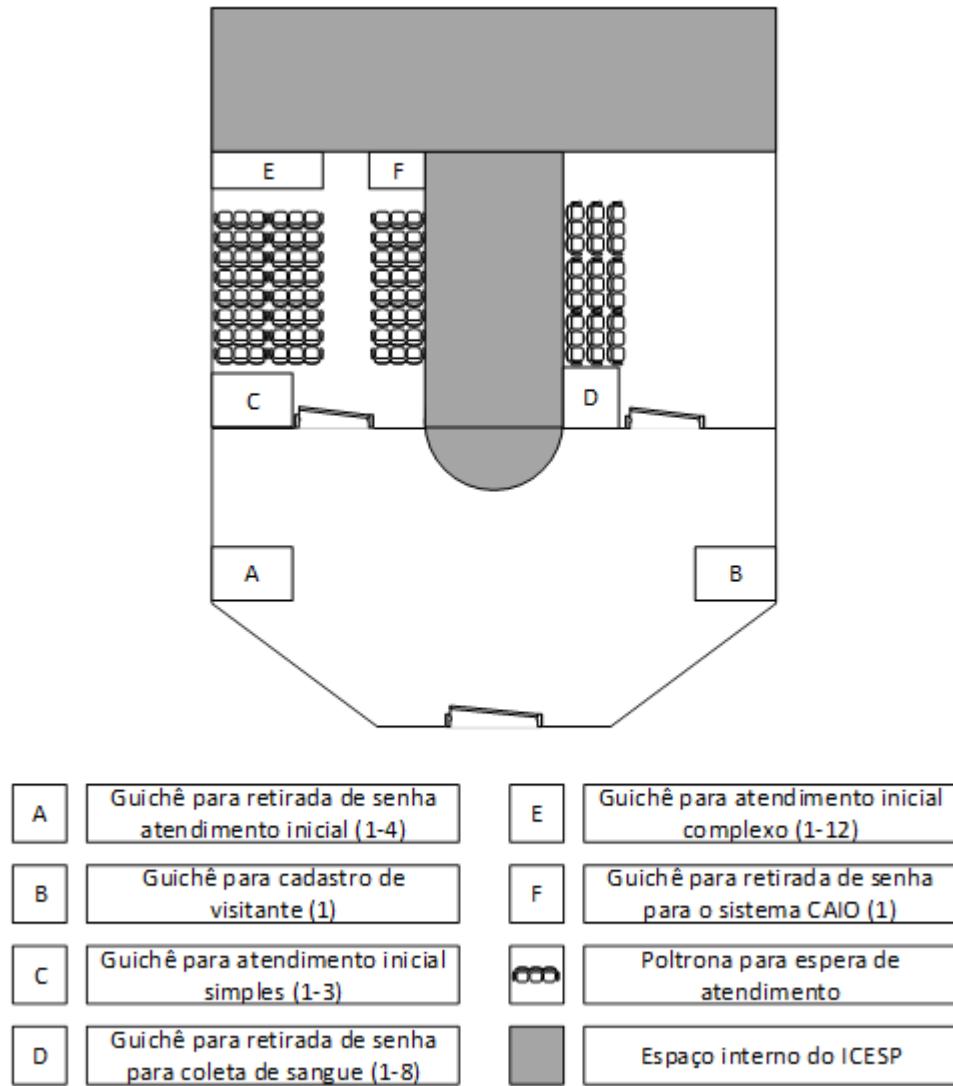
<b>Andar</b>	<b>Principais atividades realizadas nos guichês</b>
Térreo	Cadastro de visitantes
	Distribuição de senhas para coleta de exame de sangue
	Distribuição de senhas para atendimento inicial simples e complexo
	Atendimento inicial simples e complexo
1º	Distribuição de senhas para autoatendimento
	Recepção de pacientes que realizarão exames de imagem
	Recepção de pacientes que realizarão exames de imagem
	Recepção de pacientes que passarão pela enfermagem
2º	Recepção de pacientes que passarão pela enfermagem
	Cadastro de pacientes para atendimento em consultório
	Recepção de pacientes para Radioterapia
3º	Recepção de pacientes que passarão pela enfermagem
	Cadastro de pacientes para atendimento em consultório
4º	Recepção de pacientes que passarão pela enfermagem
	Cadastro de pacientes para atendimento em consultório
5º	Recepção de pacientes que realizarão quimioterapia
	Recepção de pacientes para atendimento em consultório
11º	Recepção de pacientes que realizarão quimioterapia
12º	Recepção do setor de pesquisa clínica

Fonte: Elaborado pelo Autor

Esse trabalho analisará principalmente as filas dos guichês localizadas no setor térreo em especial aquelas relacionadas ao atendimento inicial complexo de pacientes, dado que são as que concentram o maior número de atendimentos por dia, além de serem apontadas como principal preocupação dos representantes do ICESP quanto a necessidade de melhorias nos indicadores de filas.

A ideia será então traçar um perfil da situação atual dessas filas e propor medidas a serem tomadas de modo a diminuir os tempos médios de fila nesses guichês. A Figura 17 dá conta de uma representação gráfica do andar térreo do ICESP, com a indicação dos principais guichês de atendimento lá existentes.

Figura 17 - Representação gráfica do andar térreo do ICESP USP com indicação dos principais guichês de atendimento



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 18 - Espaço de espera para atendimento inicial complexo



Fonte: Relatório de Sustentabilidade ICESP GRI (2008-2013)

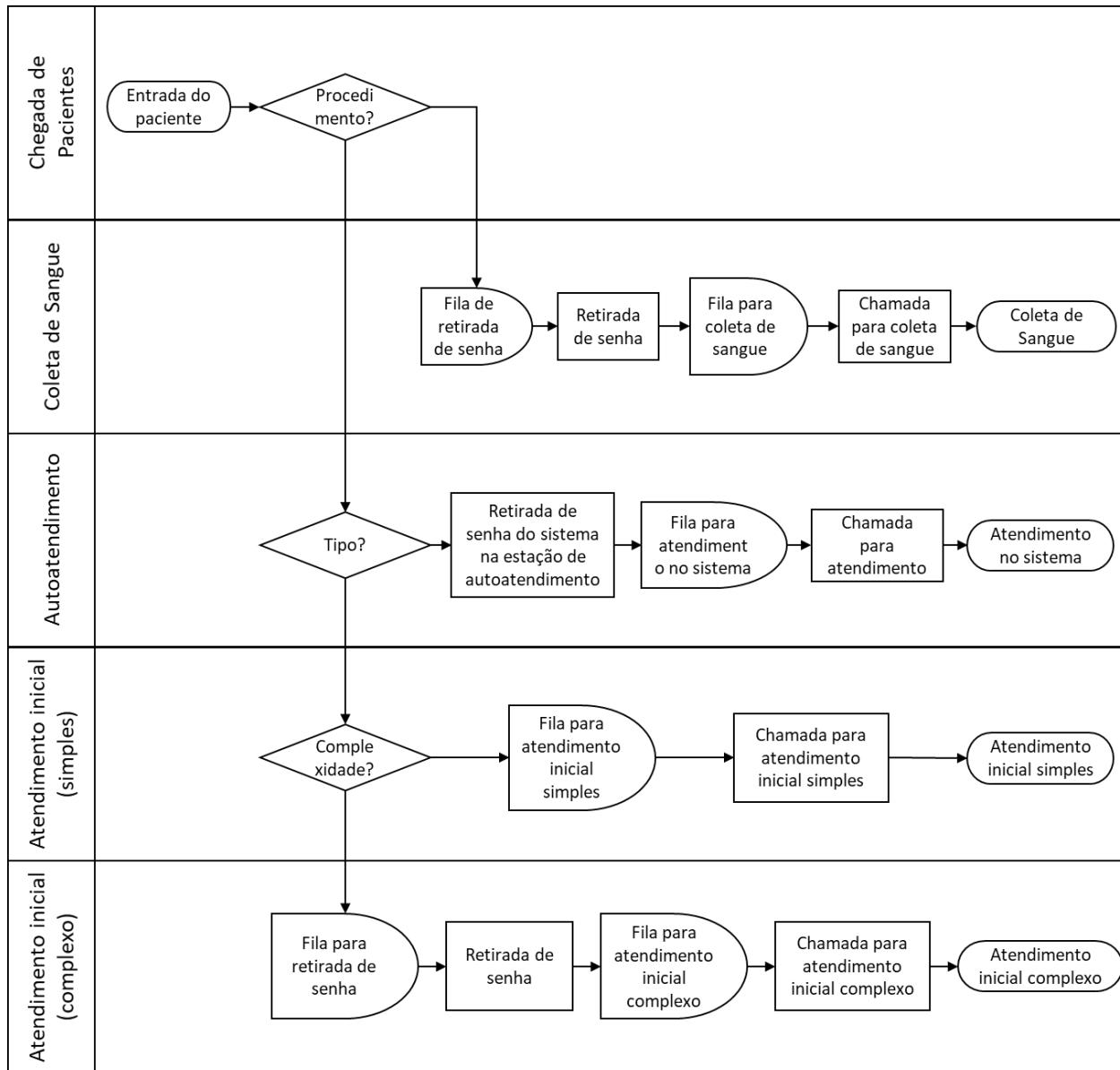
## 4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO ATUAL

Feita a seleção das filas que serão contempladas nesse trabalho, o próximo passo consiste no desenho dos processos envolvidos nessas filas. Como mencionado anteriormente, serão analisados os indicadores relativos às filas de atendimento inicial complexo, mesmo assim é importante mapear as filas localizadas no mesmo andar. Além do atendimento inicial complexo, outros 3 tipos de atendimentos são realizados no andar.

O primeiro é o atendimento inicial simples, que consiste basicamente na reimpressão de exames realizados anteriormente, além do esclarecimento de dúvidas; o segundo consiste no autoatendimento que contempla pacientes previamente matriculados no ICESP que precisam de algum cuidado de emergência ou urgência; por fim, o terceiro tipo de atendimento consiste em pacientes que irão realizar coleta de sangue.

Tendo em vista os principais tipos de atendimentos realizados no andar térreo, é possível desenhar um fluxograma que contempla a classificação dos pacientes que serão atendidos no andar térreo, destacando também as filas e os marcos do processo de atendimento do mesmo. A Figura 19 a seguir dá conta de uma visão global do fluxo de pacientes no andar térreo de acordo com o motivo da visita.

Figura 19 - Fluxograma e atendimento de pacientes no ICESP para o andar térreo



Fonte: Elaborado pelo Autor

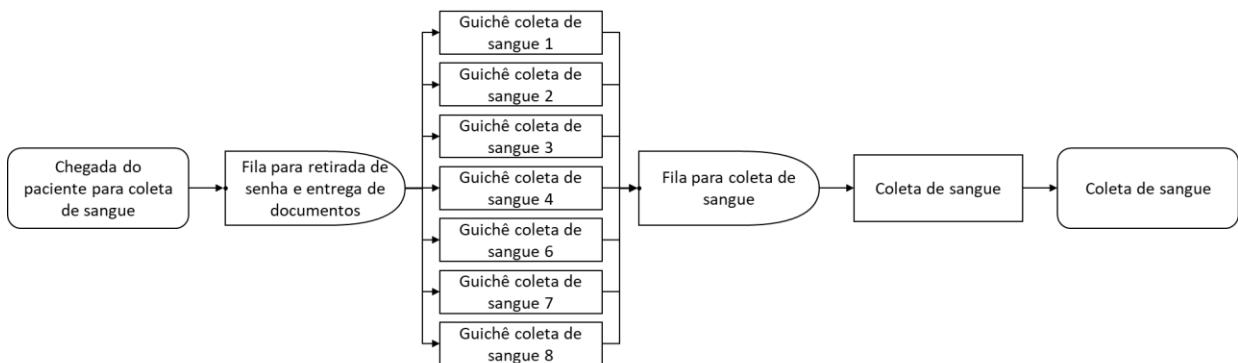
A seguir serão detalhados o processo de atendimento para cada motivo de visita, indicando o número de guichês destinados para execução dos processos, bem como a localização dos processos dentro do andar térreo do hospital, tendo como base a Figura 17 apresentada anteriormente.

#### 4.2.1 Coleta de Sangue

O processo de coleta de sangue é todo realizado no andar térreo do ICESP, isso porquê além da recepção estar localizada nesse pavimento, as cabines de coleta com instrumentos e profissionais destinados à realização do mesmo também se encontram no mesmo local.

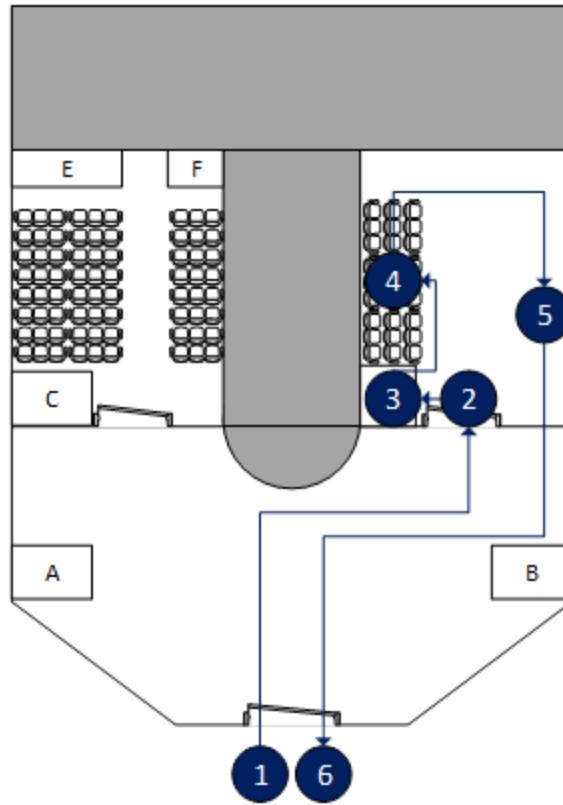
O paciente que realizará tal processo irá primeiramente se dirigir à fila para retirada de senha. Chegando sua vez, o mesmo será atendido por um dos 8 guichês (servidores) destinados a emissão de senhas e conferência dos documentos necessários para realização do exame. Tendo em mãos sua senha, o paciente irá aguardar a chamada de seu número no espaço adjacente às cabines de coleta, onde existe um número limitado de assentos. A chamada é realizada através de um monitor afixado ao lado do local de espera onde são informadas as senhas atuais, anteriores e próximas, bem como o tempo atual médio de espera. Ao chegar sua vez, o paciente se dirige ao box indicado, onde um profissional do ICESP realiza a coleta. Ao final o paciente recebe as informações necessárias para acessar o resultado de seus exames, sendo então liberado do hospital. A Figura 21 e a Tabela 16 a seguir dão conta do mapa fluxograma do atendimento para coleta de exames de sangue enquanto que a Figura 20 mostra de maneira gráfica a dinâmica de filas e servidores (guichês) para tal atendimento.

Figura 20 - Dinâmica de filas e servidores para o atendimento de pacientes para coleta de sangue



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 21 - Mapa fluxograma da coleta de sangue



Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 16 - Descrição dos processos do mapa fluxograma da coleta de sangue

Número	Processo
1	Entrada no hospital
2	Espera na fila para retirada da senha
3	Retirada da senha
4	Espera para chamada da senha
5	Coleta de exame de sangue
6	Saída do hospital

Fonte: Elaborado pelo Autor

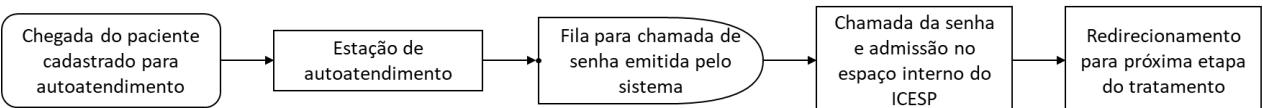
#### 4.2.2 Autoatendimento

O ICESP USP implantou recentemente um protótipo de sistema de autoatendimento. A ideia é acelerar o tempo de atendimento, de modo a desafogar as filas atuais. O sistema ainda está em fase inicial de testes, logo apenas usuários previamente cadastrados no hospital são elegíveis

para utilizar o mesmo, sendo assim seu alcance ainda é bastante limitado, além do fato que o hospital disponibiliza apenas 1 estação de autoatendimento. A implementação de um sistema de autoatendimento é bastante complexa, principalmente no que se refere a elaboração das telas com as opções de motivos de visita: o ICESP, sendo uma referência no tratamento de câncer, oferece uma gama enorme de tratamentos, logo pacientes poderiam ter dificuldades em selecionar a opção que melhor se adeque ao tratamento que estão buscando no hospital, além disso existe o componente “humano” no atendimento de pacientes que auxilia, por exemplo na aderência ao tratamento, além de garantir maior assertividade na indicação do local adequado para os procedimento médicos.

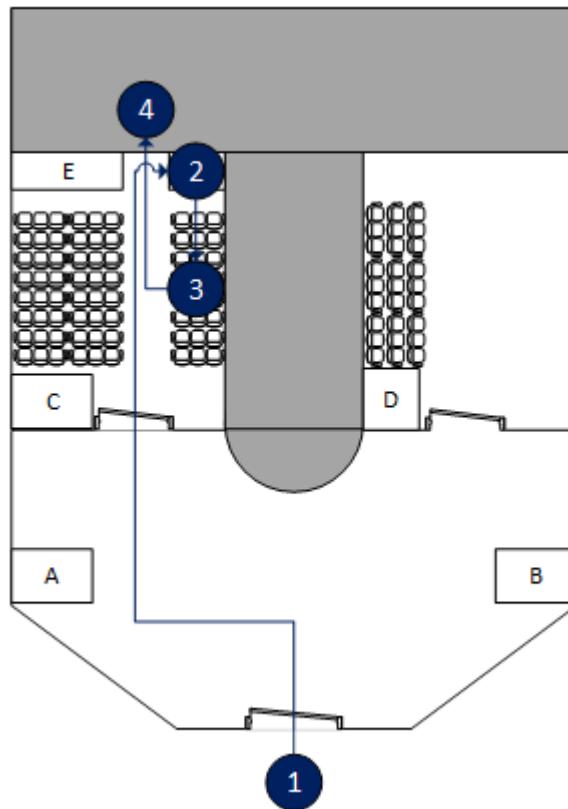
O fluxo de atendimento é bastante simplificado: primeiramente o paciente (previamente cadastrado) se dirige à estação de autoatendimento onde ele indicará o motivo de visita. Feita a indicação, o sistema gera automaticamente uma senha e imprime um comprovante com o número da mesma. O paciente então espera ser chamado em um dos painéis posicionados próximos da estação de autoatendimento. Sendo realizada a chamada, o paciente é liberado para adentrar o espaço interno do ICESP para dar continuidade ao tratamento. A Figura 23 e a Tabela 17 a seguir dão conta do mapa fluxograma do atendimento para o autoatendimento enquanto que a Figura 22 mostra de maneira gráfica a dinâmica de filas e servidores (guichês) para o autoatendimento.

Figura 22 - Dinâmica de filas e servidores para o atendimento de pacientes cadastrados para uso do autoatendimento



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 23 - Mapa fluxograma do autoatendimento



Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 17 - Descrição dos processos do mapa fluxograma do autoatendimento

Número	Processo
1	Entrada no hospital
2	Retirada de senha no terminal de autoatendimento
3	Espera pela chamada da senha
4	Admissão na área restrita do hospital

Fonte: Elaborado pelo Autor

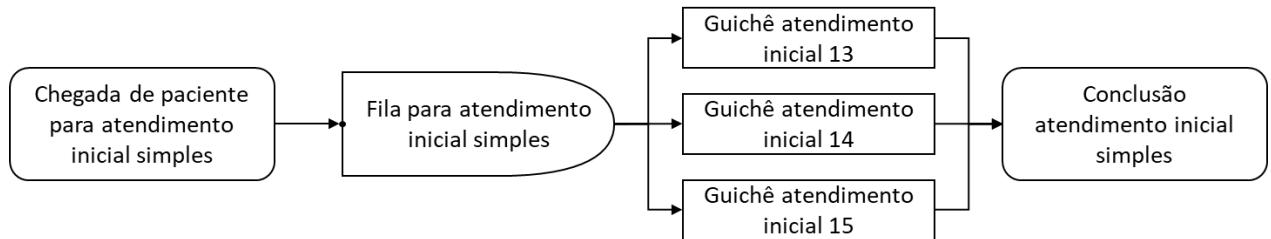
#### 4.2.3 Atendimento inicial (simples)

O atendimento inicial simples, consiste em procedimentos que não exigem que o paciente adentre no ambiente interno do ICESP. No caso esse tipo de procedimento compreende apenas atendimentos que possam ser resolvidos no local e instantes em que são levantados. Alguns exemplos de atendimentos desse tipo são: retirada de dúvidas pontuais, requisição para reimpressão de resultados de exames ou outros laudos relacionadas ao tratamento.

Anteriormente, o atendimento inicial não era segregado entre simples e complexo, sendo assim, pessoas que necessitassem sanar dúvidas pontuais ou ainda realizar procedimentos extremamente simples precisavam retirar a senha e passar pela mesma fila de outros pacientes que iriam adentrar no ambiente ICESP. Tendo observado o comportamento de alguns atendimentos extremamente simples, a administração do hospital optou por alocar 3 guichês presenciais apenas para lidar com esse tipo de situação. Ficou estipulado que os guichês de número 13, 14 e 15 seriam encarregados por esse atendimento e que pacientes com esse tipo de demanda não necessitam de senha e podem se dirigir diretamente aos guichês, esperando na fila, caso os mesmos estejam ocupados.

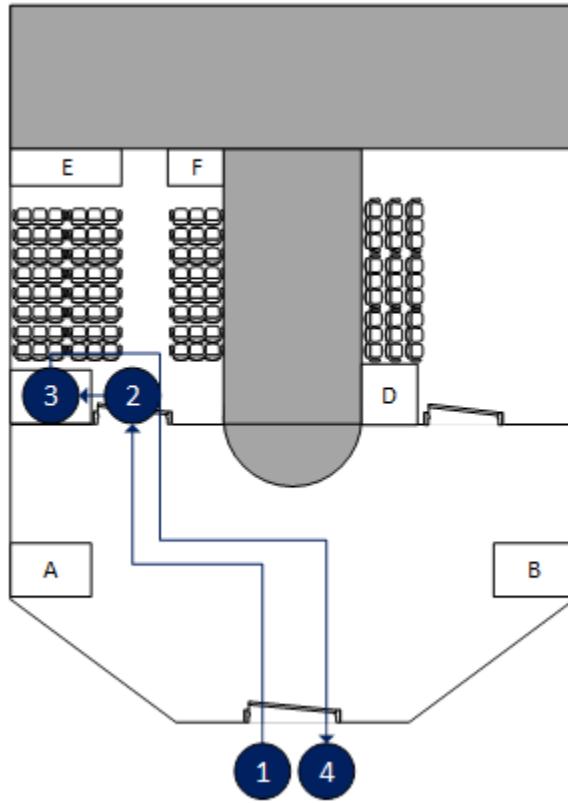
A Figura 25 e a Tabela 18 a seguir dão conta do mapa fluxograma do atendimento inicial simples enquanto que a Figura 24 mostra de maneira gráfica a dinâmica de filas e servidores (guichês) para esse tipo de atendimento.

Figura 24 - Dinâmica de filas e servidores para o atendimento inicial simples



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 25 – Mapa fluxograma do atendimento inicial simples



Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 18 - Descrição dos processos do mapa fluxograma do atendimento inicial simples

Número	Processo
1	Entrada no hospital
2	Espera na fila para atendimento
3	Atendimento inicial
4	Saída do hospital

Fonte: Elaborado pelo Autor

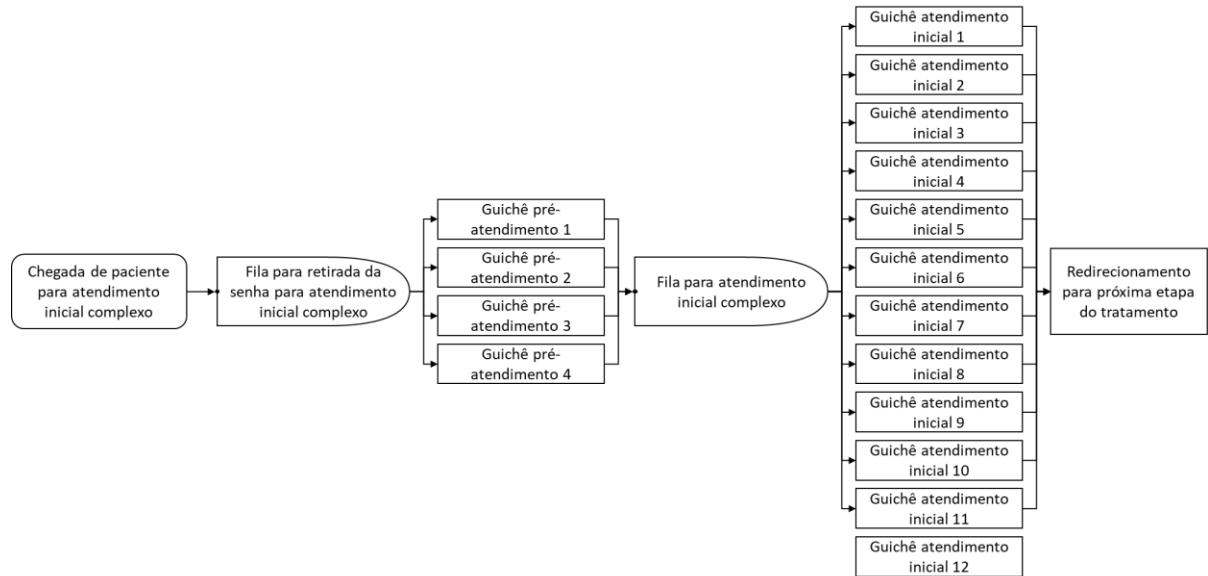
#### 4.2.4 Atendimento inicial (complexo)

O atendimento inicial complexo é aquele de maior fluxo de pessoas no andar térreo do ICESP. Por se tratar de um procedimento que resultará na admissão do paciente dentro do ambiente restrito do hospital, é fundamental que não existam falhas durante a execução do mesmo, assim sendo o hospital disponibiliza 12 guichês para cuidar apenas desse tipo de atendimento.

Pacientes que passarão pelo atendimento inicial complexo deverão primeiramente se direcionar para um fila de retirada de senha, onde 4 guichês de pré-atendimento são responsáveis por emitir a senha e marcar a entrada do usuário na fila do atendimento inicial. O paciente com a senha em mãos se dirige para o saguão onde existe um número limitado de assentos para que o mesmo aguarde sua chamada. Analogamente ao que ocorre nos casos do autoatendimento e no caso da coleta de sangue, o saguão possui alguns painéis que indicam a senha chamada e também o guichê de atendimento da mesma, para que o paciente se dirija ao local correto do atendimento inicial complexo. Após a coleta dos dados necessários, o responsável pelo atendimento credencia o paciente a entrar na área restrita do hospital e, dada a estrutura complexa do hospital, indica ao paciente o pavimento e o local da próxima etapa do atendimento.

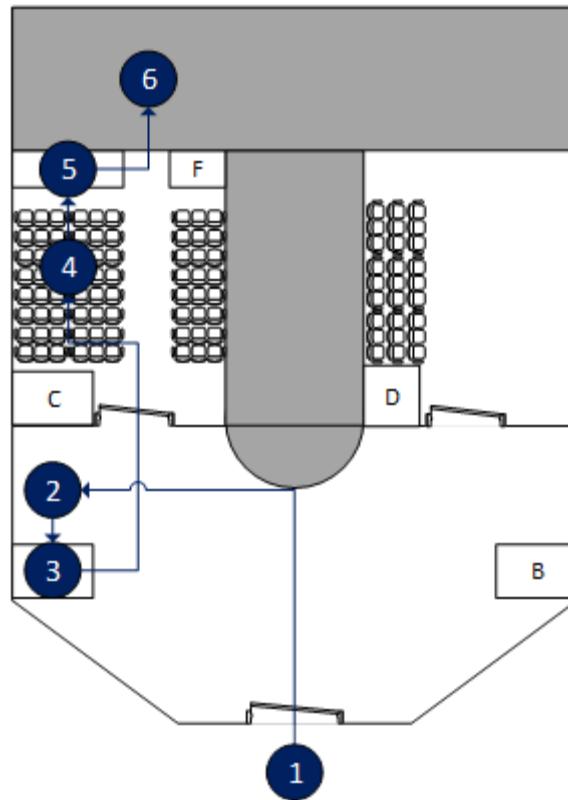
A Figura 27 e a Tabela 19 a seguir dão conta do mapa fluxograma do atendimento inicial complexo enquanto que a Figura 26 mostra de maneira gráfica a dinâmica de filas e servidores (guichês) para esse tipo de atendimento.

Figura 26 - Dinâmica de filas e servidores para o atendimento inicial complexo



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 27 - Mapa fluxograma de atendimento inicial complexo



Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 19 - Descrição dos processos do mapa fluxograma de atendimento inicial complexo

Número	Processo
1	Entrada no hospital
2	Espera na fila para retirada da senha
3	Retirada da senha
4	Espera para chamada da senha
5	Atendimento inicial
6	Admissão na área restrita do hospital

Fonte: Elaborado pelo Autor

Como mencionado anteriormente, o foco desse estudo será na análise do atendimento inicial complexo já que foi mencionado pela equipe do ICESP que este apresenta maior preocupação no que tange os índices atuais de fila. A ideia do trabalho será primeiramente compreender melhor como se comportam esses indicadores para diferentes horários e dias da semana e, baseado nas informações coletadas, propor melhorias nesse atendimento.

## 4.3 COLETA DE DADOS

A coleta e mapeamento dos dados de filas do ICESP para o atendimento inicial complexo se deram através de duas grandes frentes: a primeira deu conta de visitas ao ambiente do hospital, com o intuito de conversar com responsáveis pelo setor, de modo a ter um entendimento global do processo e solicitar os dados existentes. Também foram realizadas observações em campo, de modo a melhor mapear o fluxo do paciente e cruzá-los com os dados recebidos.

A segunda frente deu conta das bases de dados fornecidas pelos funcionários do ICESP. Elas foram devidamente separadas e tratadas, de modo a viabilizar inferências sobre o estado atual das filas no setor, bem como modelar cenários com base em distribuições estatísticas. Foram disponibilizadas 20 bases referentes aos dados de filas do período entre Janeiro de 2018 e Agosto de 2019. Cada base de dados inclui dados referentes não apenas as filas do atendimento inicial complexo, mas também dos demais atendimentos realizados no andar térreo e também nos de mais andares do hospital.

As visitas de campo foram importantes não apenas para o mapeamento dos fluxogramas apresentados no item 4.2, mas também serviram como alicerce para o entendimento das informações disponibilizadas nas bases de dados fornecidas. Os próximos itens tratarão da análise lógica e estatística dos dados disponibilizados nas bases fornecidas pelos representantes do ICESP, porém, é necessário ressaltar que sem o entendimento do processo obtido através das visitas de campo realizadas junto ao hospital, as mesmas não seriam possíveis.

### 4.3.1 Lógica das planilhas disponibilizadas

Como mencionado no item anterior, foram disponibilizadas um total de 20 planilhas com dados relativos aos tempos de atendimento nas diversas filas do hospital. Essas planilhas são geradas automaticamente pelo sistema de controle e gerenciamento de pessoas do hospital, porém, para efeitos de confidencialidade, os responsáveis pelo ICESP se responsabilizaram por descaracterizar qualquer informação que pudesse indicar a identidade dos pacientes, bem como o nome dos responsáveis pelo atendimento.

Cada planilha continha informações relativas à 12 indicadores que descreviam o processo de atendimento realizado para cada um dos pacientes de determinado mês. Esses indicadores

estavam relacionados principalmente a descrição do motivo do atendimento, local de realização do mesmo, tempos de entrada, chamada e término do atendimento e alguns outros indicadores derivados desses como intervalos de espera e atendimento. A Tabela 20 a seguir resume os 12 principais indicadores, descrevendo sua lógica, enquanto que a Figura 28 mostra a apresentação desses dados no software Microsoft Excel ®.

Tabela 20 - Descrição dos indicadores presentes nas bases de dados disponibilizadas

Indicador disponibilizado	Descrição
cd_senha_gerada	Código de chamada gerado automaticamente pelo sistema para identificar o usuário no painel de chamada
ds_fila	Descrição do motivo de entrada na fila e o pavimento em que o atendimento seria realizado
entrada_fila	Marcador de tempo com o horário de entrada do paciente na fila (com precisão de segundos)
hora_redonda_entrada	Marcador de tempo com o horário de entrada do paciente na fila (com precisão de hora)
dt_chamada	Marcador de tempo com o horário de chamada do paciente para o atendimento (com precisão de segundos)
hora_redonda_chamada	Marcador de tempo com o horário de chamada do paciente para o atendimento (com precisão de hora)
ds_local	Identificação do guichê de chamada em que o paciente recebeu o atendimento
dt_saida	Marcador de tempo com o horário de término de atendimento do paciente (com precisão de segundos)
hora_redonda_saida	Marcador de tempo com o horário de término de atendimento do paciente (com precisão de hora)
minutos_espera	Intervalo de espera na fila desde a entrada na fila até a chamada para o atendimento (com precisão de minuto)
tempo_espera	Intervalo de espera na fila desde a entrada na fila até a chamada para o atendimento (com precisão de segundo)
tempo_atendimeno	Intervalo de atendimento desde a chamada do paciente até o término do mesmo (com precisão de segundo)

Fonte: Elaborado pelo Autor

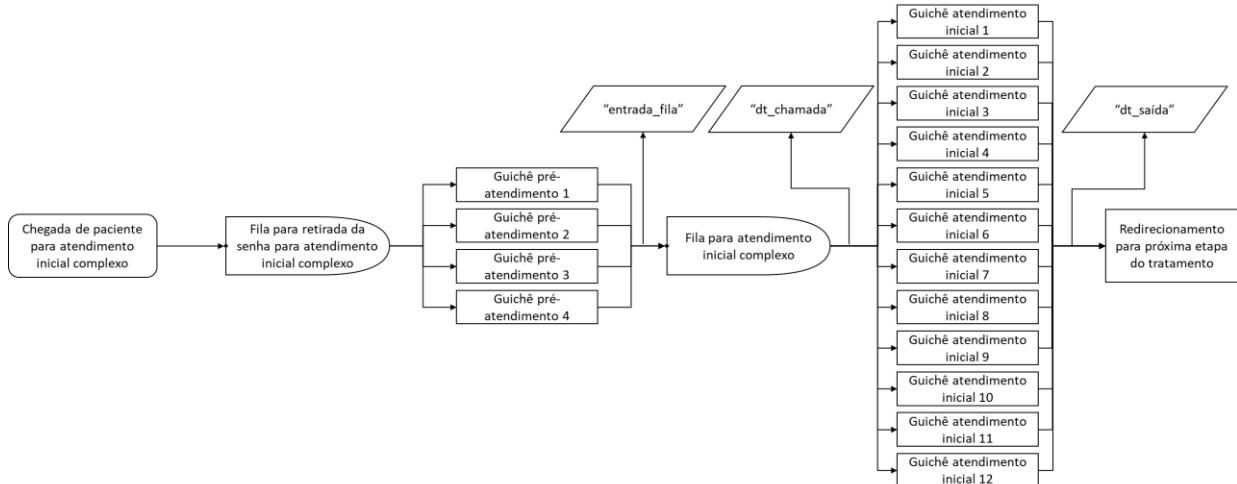
Figura 28 - Exemplo de base de dados disponibilizada

cd_senha_gerada.ds_fila	entrada_fila	hora_redonda_entrada	dt_chamada	hora_redonda_chamada	ds_local	dt_saida	hora_redonda_saida	minutos_espera	tempo_espera	tempo_atendimento
10607 Recepção Reabilitação - T	1/4/2019 7:47	7	1/4/2019 7:48	7	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/4/2019 7:50	7	1	0:01:14	0:01:41
10609 Recepção Reabilitação - T	1/4/2019 7:48	7	1/4/2019 7:50	7	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/4/2019 7:52	7	2	0:01:59	0:01:47
10618 Recepção Reabilitação - T	1/3/2019 8:53	8	1/3/2019 8:53	8	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/3/2019 8:57	8	0	0:00:24	0:03:38
10631 Recepção Reabilitação - T	1/3/2019 10:55	10	1/3/2019 10:56	10	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/3/2019 10:58	10	1	0:00:55	0:01:30
10625 Recepção Reabilitação - T	1/4/2019 9:47	9	1/4/2019 9:47	9	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/4/2019 9:52	9	1	0:00:34	0:04:21
10621 Recepção Reabilitação - T	1/3/2019 9:08	9	1/3/2019 9:15	9	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/3/2019 11:10	11	6	0:06:25	0:04:25
10628 Recepção Reabilitação - T	1/4/2019 10:21	10	1/4/2019 10:27	10	Térreo Reabilitação - Guiche 1	1/4/2019 10:29	10	7	0:06:40	0:01:58
10626 Recepção Reabilitação - T	1/4/2019 10:03	10	1/4/2019 10:04	10	Térreo Reabilitação - Guiche 1	1/4/2019 10:06	10	1	0:00:51	0:02:10
1415 Recepção Reabilitação - T	1/4/2019 10:32	10	1/4/2019 10:38	10	Térreo Reabilitação - Guiche 1	1/4/2019 10:40	10	6	0:06:24	0:01:50
10633 Recepção Reabilitação - T	1/3/2019 11:14	11	1/3/2019 11:15	11	Térreo Reabilitação - Guiche 1	1/3/2019 11:21	11	1	0:00:57	0:06:18
10614 Recepção Reabilitação - T	1/4/2019 8:29	8	1/4/2019 8:33	8	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/4/2019 8:35	8	4	0:03:53	0:01:53
10638 Recepção Reabilitação - T	1/3/2019 11:44	11	1/3/2019 11:46	11	Térreo Reabilitação - Guiche 1	1/3/2019 11:51	11	1	0:01:17	0:05:41
10639 Recepção Reabilitação - T	1/3/2019 10:52	10	1/3/2019 10:53	10	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/3/2019 10:55	10	1	0:00:58	0:01:15
10611 Recepção Reabilitação - T	1/3/2019 7:38	7	1/3/2019 7:40	7	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/3/2019 7:41	7	2	0:01:30	0:01:10
10612 Recepção Reabilitação - T	1/3/2019 7:45	7	1/3/2019 7:45	7	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/3/2019 7:49	7	0	0:00:12	0:03:33
10613 Recepção Reabilitação - T	1/3/2019 7:52	8	1/3/2019 8:33	8	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/3/2019 8:35	8	0	0:00:26	0:03:19
10614 Recepção Reabilitação - T	1/3/2019 10:31	10	1/3/2019 10:32	10	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/3/2019 10:37	10	1	0:01:22	0:04:34
10616 Recepção Reabilitação - T	1/3/2019 8:35	8	1/3/2019 8:37	8	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/3/2019 8:41	8	2	0:02:04	0:04:24
10613 Recepção Reabilitação - T	1/3/2019 7:57	7	1/3/2019 7:57	7	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/3/2019 8:00	8	1	0:00:44	0:02:06
10610 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 7:30	7	1/16/2019 7:31	7	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/16/2019 7:33	7	1	0:01:03	0:02:02
10651 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 16:42	16	1/16/2019 16:44	16	Térreo Reabilitação - Guiche 1	1/16/2019 16:46	16	2	0:01:32	0:02:02
10621 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 9:14	9	1/16/2019 9:14	9	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/16/2019 9:19	9	1	0:00:52	0:04:50
10638 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 10:27	10	1/16/2019 10:30	10	Térreo Reabilitação - Guiche 1	1/16/2019 10:33	10	3	0:02:50	0:03:10
10609 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 7:28	7	1/16/2019 7:29	7	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/16/2019 7:31	7	1	0:01:06	0:02:01
10614 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 7:59	7	1/16/2019 8:00	8	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/16/2019 8:01	8	1	0:01:05	0:01:27
10646 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 14:39	14	1/16/2019 14:40	14	Térreo Reabilitação - Guiche 1	1/16/2019 14:42	14	0	0:00:27	0:02:36
10650 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 16:11	16	1/16/2019 16:12	16	Térreo Reabilitação - Guiche 1	1/16/2019 16:30	16	1	0:01:22	0:17:33
10601 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 6:30	6	1/16/2019 6:38	6	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/16/2019 7:55	7	8	0:07:51	0:01:28
10629 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 10:28	10	1/16/2019 10:33	10	Térreo Reabilitação - Guiche 1	1/16/2019 10:35	10	6	0:05:49	0:01:16
1267 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 9:42	9	1/16/2019 9:42	9	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/16/2019 9:46	9	0	0:00:19	0:03:58
10636 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 12:48	12	1/16/2019 12:48	12	Térreo Reabilitação - Guiche 1	1/16/2019 12:53	12	1	0:00:37	0:04:45
10618 Recepção Reabilitação - T	1/16/2019 8:52	8	1/16/2019 8:55	8	Térreo - Reabilitação - Guiché 2	1/16/2019 8:57	8	3	0:02:56	0:02:44

Fonte: Base de dados disponibilizada pelo ICESP USP

Para auxiliar na visualização dos indicadores disponibilizados e facilitar o entendimento dos mesmos, principalmente no contexto do atendimento inicial simples, foi elaborado um fluxograma que indica o momento do registro dos principais indicadores disponibilizados no fluxo de atendimento em que eles ocorrem. Esse exercício está diagramado na Figura 29 a seguir.

Figura 29 - Fluxograma do atendimento inicial simples com indicação dos principais indicadores disponibilizados



Fonte: Elaborado pelo Autor

#### 4.3.2 Inclusão de variáveis auxiliares

Feito o entendimento dos dados disponibilizados, o próximo passo foi a adição de 3 indicadores derivados dos mesmos para auxiliar a posterior análise estatística dos valores

encontrados. Essa análise foi replicada nas 20 planilhas disponibilizadas e foram posteriormente alavancadas no tratamento dos dados coletados.

O primeiro indicador adicionado foi denominado “dia\_da\_semana”. Ele é derivado do indicador “entrada\_fila” e consiste basicamente na conversão do marcador de tempo disponível nesse indicador para o formato de dia da semana que o atendimento foi realizado. O segundo indicador adicionado foi o “tempo\_espera\_segundos” e é derivado do indicador “tempo\_espera”, basicamente foi realizada uma conversão dos valores disponibilizados para uma base de segundos, o facilitando posteriormente a análise estatística dos mesmos. Analogamente ao segundo, o terceiro indicador foi denominado “tempo\_atendimento\_segundos” e é derivado do indicador “tempo\_atendimento”, sendo uma conversão do mesmo para uma base em segundos. A Tabela 21 a seguir resume os indicadores adicionados às bases de dados disponibilizadas, mostrando as funções implementadas para derivação dos mesmos.

Tabela 21 - Lógica utilizada no Excel para derivação dos indicadores adicionados

Indicador	Fórmula empregada no Microsoft Excel ®
dia_da_semana	= TEXT(“entrada_fila”, “dddd”)
tempo_espera_segundos	=HOUR(tempo_espera)*3600 + MINUTE(tempo_espera)*60 +SECOND(tempo_espera)
tempo_atendimento_segundos	=HOUR(tempo_atendimento)*3600 + MINUTE(tempo_atendimento)*60 +SECOND(tempo_atendimento)

Fonte: Elaborado pelo Autor

## 4.4 TRATAMENTO DOS DADOS

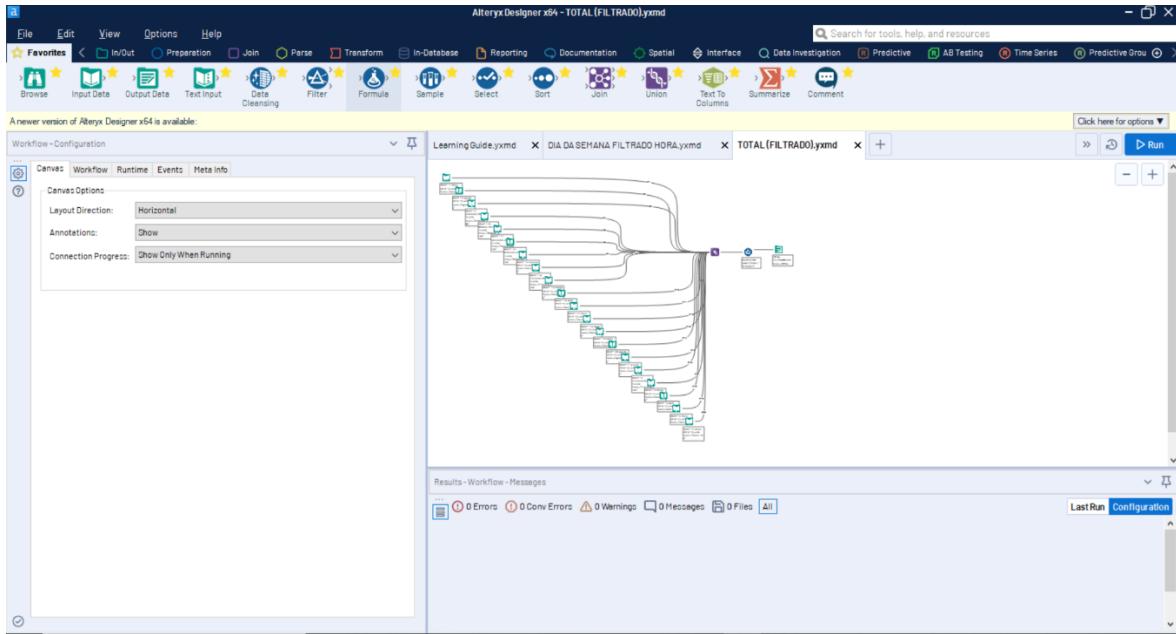
O tratamento dos dados foi dividido em 4 principais fases: agregação, organização, filtragem e separação. Para auxiliar na execução dessa etapa foram utilizados os softwares Alteryx® e Microsoft Excel® que possibilitaram interagir com as bases de dados disponibilizadas de maneira lógica, estruturada e visual, resultando em 5 bases de dados para análise separada dos dias da semana.

### 4.4.1 Agregação dos dados

O primeiro passo no tratamento dos dados foi a agregação das 20 bases de dados em uma única base com todas as informações. Para tanto todas as bases foram introduzidas na área de trabalho do Alteryx® e, com auxílio da função “Unir”, todos os dados disponíveis foram

compilados em uma nova planilha denominada “Total\_Compilada”. A Figura 30 mostra a organização dessa dinâmica no software Alteryx®.

Figura 30 – Processo de união no Alteryx das diferentes bases de dados disponibilizadas pelo ICESP



Fonte: Elaborado pelo Autor

#### 4.4.2 Organização dos dados

Feita a compilação dos dados, a planilha “Total\_Compilada” foi inserida novamente no software de modo a organizá-la de acordo com a ordem de chegada dos pacientes na fila, ou seja, os dados foram classificados em ordem crescente do campo “entrada\_fila”. Isso foi feito com o auxílio da função “Arrumar” descrita no item 2.8.4.

Ao final do processo foi gerada novamente uma base de dados contendo todos os dados disponíveis, porém agora em ordem de entrada na fila, para essa base foi dado o nome de “Total\_Classificada”.

#### 4.4.3 Filtragem dos dados

Os dados presentes na planilha “Total\_Classificada” incluíam informações de todas as filas e guichês do hospital (explicados na Tabela 15). Sendo assim se tornava necessário uma filtragem desses dados de modo a incluir apenas os guichês do atendimento inicial complexo.

Para melhor compreender quais guichês faziam parte da fila estudada, foi realizada novamente uma visita ao ambiente do ICESP com o intuito de identificar aqueles que fariam parte do estudo. Ficou evidenciado que apenas os guichês do tipo “Térreo - Recepção Torre Laranja Guichê” faziam parte do estudo. Além disso ficou claro que os 12 primeiros guichês eram responsáveis por esse tipo de atendimento, enquanto que os guichês 13, 14 e 15 se dedicavam mais ao atendimento inicial simples.

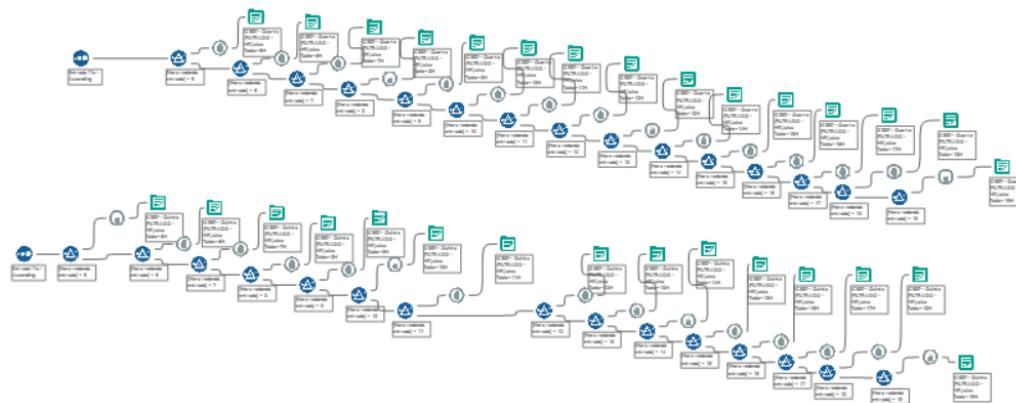
Feita a identificação dos guichês, o próximo passo foi a filtragem dos mesmos com auxílio do software. Para tanto, foi utilizada a função “Filtrar” do Alteryx®, colocando como critério de seleção os guichês identificados durante a visita, presentes no campo “ds\_local” das bases de dados. Ao final dessa etapa foi gerada uma nova base de dados denominada “Total\_Filtrada”.

#### 4.4.4 Separação dos dados

Ao final os dados da planilha “Total\_Filtrada” foram inseridos novamente no software para uma última filtragem, agora de acordo com o dia da semana, ou seja, foi utilizada novamente a função “Filtrar” para separar os dados de acordo com o dia da semana, gerando 5 planilhas temporárias, uma para cada dia da semana.

As mesmas planilhas geradas foram novamente inseridas no software e foi estabelecido mais uma filtragem para cada planilha, dessa vez de acordo com o horário do dia, presente na coluna “hora\_redonda\_entrada”, porém dessa vez os dados foram reinseridos nas mesmas bases, sendo feita a criação de uma aba para cada horário do dia.

Figura 31 - Processo de filtragem das bases de dados por horário do dia no Alteryx



Fonte: Elaborado pelo Autor

#### 4.4.5 Resultado final

Ao final dos procedimentos de tratamento dos dados foram geradas 5 planilhas, uma para cada dia da semana, para dar suporte às análises dos mesmos. As planilhas geradas possuem 13 bases de dados cada, com os dados filtrados e organizados em ordem crescente do horário de entrada dos pacientes. Essas 13 abas das bases de dados se referem aos diferentes horários que o hospital realiza a maior parte dos seus atendimentos, ou seja, das 6h até as 18h. As análises posteriores dos indicadores de filas foram realizadas todas com base nessas planilhas e os resultados e gráficos apresentados também são resultante da mesma.

### 4.5 COMPARAÇÃO DOS INDICADORES BÁSICOS DE FILAS

Após a consolidação dos dados em bases de dados separadas por dia da semana e por horário do dia, foi possível realizar uma comparação dos indicadores teóricos de fila, de modo a entender se existe algum padrão de comportamento dos mesmos conforme o horário e o dia da semana. Para tanto, espera-se que ao final dessa seção, o resultado obtido será o indicador de taxa de utilização para cada dia da semana e por horário do dia de acordo com a formulação:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu_{sist}} \quad (1)$$

Onde “ $\rho$ ” representa a taxa média de utilização, “ $\lambda$ ” é a taxa média de chegada e “ $\mu_{sist}$ ” dá conta da taxa média de atendimento do sistema como um todo.

#### 4.5.1 Taxa média de chegada [ $\lambda$ ]

Primeiramente foi estudado o indicador de taxa média de chegada “ $\lambda$ ”. Para encontrar o resultado, foi utilizada a planilha consolidada com todos os dados das 20 bases de dados disponibilizadas. Os dados foram inseridos em uma tabela dinâmica, de modo a gerar o número de observações por dia da semana e por horário do dia.

A taxa média de chegada pode ser obtida através de outros dois indicadores: o número total de chegadas observadas e o número de observações de determinado dia da semana. O equacionamento a seguir dá conta da formulação empregada para o cálculo da taxa média de chegada de pacientes no sistema por dia da semana e horário do dia.

$$\lambda_{d,h} = \frac{\sum np_{d,h}}{no_d} \quad (2)$$

Onde “ $np_{d,h}$ ” é o indicador de número de pacientes total observados entrando no sistema em determinado dia e horário do mesmo. Já “ $no_d$ ” representa o número de observações de cada dia da semana para cada uma das 20 planilhas disponibilizadas.

Sendo assim, a primeira tabela dinâmica gerada foi referente ao número de pacientes que entraram no sistema, para tanto foram colocados como filtros as variáveis “dias\_da\_semana” para as linhas e “hora\_redonda\_entrada” para as colunas, sendo a variável de contagem o número de pacientes para combinação entre esses dois fatores. Os resultados dessa filtragem podem ser resumidos na Tabela 22 a seguir.

Tabela 22 - Número total de observações de pacientes entrando no sistema por dia da semana e por horário do dia

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Segunda</b>	10010	11846	10103	10259	6695	5394	10164	10515	10204	5666	2203	826	167
<b>Terça</b>	8109	9037	9181	9758	7504	5851	9760	10528	9782	5836	1944	661	154
<b>Quarta</b>	6020	7542	9546	8537	5223	5361	9575	9822	8703	4769	1709	546	98
<b>Quinta</b>	8036	8832	9609	10666	8168	5189	9193	9300	8383	5273	2289	692	147
<b>Sexta</b>	6562	8609	8482	8829	5304	3726	5620	5817	5179	3070	1141	388	84
<b>Média</b>	7747	9173	9384	9610	6579	5104	8862	9196	8450	4923	1857	622	130

Fonte: Elaborado pelo Autor

A segunda tabela gerada foi relacionada ao número de vezes que determinado dia da semana foi observado ao longo das 20 bases de dados disponibilizadas. Dessa vez a estrutura de filtro utilizada se resumiu ao dia da semana como filtro de linha e variável foi a contagem de dias distintos que caíram em cada dia da semana. A Tabela 23 resume o número de observações de cada dia da semana.

Tabela 23 - Número de observações de cada dia da semana

<b>Dia</b>	<b>Número de observações</b>
Segunda	78
Terça	81
Quarta	86
Quinta	83
Sexta	77

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com a Tabela 22 e a Tabela 23, é possível calcular o indicador de taxa média de chegada de pacientes no sistema para cada horário do dia, seguindo a formulação apresentada no início desta seção. Os resultados obtidos estão resumidos na Tabela 24 a seguir.

Tabela 24 - Taxa média de chegada de pacientes por dia da semana e por horário do dia (#pacientes/hora) [ $\lambda$ ]

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Segunda</b>	128	152	130	132	86	69	130	135	131	73	28	11	2
<b>Terça</b>	100	112	113	120	93	72	120	130	121	72	24	8	2
<b>Quarta</b>	70	88	111	99	61	62	111	114	101	55	20	6	1
<b>Quinta</b>	97	106	116	129	98	63	111	112	101	64	28	8	2
<b>Sexta</b>	85	112	110	115	69	48	73	76	67	40	15	5	1
<b>Média</b>	96	114	116	119	81	63	109	113	104	61	23	8	2

Fonte: Elaborado pelo Autor

#### 4.5.2 Taxa de atendimento do sistema [ $\mu_{sist}$ ]

Feita a identificação da taxa média de pacientes por hora, o próximo passo foi calcular o “ $\mu$ ”, ou seja, a taxa de atendimento por dia da semana e por horário do dia. Com as informações disponibilizadas, o cálculo poderia ser realizado através da contagem do número de saídas do sistema por hora, de acordo com a seguinte fórmula.

$$\mu_{sist} = \frac{\sum ns_{d,h}}{no_d} \quad (3)$$

A variável  $ns_{d,h}$  é o número médio de saídas do sistema (pacientes que tiveram seu atendimento concluído naquela janela de tempo) em determinado dia da semana por horário do dia, em número de segundos, já o fator “ $no_d$ ” representa o número de observações de cada dia da semana.

Analogamente ao que foi elaborado para taxa média de chegadas, uma tabela dinâmica foi gerada referente ao número de pacientes que saíram do sistema em determinado dia e horário, para tanto foram colocados como filtros as variáveis “dias\_da\_semana” para as linhas e “hora\_redonda\_saída” para as colunas, sendo a variável de contagem o número de pacientes para combinação entre esses dois fatores. A Tabela 25 resume os resultados encontrados após a elaboração dessa filtragem dos dados.

Tabela 25 - Número de observações de pacientes saindo do sistema por dia da semana e por horário do dia

	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
<b>Segunda</b>	6469	10121	10545	10622	9300	4637	7496	11314	10927	7725	3181	1164	222
<b>Terça</b>	5485	8620	8661	9548	9016	5395	7704	11182	10860	7166	3147	848	202
<b>Quarta</b>	4427	6963	8078	9414	6746	4390	7556	10734	9770	5677	2533	723	142
<b>Quinta</b>	5804	8202	8674	10295	10011	5185	7671	9830	9465	6011	3163	914	179
<b>Sexta</b>	4644	7631	7936	9242	7113	3503	5287	5986	5620	3437	1448	460	115
<b>Média</b>	5366	8307	8779	9824	8437	4622	7143	9809	9328	6003	2694	822	172

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com os valores do número de pacientes saindo do sistema (Tabela 25) e também com o número de observações de cada dia da semana (Tabela 23), foi possível calcular a taxa de atendimento para cada dia da semana em determinado horário do dia. O resultado desta análise está explicitado na Tabela 26 a seguir.

Tabela 26 - Taxa média de atendimento de pacientes por dia da semana e por horário do dia (#pacientes/hora) [ $\mu_{sist}$ ]

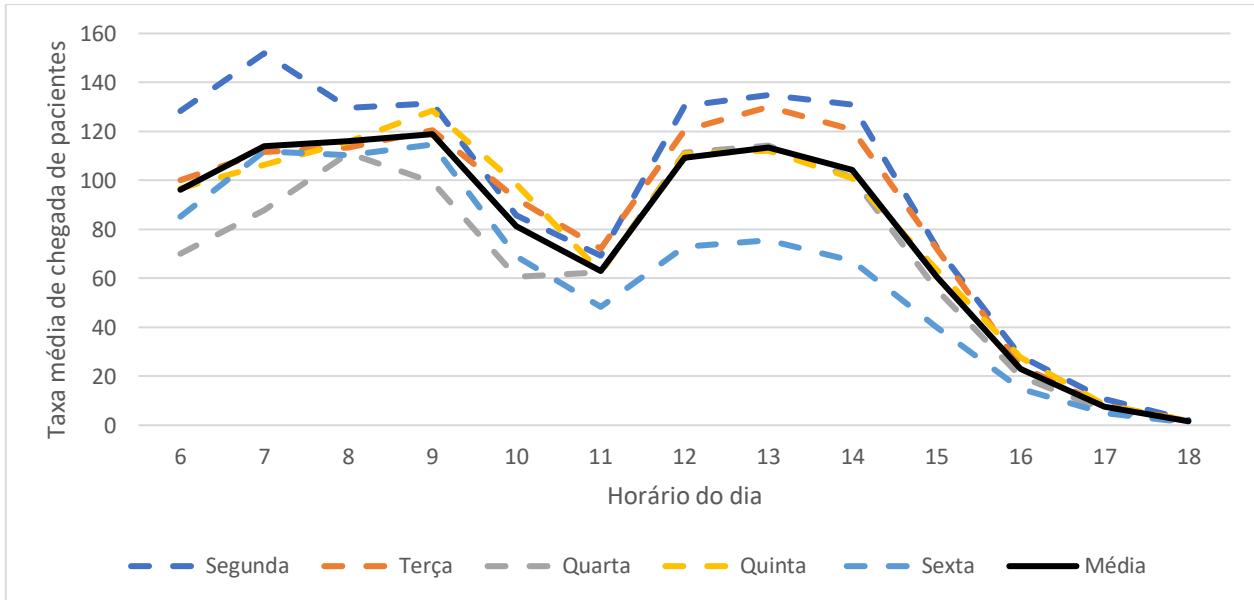
	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
<b>Segunda</b>	83	130	135	136	119	59	96	145	140	99	41	15	3
<b>Terça</b>	68	106	107	118	111	67	95	138	134	88	39	10	2
<b>Quarta</b>	51	81	94	109	78	51	88	125	114	66	29	8	2
<b>Quinta</b>	70	99	105	124	121	62	92	118	114	72	38	11	2
<b>Sexta</b>	60	99	103	120	92	45	69	78	73	45	19	6	1
<b>Média</b>	66	103	109	122	104	57	88	121	115	74	33	10	2

Fonte: Elaborado pelo Autor

#### 4.5.3 Taxa de utilização dos servidores ativos [ $\rho$ ]

Ao final do cálculo dos indicadores básicos de filas, foram elaborados gráficos que demonstram o comportamento desses indicadores, de modo a identificar possíveis padrões entre os diferentes horários do dia. O primeiro gráfico elaborado, representado pela Figura 32, foi a taxa média de chegada de pacientes no sistema para cada dia da semana e cada horário do dia, utilizando os dados apresentados na Tabela 24.

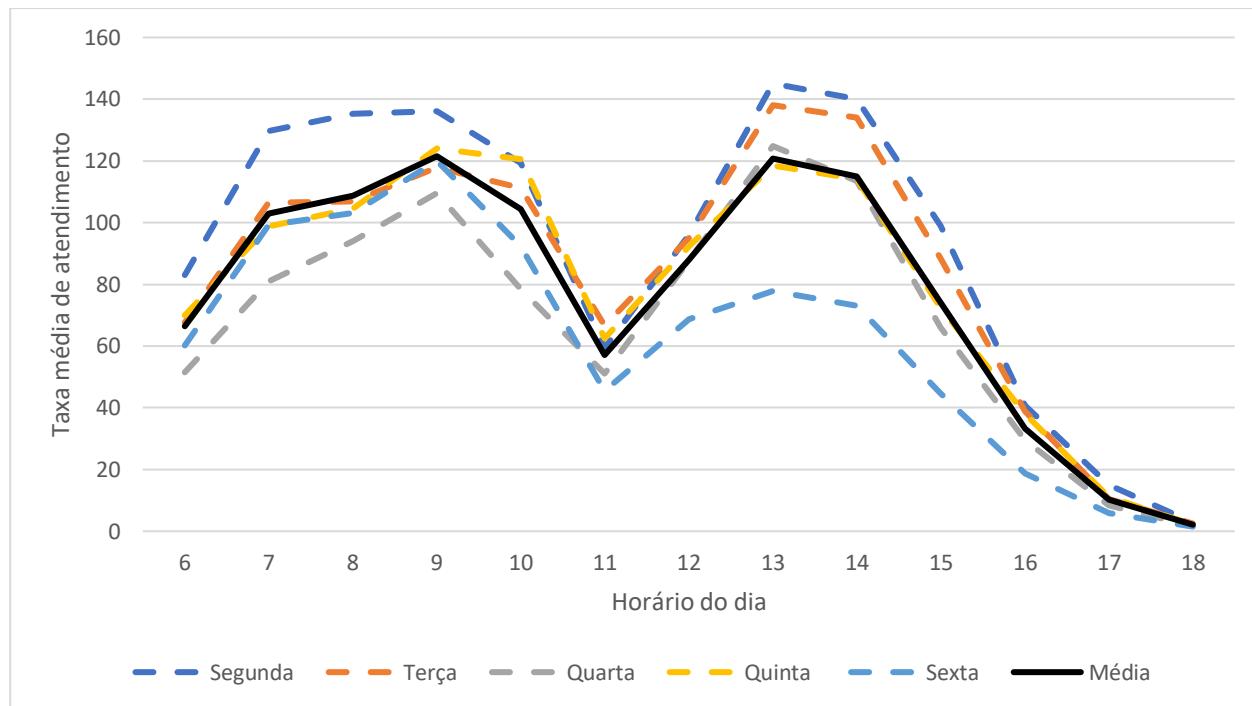
Figura 32 - Taxa média de chegada de pacientes no sistema ( $\lambda$ ) por dia da semana e horário do dia



Fonte: Elaborado pelo Autor

Com base nesse gráfico, é possível identificar padrões no comportamento da taxa média de chegada de pacientes no sistema para cada horário do dia. Primeiramente, é possível verificar que existe um pico nesse indicador entre 6h e 9h, muito provavelmente associado à uma procura maior por atendimento nesses horários do dia. Em seguida, percebe-se que existe uma queda nesse indicador nos horários de 10h e 11h, sendo seguida novamente por outro pico no horário da tarde, entre 12h e 14h. Por fim, percebe-se que esse indicador cai consideravelmente após as 15h e mantém o comportamento de queda até o final do dia.

Analogamente ao que foi elaborado para o indicador “ $\lambda$ ”, o mesmo exercício de elaboração de gráficos para identificação de padrões de comportamento foi realizado para o indicador de taxa média de atendimento de pacientes pelo sistema para diferentes horários do dia. A Figura 33 a seguir da conta do gráfico resultante dessa análise.

Figura 33 - Taxa média de atendimento de pacientes ( $\mu_{sist}$ ) por dia da semana e horário do dia

Fonte: Elaborado pelo Autor

Analogamente ao que foi observado com a taxa de chegada de pacientes, o indicador de taxa média de atendimento de pacientes no sistema apresenta grande variabilidade ao longo do dia. Isso posto é possível observar que a taxa de atendimento cai consideravelmente ao final do dia. Isso pode ser explicado por uma perda natural de produtividade ao final do dia, bem como o perfil de atendimentos que tende a ser mais complexo em períodos fora do pico de demanda.

Mapeados todos os indicadores necessários para o equacionamento da taxa de utilização teórica dos servidores, foi possível calcular os resultados para os diferentes horários analisados. Além disso, foi possível construir um “mapa de calor” com os resultados obtidos para todos os horários e dias da semana. A Tabela 27 a seguir dá conta dos indicadores de utilização teórica dos servidores em formato de mapa de calor.

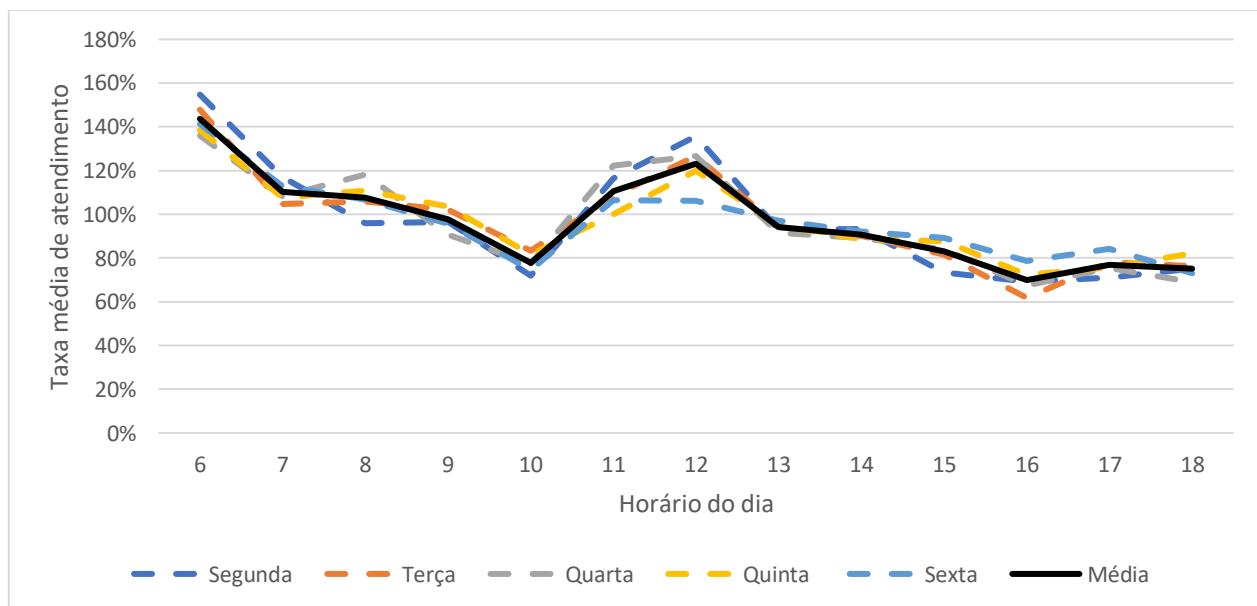
Tabela 27 - Mapa de calor da taxa de utilização teórica do servidor [ $\rho$ ]

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Segunda</b>	155%	117%	96%	97%	72%	116%	136%	93%	93%	73%	69%	71%	75%
<b>Terça</b>	148%	105%	106%	102%	83%	108%	127%	94%	90%	81%	62%	78%	76%
<b>Quarta</b>	136%	108%	118%	91%	77%	122%	127%	92%	89%	84%	67%	76%	69%
<b>Quinta</b>	138%	108%	111%	104%	82%	100%	120%	95%	89%	88%	72%	76%	82%
<b>Sexta</b>	141%	113%	107%	96%	75%	106%	106%	97%	92%	89%	79%	84%	73%
<b>Média</b>	144%	110%	108%	98%	78%	111%	123%	94%	91%	83%	70%	77%	75%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O mapa de calor ajuda a evidenciar que existe um importante problema no dimensionamento dos postos de trabalho ou ainda nos tempos de atendimento, dado que em diversos horários a taxa de utilização do sistema é acima dos 100%, o que explica os elevados índices de fila no modelo atual do hospital. Logo será necessário um estudo mais aprofundado quanto essas duas dimensões durante a modelagem.

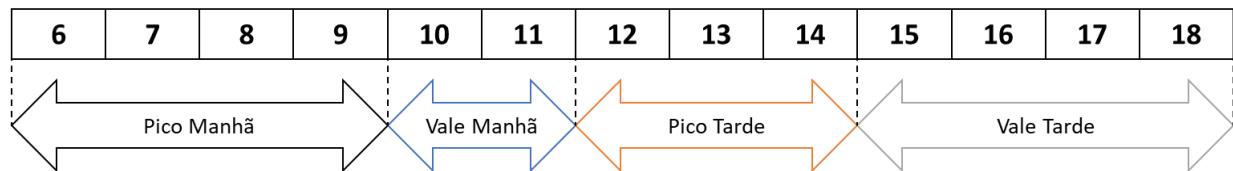
Analogamente ao realizado com os demais indicadores de filas, foi elaborado um gráfico contemplando esse indicador para diferentes horários do dia em diferentes dias da semana. A Figura 34 a seguir dá conta desse gráfico.

Figura 34 - Taxa de utilização teórica do servidor ( $\rho$ ) por dia da semana e horário do dia

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com base nos resultados obtidos, principalmente o comportamento do número de chegadas no sistema exemplificado na Figura 32, foi possível identificar um padrão entre os diferentes horários do dia, o que possibilitou a divisão da análise em faixas de horário: “pico da manhã” que contempla os horários entre 6h e 9h, “vale da manhã” que inclui os horários de 10h e 11h, “pico da tarde” que dá conta do intervalo de tempo entre 12h e 14h e, por fim, o “vale da tarde” que engloba os horários entre 15h e 18h. A Figura 35 a seguir resume a divisão de horizontes de tempo para as análises utilizada na realização das análises estatísticas.

Figura 35 – Classificação dos horários do dia conforme comportamento dos indicadores de filas



Fonte: Elaborado pelo Autor

## 5 MODELAGEM E SIMULAÇÃO

Nesta seção serão descritas as análises conduzidas para construção do modelo de filas. Serão descritas as análises estatísticas dos indicadores de filas, intervalo entre chegadas, tempo de atendimento e número de guichês.

### 5.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS INDICADORES DE FILAS

Após a identificação dos padrões de comportamento dos indicadores de filas realizadas no item 4.5, foi necessário realizar novamente o tratamento, dessa vez segregando-os conforme os intervalos estabelecidos: “Pico Manhã”, “Vale Manhã”, “Pico Tarde” e “Vale Tarde”.

Novamente foi utilizado o software Alteryx® para reorganizar as bases de dados disponibilizadas, dessa vez agrupando horários que fizessem parte da mesma classificação proposta. Foram geradas 6 planilhas, uma para cada dia da semana além de uma contendo os dados compilados para cada período mostrado na Figura 35 (independente do dia da semana), cada qual com 4 abas diferentes contendo as informações para “pico da manhã”, “vale da manhã”, “pico da tarde” e “vale da tarde”.

Além disso foram utilizados os softwares Minitab®, Easyfit® e Microsoft Excel® para o cálculo dos parâmetros estatísticos, construção de histogramas e também na identificação de distribuições de probabilidade que poderiam representar os processos estudados.

Essa seção busca resumir as etapas realizadas na condução das análises, bem como apresentar os resultados encontrados para cada um dos parâmetros considerados no modelo de filas em cada um dos intervalos de classificação de horário dos dia definidos no item 4.5.3.

#### 5.1.1 Intervalo entre Chegadas

Para análise do comportamento dos indicadores de “Intervalo entre Chegadas”, foram utilizadas as 6 planilhas geradas no software Alteryx® e com o auxílio do software Microsoft Excel® os dados foram tratados e os indicadores calculados.

Os indicadores disponíveis em cada uma das bases geradas são os mesmos daqueles demonstrados na Tabela 20, sendo que foram organizados em ordem crescente do fator

“*entrada\_fila*” para cada uma das abas geradas. Isso foi realizado justamente para auxiliar no cálculo dos intervalos entre chegadas já que, seguindo essa lógica, a entrada anterior no sistema estaria localizada na linha imediatamente anterior, caso o atendimento fosse realizado na mesma data, o que simplifica a necessidade de poder computacional para calcular esse indicador.

Para calcular o indicador de intervalo entre chegadas, foram acrescentadas, para cada uma das abas das 6 bases de dados geradas, mais três colunas: uma com um indicador suporte para identificação da data de atendimento, outra contendo o indicador de intervalo entre chegadas com precisão de minutos e, por fim, uma contendo o mesmo indicador, porém com precisão de segundos. A Tabela 28 dá conta dos indicadores acrescentados, bem como a lógica de cálculo para cada um deles.

Tabela 28 - Indicadores auxiliares para o cálculo do intervalo entre chegadas

<b>Indicador</b>	<b>Fórmula empregada no Microsoft Excel ®</b>
data_atendimento	=TEXT(entrada_fila; dd/mm/yyyy)
intervalo_chegadas_minutos	=IF(data_atendimento(n)==data_atendimento(n-1); entrada_fila(n) – entrada_fila(n-1); "")
intervalo_chegadas_segundos	=HOUR(intervalo_chegadas_minutos)*3600 + MINUTE(intervalo_chegadas_minutos)*60 +SECOND(intervalo_chegadas_minutos)

Fonte: Elaborado pelo Autor

A metodologia aplicada nessa fase foi baseada na proposta por Law (2015), representada pela Figura 8. Tendo os indicadores calculados para cada dia da semana em cada uma das quebras de horários propostas, o próximo passo foi a introdução dos mesmos no software Minitab® com o intuito de calcular os parâmetros estatísticos básicos para cada cenário estudado, além de elaborar histogramas contendo a frequência de cada intervalo entre chegadas observado. O objetivo dessa fase foi, além de identificar os principais indicadores estatísticos de cada janela de tempo estudada, apresentar também insumos para uma análise visual dos dados encontrados, de modo a suportar a identificação de distribuições de probabilidade que possam representar os valores encontrados.

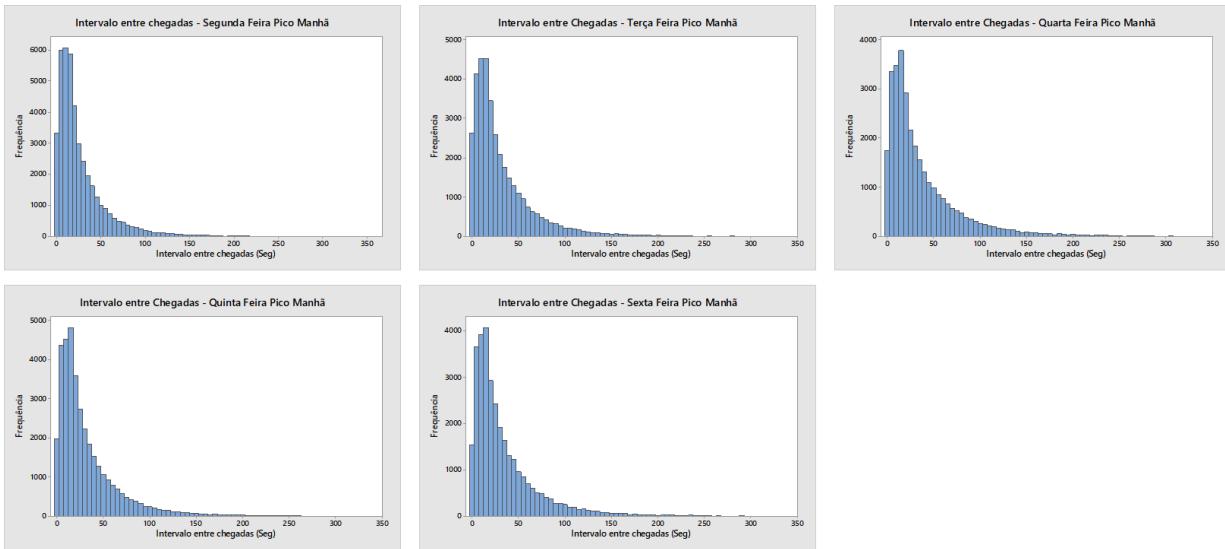
Ao final da análise, foi utilizado o software EasyFit® para testar as distribuições de probabilidade que melhor se encaixariam em cada um dos cenários estudados. Com base nessas análises, será possível posteriormente a modelagem em software de simulação de filas, além da

elaboração de propostas de melhoria de modo a otimizar os processos e reduzir os indicadores de tempo de espera.

### 5.1.1.1 Pico manhã

Para o pico da manhã, foram elaborados 5 histogramas contendo os dados de intervalos entre chegadas, um para cada dia da semana. A Figura 36 mostra um compilado com todos os histogramas gerados nessa etapa da análise.

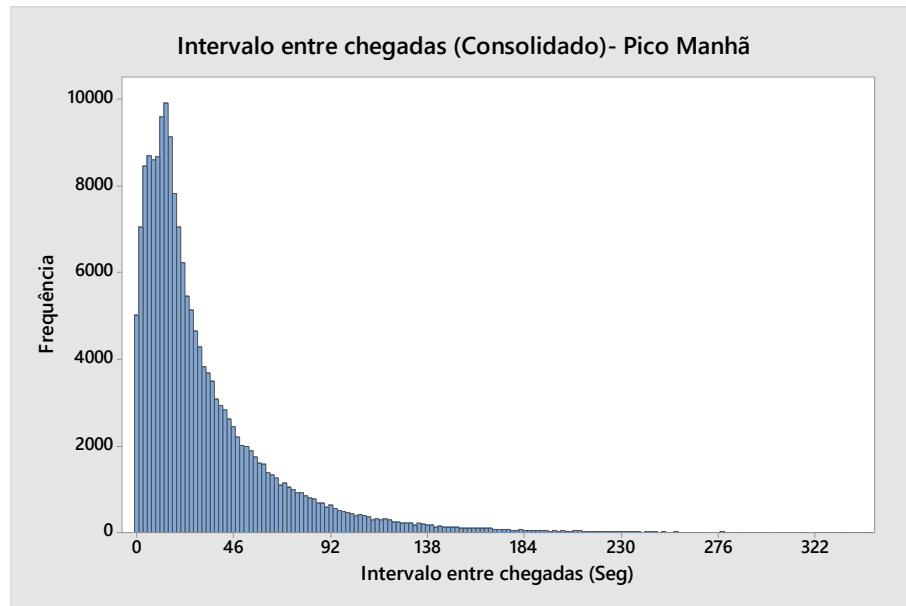
Figura 36 - Histogramas do intervalo entre chegadas para Pico Manhã por dia da semana



Fonte: Elaborado pelo Autor

Além da análise para cada dia da semana, foi construído também um histograma os dados compilados para todos os dias da semana, para servir como insumo ao modelo a ser construído posteriormente.

Figura 37 - Histogramas do intervalo entre chegadas para Pico Manhã consolidado



Fonte: Elaborado pelo Autor

A plotagem dos gráficos não permite fazer nenhuma inferência estatística quanto a distribuição de probabilidade encontrada nesse processo, porém visualmente percebe-se que algumas curvas de distribuição de probabilidades se assemelham muito ao comportamento do indicador do intervalo entre chegadas, em especial as curvas Exponencial, Log-normal e a curva de Johnson.

O próximo passo consistiu no cálculo dos indicadores estatísticos para o intervalo entre chegadas durante o Pico Manhã, os resultados encontrados estão descritos na Tabela 29.

Tabela 29 - Parâmetros estatísticos para intervalo entre chegadas do Pico Manhã

<b>Dia da Semana</b>	<b>Segunda</b>	<b>Terça</b>	<b>Quarta</b>	<b>Quinta</b>	<b>Sexta</b>	<b>Consolidado</b>
Média	26.42	31.68	37.85	32.98	34.27	31.98
Variância	790.90	1153.00	1742.00	1399.00	1318.00	1222.00
Desvio Padrão	28.12	33.96	41.74	37.40	36.31	34.96
Coeficiente de Variação	1.06	1.07	1.10	1.13	1.06	1.09
Erro Padrão	1.79	2.02	2.30	2.01	2.14	1.81
Assimetria	2.58	2.61	2.77	3.61	2.64	2.78
Curtose	10.57	11.08	13.21	24.64	11.76	13.25

Fonte: Elaborado pelo Autor

A análise preliminar dos dados mostra que segunda feira apresenta o menor intervalo entre chegadas para todos os dias. Isso vai de encontro com o que é evidenciado na Figura 32, onde percebe-se que a taxa de entrada de pacientes é de fato maior nesse dia da semana. Além disso esse número corrobora com a impressão dos funcionários e responsáveis pelo setor, que utilizaram segunda feira pela manhã como referência de um período extremamente movimentado no hospital.

O último passo da análise foi a introdução dos dados de intervalo entre chegadas no software EasyFit® para testar a distribuição de probabilidade que melhor se encaixaria em cada um dos dias da semana. Foram realizadas 5 análises (uma para cada dia da semana) que resultou em modelos distintos para representação desse indicador. A Tabela 30 mostra a priorização das distribuições de probabilidade que melhor se encaixam com os resultados apresentados do indicador de intervalo entre chegadas.

Tabela 30 - Priorização de distribuições de probabilidade Pico Manhã

Pos	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Consolidado
1	Johnson SB	Johnson SB	Gen. Gamma	Gen. Gamma	Gen. Gamma	Johnson SB
2	Exponencial	Exponencial	Pearson 6	Pearson 6	Johnson SB	Exponencial-2P
3	Exponencial-2P	Exponencial-2P	Pearson 6	Pearson 6	Pearson 6	Exponencial
4	Burr	Pearson 6	Exponencial-2P	Johnson SB	Pearson 6	Pearson 6
5	Burr	Pearson 6	Exponencial	Burr	Lognormal	Pearson 6
6	Pearson 6	Gen. Gamma	Johnson SB	Burr	Burr	Gen. Gamma
7	Pearson 6	Gen. Pareto	Burr	Dagum	Burr	Burr
8	Gen. Gamma	Pareto 2	Burr	Dagum	Log-Logística	Burr
9	Dagum	Burr	Lognormal	Log-Logística	Dagum	Dagum
10	Dagum	Burr	Lognormal	Exponencial	Dagum	Dagum

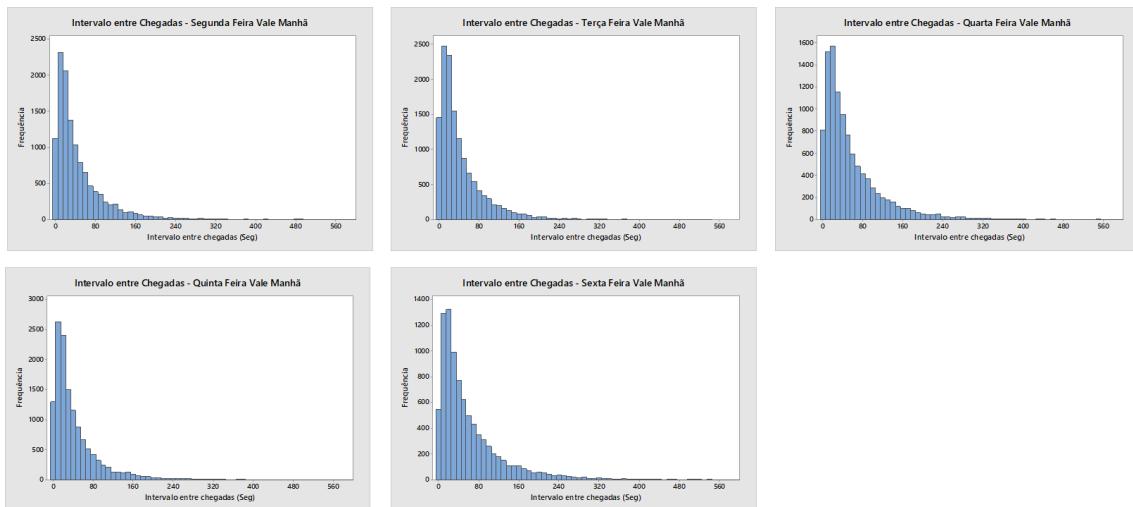
Fonte: Elaborado pelo Autor

A análise dos diferentes dias da semana e dos dados compilados, mostra que não existe um comportamento uniforme para esse horário. Percebe-se, porém que as curvas identificadas anteriormente (Log-normal, Exponencial e Johnson) estão presentes no top 10 de todos os dias da semana, bem como do consolidado com todos os dados disponíveis para o Pico Manhã.

### 5.1.1.2 Vale manhã

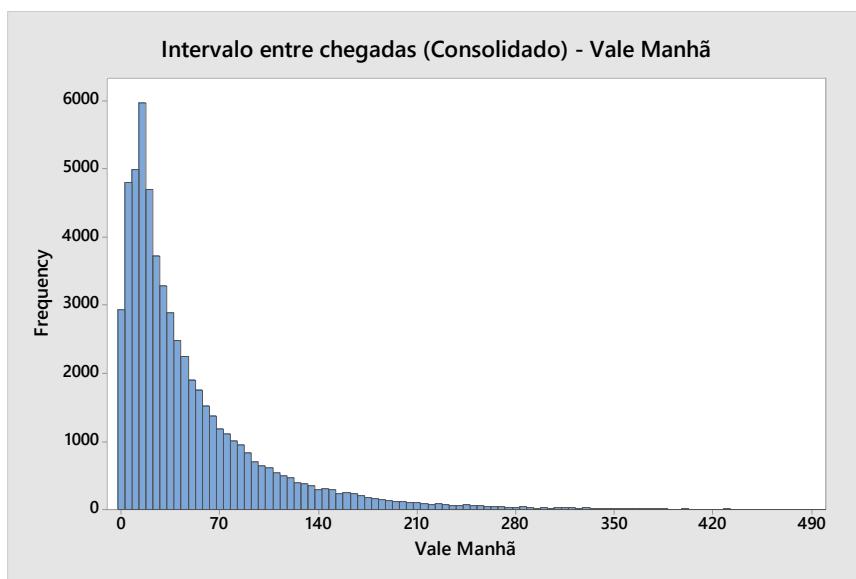
Analogamente ao que foi realizado para o Pico Manhã, a mesma metodologia foi empregada para os dados referentes ao Vale Manhã. A Figura 38 representa os histogramas para o intervalo entre chegadas dos diferentes dias da semana, enquanto que a Figura 39 ilustra o histograma do intervalo entre chegadas para o Vale Manhã, levando-se em conta todos os dados disponíveis independente do dia da semana.

Figura 38 - Histogramas do intervalo entre chegadas para Vale Manhã por dia da semana



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 39 - Histograma do intervalo entre chegadas para Vale Manhã consolidado



Fonte: Elaborado pelo Autor

Novamente a análise visual não permite tirar muitas conclusões quanto a melhor distribuição de probabilidade que representa os valores encontrados, porém percebe-se que o comportamento das curvas nesse caso é bastante similar ao Pico Manhã, com a diferença que as curvas são ligeiramente mais alongadas.

O próximo passo consistiu no cálculo dos parâmetros estatísticos para cada dia da semana e também para análise dos dados consolidados. A Tabela 31 resume os resultados obtidos durante essa análise.

Tabela 31 - Parâmetros estatísticos para intervalo entre chegadas do Vale Manhã

<b>Dia da Semana</b>	<b>Segunda</b>	<b>Terça</b>	<b>Quarta</b>	<b>Quinta</b>	<b>Sexta</b>	<b>Consolid</b>
Média	46.11	42.79	57.26	44.37	61.42	49.66
Variância	3047.10	2214.50	3899.20	2749.80	4710.00	3214.90
Desvio Padrão	55.20	47.06	62.44	52.44	68.63	56.70
Coeficiente de Variação	1.20	1.10	1.09	1.18	1.12	1.14
Erro Padrão	3.00	2.71	3.26	2.82	3.51	2.60
Assimetria	4.33	2.48	2.47	2.94	2.63	2.78
Curtose	58.15	9.80	9.51	13.68	10.60	12.29

Fonte: Elaborado pelo Autor

A queda no número de pacientes entrando na fila por hora é comprovada pelo aumento no intervalo entre chegadas, além disso o fato da curva ser ligeiramente mais alongada quando comparada com o Pico Manhã é explicado pelo maior desvio padrão existente no intervalo entre chegadas verificado nesse período.

Por fim, os dados foram incluídos no software EasyFit® para identificação das distribuições de probabilidade que melhor representam os diferentes cenários estudados. Os resultados estão apresentados na Tabela 33.

Tabela 32 - Priorização de distribuições de probabilidade Vale Manhã

Pos	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Consolidado
1	Gen. Pareto	Pareto 2	Pareto 2	Johnson SB	Johnson SB	Gen. Gamma
2	Pareto 2	Gen. Pareto	Gen. Pareto	Gen. Gamma	Gen. Gamma	Johnson SB
3	Gen. Gamma	Exponencial-2P	Exponencial-2P	Pearson 6	Pearson 6	Gen. Pareto
4	Pearson 6	Exponencial	Exponencial	Pearson 6	Pearson 6	Pareto 2
5	Pearson 6	Pearson 6	Gen. Gamma	Gen. Pareto	Log-Logística	Pearson 6
6	Burr	Pearson 6	Pearson 6	Pareto 2	Lognormal	Pearson 6
7	Burr	Johnson SB	Pearson 6	Lognormal	Burr	Burr
8	Exponencial-2P	Gen. Gamma	Burr	Burr	Burr	Burr
9	Exponencial	Burr	Burr	Burr	Exponencial-2P	Lognormal
10	Lognormal	Burr	Johnson SB	Lognormal	Exponencial	Exponencial-2P

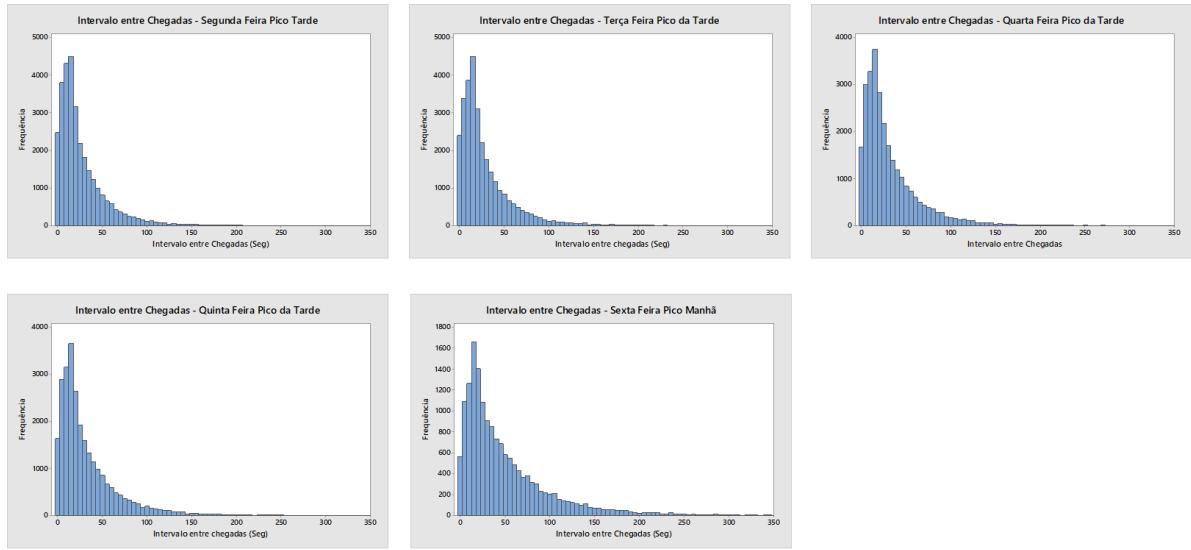
Fonte: Elaborado pelo Autor

Não foi possível identificar uma distribuição que represente todos os dias da semana, porém é possível identificar que algumas distribuições são adequadas para todos os cortes de análise propostos, em especial a distribuição Johnson.

### 5.1.1.3 Pico Tarde

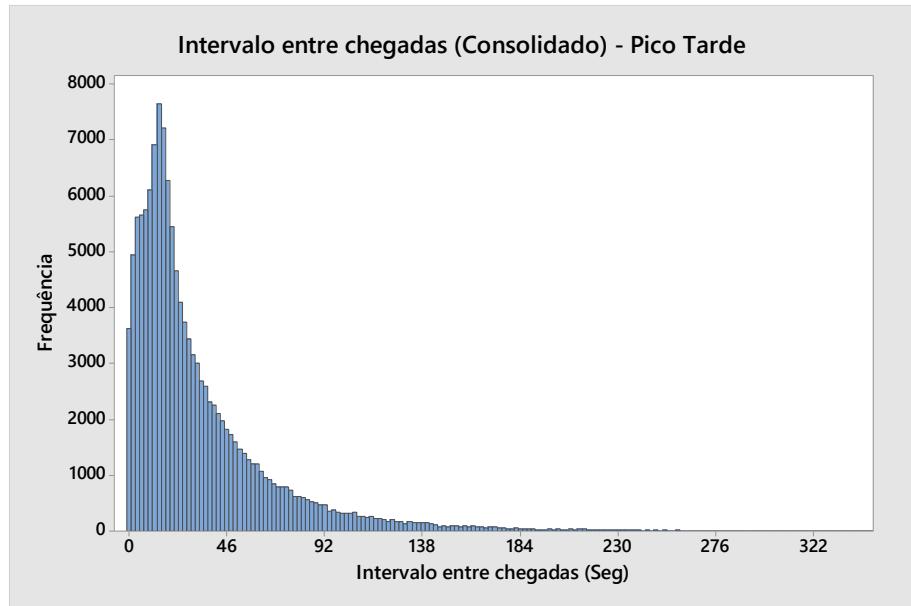
A mesma metodologia descrita nos itens anteriores foi replicada para análise dos intervalos entre chegadas para o Pico da Tarde. Novamente foram construídos os histogramas do intervalo entre chegadas para os 5 dias da semana e outro para os dados consolidados do Pico da Tarde. As Figura 40 e Figura 41 dão conta dos histogramas elaborados para essa etapa da análise.

Figura 40 - Histogramas do intervalo entre chegadas para Pico Tarde por dia da semana



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 41 - Histograma do intervalo entre chegadas para Pico Tarde consolidado



Fonte: Elaborado pelo Autor

Novamente é possível identificar um comportamento que se assemelha aos demais encontrados para os períodos considerados: uma concentração maior nos valores absolutos menores, com uma suave queda conforme os intervalos entre chegadas aumentam. Dessa vez o

comportamento da curva, porém se assemelha mais ao caso do Pico Manhã, com menor dispersão ao longo dos diferentes intervalos entre chegadas.

Os parâmetros estatísticos foram novamente calculados com auxílio do software Minitab® e estão resumidos na Tabela 33.

Tabela 33 - Parâmetros estatísticos para intervalo entre chegadas do Pico Tarde

<b>Dia da Semana</b>	<b>Segunda</b>	<b>Terça</b>	<b>Quarta</b>	<b>Quinta</b>	<b>Sexta</b>	<b>Consolid</b>
Média	29.14	28.59	32.83	33.12	50.45	32.90
Variância	823.09	909.81	1247.20	1232.20	2693.80	1306.50
Desvio Padrão	28.69	30.16	35.32	35.10	51.90	36.15
Coeficiente de Variação	1.06	1.06	1.08	1.06	1.03	1.10
Erro Padrão	1.87	1.93	2.10	2.12	2.81	1.84
Assimetria	2.99	2.68	3.33	2.60	2.38	3.05
Curtose	21.25	12.40	25.91	10.83	8.63	17.87

Fonte: Elaborado pelo Autor

O comportamento dos indicadores do Pico da Tarde muito se assemelha ao dos parâmetros estatísticos do Pico da Manhã, no entanto, sexta feira apresenta uma diferença expressiva em comparação com os demais dias, o intervalo entre chegadas é consideravelmente maior do que os demais, o que pode ser explicado por uma demanda menor por procedimentos durante esse período por conta da proximidade com o final de semana.

Por fim, os dados foram incluídos no software EasyFit® para identificação das distribuições de probabilidade que melhor representam os diferentes cenários estudados. Os resultados estão apresentados na Tabela 34.

Tabela 34 - Priorização de distribuições de probabilidade Pico Tarde

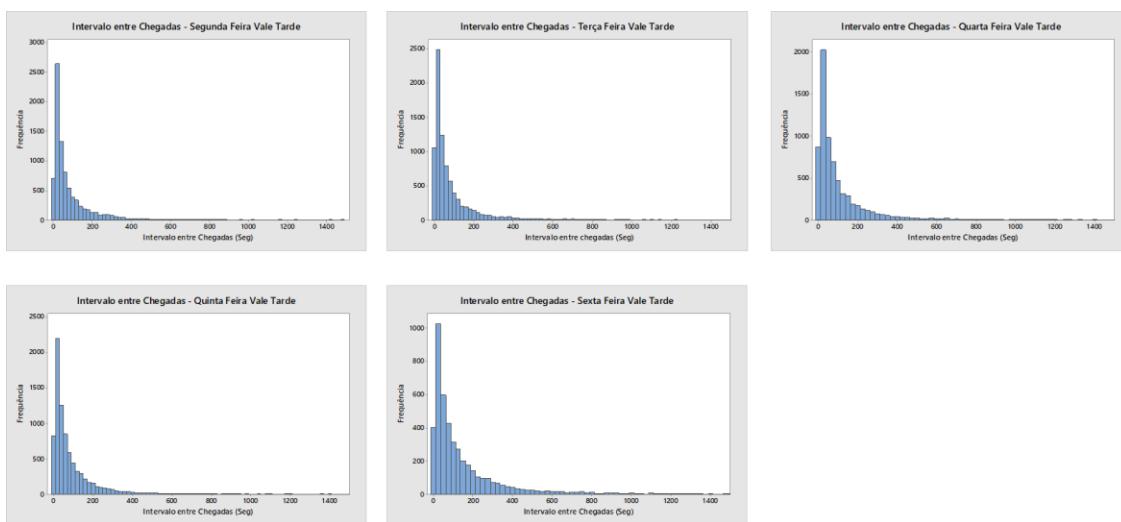
Pos	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Consolidado
1	Burr	Johnson SB	Gen. Gamma	Johnson SB	Johnson SB	Johnson SB
2	Burr	Burr	Pearson 6	Gen. Gamma	Gen. Gamma	Gen. Gamma
3	Pearson 6	Burr	Pearson 6	Pearson 6	Log-Logística	Pearson 6
4	Pearson 6	Pearson 6	Burr	Pearson 6	Lognormal	Pearson 6
5	Dagum	Pearson 6	Burr	Burr	Pearson 6	Exponencial
6	Dagum	Dagum	Dagum	Burr	Pearson 6	Exponencial-2P
7	Gen. Gamma	Dagum	Dagum	Dagum	Burr	Burr
8	Exponencial	Gen. Gamma	Lognormal	Dagum	Burr	Burr
9	Exponencial-2P	Exponencial	Johnson SB	Exponencial	Weibull	Dagum
10	Gen. Pareto	Exponencial-2P	Exponencial	Exponencial-2P	Weibull	Dagum

Fonte: Elaborado pelo Autor

#### 5.1.1.4 Vale tarde

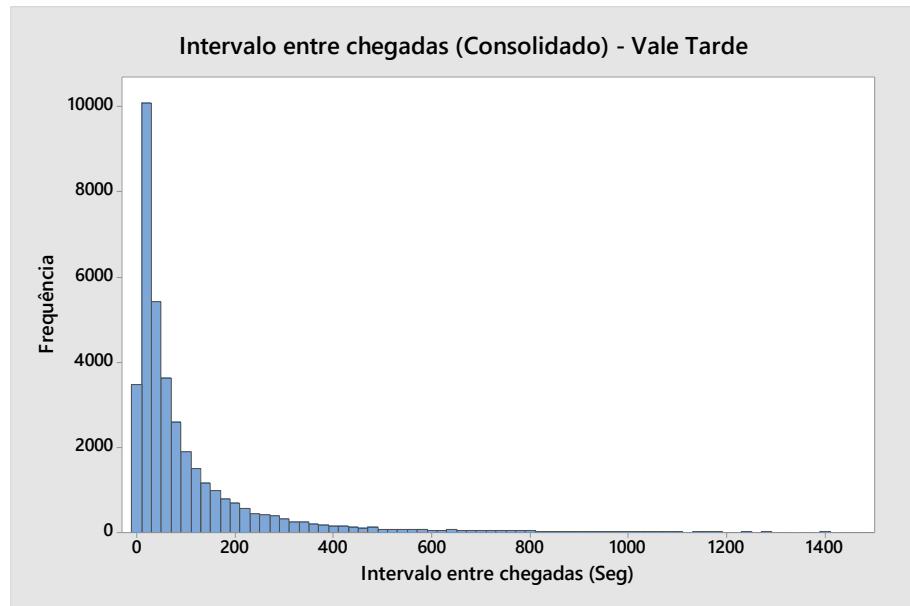
Por fim, a mesma metodologia descrita nos itens anteriores foi replicada para análise dos dados de Vale da Tarde. Os histogramas gerados para os diferentes dias da semana e para o caso consolidado estão representados na Figura 42 e Figura 43.

Figura 42 - Histogramas do intervalo entre chegadas para Vale Tarde por dia da semana



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 43 - Histograma do intervalo entre chegadas para Vale Tarde consolidado



Fonte: Elaborado pelo Autor

No caso do Vale da Tarde, é possível verificar que a distribuição novamente possui comportamento semelhante aos demais períodos da semana, porém a curva é consideravelmente mais alongada em comparação com os demais períodos do dia. Esse comportamento de intervalos mais espaçados entre chegadas explica o que foi identificado na Figura 32: uma queda considerável no número de entrantes no sistema nesses horários do dia. Novamente a análise visual não permite tirar nenhuma conclusão quanto o tipo de distribuição de probabilidade que melhor se adequa a cada um dos casos, porém dá um direcionamento novamente quanto as probabilidades que mais parecem se adequar ao caso do Vale da Tarde.

Os dados foram novamente inseridos no software Minitab® para o cálculo dos parâmetros estatísticos dos dados estudados, a Tabela 35 a seguir resume os resultados encontrados.

Tabela 35 - Parâmetros estatísticos para intervalo entre chegadas do Vale Tarde

<b>Dia da Semana</b>	<b>Segunda</b>	<b>Terça</b>	<b>Quarta</b>	<b>Quinta</b>	<b>Sexta</b>	<b>Consolid</b>
Média	109.53	117.18	136.32	112.25	188.44	127.31
Variância	59583.00	38942.00	77930.00	52807.00	143750.0	74216.00
Desvio Padrão	244.10	197.34	279.16	229.80	379.15	272.43
Coeficiente de Variação	2.23	1.68	2.05	2.05	2.01	2.14
Erro Padrão	9.09	7.42	9.96	8.66	13.75	7.19
Assimetria	8.17	4.28	6.91	7.00	6.66	7.35
Curtose	103.45	23.59	79.70	70.63	65.44	84.59

Fonte: Elaborado pelo Autor

Em comparação com os demais períodos, o Vale da Tarde apresenta maiores médias de intervalo entre chegadas, todas acima dos 100 segundos, o que reforça ainda mais o comportamento evidenciado na Figura 32. Outro ponto que pode ser verificado nos indicadores calculados se refere a questão de as curvas serem mais “espaçadas”, isso pode ser verificado nos desvios padrões encontrados para esse período, consideravelmente maiores em comparação com os demais períodos do dia.

Como realizado para os demais períodos do dia, os intervalos entre chegadas foram inseridos no software EasyFit® para identificação das distribuições de probabilidade que melhor se encaixam com os valores encontrados. Essa análise está resumida na Tabela 36.

Tabela 36 - Priorização de distribuições de probabilidade Vale Tarde

Pos	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Consolidado
1	Logística	Pareto 2	Logística	Lognormal	Lognormal	Logística
2	Lognormal	Logística	Lognormal	Lognormal	Lognormal	Lognormal
3	Dagum	Gen. Pareto	Inv. Gaussian	Log-Logística	Gen. Gamma	Pearson 6
4	Dagum	Dagum	Normal	Pearson 6	Gen. Pareto	Pearson 5
5	Pearson 5	Burr	Gen. Pareto	Pearson 6	Pareto 2	Dagum
6	Pearson 6	Inv. Gaussian	Fatigue Life	Gen. Gamma	Pearson 6	Dagum
7	Burr	Lognormal	Fatigue Life	Dagum	Pearson 6	Gen. Gamma
8	Burr	Log-Logística	Dagum	Dagum	Burr	Burr
9	Gen. Gamma	Fatigue Life	Dagum	Log-Logística	Burr	Burr
10	Log-Logística	Pearson 6	Pearson 6	Burr	Dagum	Log-Logística

Fonte: Elaborado pelo Autor

Como verificado nos demais períodos analisados, não existe um padrão que descreva as os valores encontrados para o intervalo entre chegadas para todos os dias. Porém, nesse caso a curva Log-normal e a curva Logística parecem ser mais representativas do comportamento desse indicador nos períodos considerados.

### 5.1.2 Tempo de atendimento

A análise do tempo de atendimento seguiu a mesma estrutura do que foi realizado para o intervalo entre chegadas. A grande diferença, porém, foi na granularidade da análise e estratificação dos dados: no caso do tempo de atendimento não foi feita a distinção entre período do dia e nem entre dia da semana.

A análise levou em conta todos os dados da planilha “Total\_Filtrada”, isso porquê a teoria de fila diz que o tempo de atendimento é uma independe do número de entidades presentes no sistema, logo é possível assumir que seu comportamento deveria ser constante ao longo do tempo.

Uma análise preliminar dos dados mostrou que existiam grandes inconsistências nos valores encontrados nas planilhas, isso porquê existiam tempos de atendimento extremamente baixos, que são irreais dada a dinâmica de deslocamento e os processos realizados durante um atendimento comum. Assim sendo foi necessário realizar uma estratificação nos dados para eliminar esses valores inconsistentes.

Para suportar a eliminação dos outliers foi necessário desenvolver algum racional para corte dos dados disponibilizados, logo para auxiliar nesse processo, foi realizada mais uma visita ao ICESP com o intuito de observar e cronometrar o tempo de uma amostra restrita de atendimentos. A ideia foi de realizar tal corte com base nos valores encontrados, dando alguma margem para testar o modelo. A Tabela 37 dá conta dos valores tomados durante a visita no ICESP.

Tabela 37 - Tempos registrados de atendimento durante visita ao ICESP

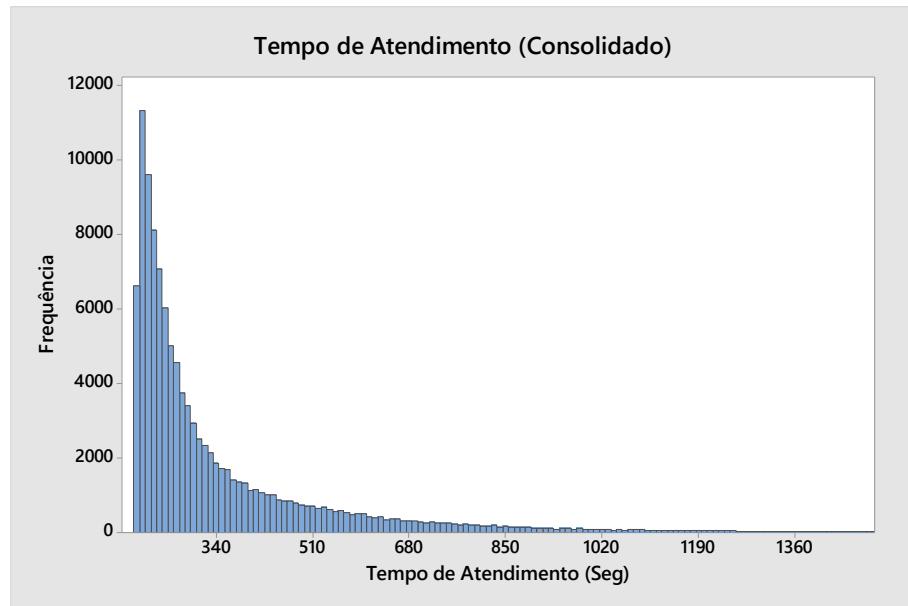
<b>Número do atendimento</b>	<b>Tempo de atendimento registrado (seg)</b>
Atendimento 1	507
Atendimento 2	279
Atendimento 3	202
Atendimento 4	435
Atendimento 5	390

Fonte: Elaborado pelo Autor

O racional de corte foi estabelecido de tal forma que o menor valor observado durante a visita foi considerado o menor valor aceitável para os dados fornecidos pelo ICESP. Logo todas as observações com tempo de atendimento inferior a 202 segundos foram desconsideradas da análise desse indicador.

Seguindo a metodologia utilizada anteriormente, o primeiro passo consistiu na inserção dos tempos de atendimento no software Minitab® para geração do histograma e posterior análise visual do mesmo. A Figura 44 a seguir é resultante dessa análise.

Figura 44 - Histograma do tempo de atendimento (consolidado)



Fonte: Elaborado pelo Autor

A análise preliminar da forma da curva permite inferir que o comportamento da mesma se assemelha muito a de uma curva exponencial ou ainda de uma Log-Normal. Seguindo o procedimento realizado, o próximo passo foi o cálculo dos indicadores estatísticos para o tempo de atendimento, representados na Tabela 38 a seguir.

Tabela 38 - Indicadores estatísticos para o tempo de atendimento

<b>Dia da Semana</b>	<b>Consolidado</b>
Média	377.42
Variância	128190.00
Desvio Padrão	358.03
Coeficiente de Variação	0.94862
Erro Padrão	7.40
Assimetria	8.51
Curtose	125.64

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tendo mapeado o histograma dos dados bem como os indicadores estatísticos da curva, o último passo foi a inclusão dos dados encontrados no software EasyFit para teste de aderência com

diversas curvas de densidade de probabilidade. A Tabela 39 mostra a priorização levantada pelo software.

Tabela 39 - Priorização de distribuições de probabilidade tempo de atendimento

Pos	Consolidado
1	Lognormal
2	Gen. Pareto
3	Inv. Gaussian (3P)
4	Log-Logística (3P)
5	Fatigue Life (3P)
6	Pearson 6 (4P)
7	Pearson 5 (3P)
8	Gamma (3P)
9	Gen. Gamma (4P)
10	Log-Pearson 3

Fonte: Elaborado pelo Autor

### 5.1.3 Número de guichês

Por fim, o último indicador necessário para elaboração do modelo de filas é o número médio de guichês disponíveis. É necessário ressaltar que, apesar de existirem 12 guichês dedicados ao atendimento de pacientes que passarão pelo atendimento inicial complexo, na prática esses guichês não são necessariamente todos utilizados ao longo do dia. Sendo assim foi necessário realizar uma análise para verificar o número de guichês disponíveis em cada um dos momentos analisados.

O quadro de funcionamento de guichês no hospital não é fixado por horário do dia e nem por dia da semana, logo existe variabilidade do número de servidores disponíveis, até mesmo entre os mesmos dias da semana. Dessa forma para efeitos de viabilização da elaboração do modelo de filas, foi necessário calcular uma média do número de guichês disponíveis para horários distintos e para cada dia da semana também. Para o cálculo desse indicador, foi utilizada novamente uma tabela dinâmica para auxiliar na verificação do número de guichês disponíveis para cada dia da semana.

A lógica da tabela dinâmica foi estruturada de tal forma que as linhas contemplavam os diferentes dias da semana, enquanto que as colunas davam conta dos horários de atendimento. Para cada dia analisado, foram contados os números de guichês disponíveis levando-se em conta que para o mesmo estar ativado, ele deveria registrar ao menos um atendimento no horário estipulado. Ao final foi possível calcular um número médio para cada dia da semana e cada horário do dia. A Tabela 40 a seguir dá conta dos resultados encontrados em termos de guichês disponíveis.

Tabela 40 - Número médio de guichês disponíveis por dia da semana e horário do dia

	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
<b>Segunda</b>	10	11	11	11	11	10	11	12	12	9	4	3	2
<b>Terça</b>	10	11	11	11	11	11	12	12	11	8	4	3	1
<b>Quarta</b>	9	10	10	11	10	10	11	11	11	7	4	2	1
<b>Quinta</b>	10	10	10	11	11	10	11	11	11	7	4	3	1
<b>Sexta</b>	9	10	10	11	11	9	10	10	10	6	3	2	1
<b>Média</b>	10	10	10	11	11	10	11	11	11	8	4	3	1

Fonte: Elaborado pelo Autor

## 5.2 SIMULAÇÃO NO ARENA

Tendo os indicadores necessários para elaboração do modelo de filas, o passo seguinte foi a estruturação do mesmo. Para tal foi utilizado o “software” Arena®. Essa seção busca explicar o racional de elaboração do mesmo, bem como demonstrar os cenários considerados e os indicadores estatísticos utilizados como premissas.

### 5.2.1 Construção do Modelo

A elaboração do modelo de filas foi dividida em 6 grandes blocos montados no software. O primeiro bloco consiste num contador de horas, ou seja, uma geração de entidades “hora” que ocorre constantemente em intervalos de 60 minutos. Sua aplicabilidade está dividida em duas grandes frentes: a primeira diz respeito a servir como parâmetro para variabilidade do sistema conforme o horário do dia, no caso, os comportamentos distintos das curvas de intervalo entre chegadas. A segunda está presente na função “Ler e Escrever”, que registra os indicadores: número de pacientes entrando na fila, tempo médio de espera na fila, número médio de pacientes em fila e número pacientes atendidos em um arquivo externo do Microsoft Excel®, para posterior análise.

Figura 45 - Bloco de controle de horário modelagem no software Arena

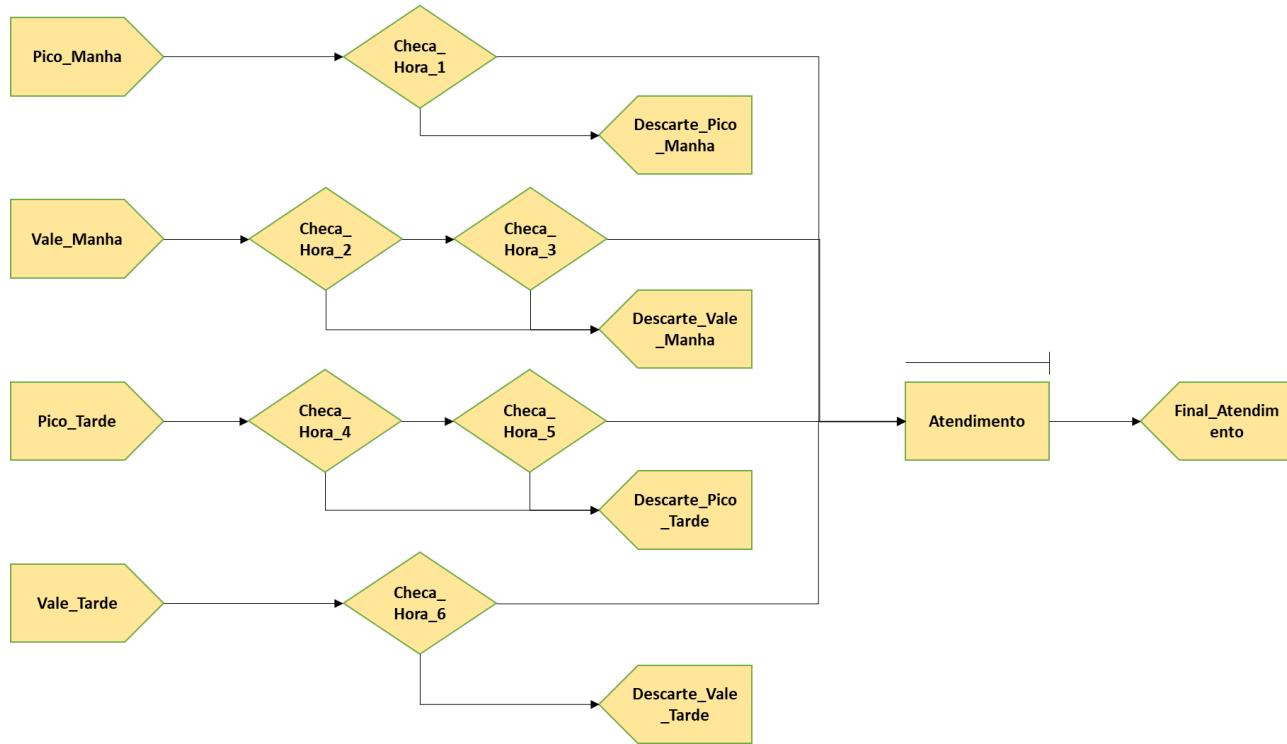


Fonte: Elaborado pelo Autor

O outro grupo de 4 blocos dá conta dos diferentes períodos do dia modelados “pico da manhã”, “vale da manhã”, “pico da tarde” e “vale da tarde”. Como cada período apresenta um comportamento específico quanto ao intervalo entre chegadas dos pacientes, foi necessário separá-los em blocos distintos, cada qual com seus parâmetros e curvas probabilísticas distintas. Além disso foram implementados blocos de decisão que constantemente verificam se o horário da simulação e decidem se as entidades geradas (pacientes) podem ser conduzidas ao processo de atendimento.

Por fim, existe o bloco contendo o processo (atendimento), inicialmente modelado a partir dos parâmetros identificados no item 5.1.2 e o posterior descarte (saída) das entidades geradas. A Figura 46 mostra a dinâmica de funcionamento da simulação dos demais blocos no software Arena®.

Figura 46 - Blocos de chegada de pacientes e atendimento



Fonte: Elaborado pelo Autor

### 5.2.2 Validação

O primeiro passo para validação do modelo foi a seleção das distribuições a serem empregadas, tanto para o intervalo entre chegadas, quanto para o tempo de atendimento. Para efeitos de análise de diferentes condições, ficou estabelecido que dois cenários seriam modelados: um contemplando um “Caso Pessimista”, ou seja com os menores intervalos entre chegadas encontrados na análise do item 5.1.1 para os diferentes períodos estudados, e um outro com base indicadores encontrados na análise dos dados consolidados, servindo um “caso médio” de comportamento do sistema. Em ambas as condições simuladas na validação, os tempos de atendimento foram considerados utilizando os mesmos parâmetros encontrados no item 5.1.2.

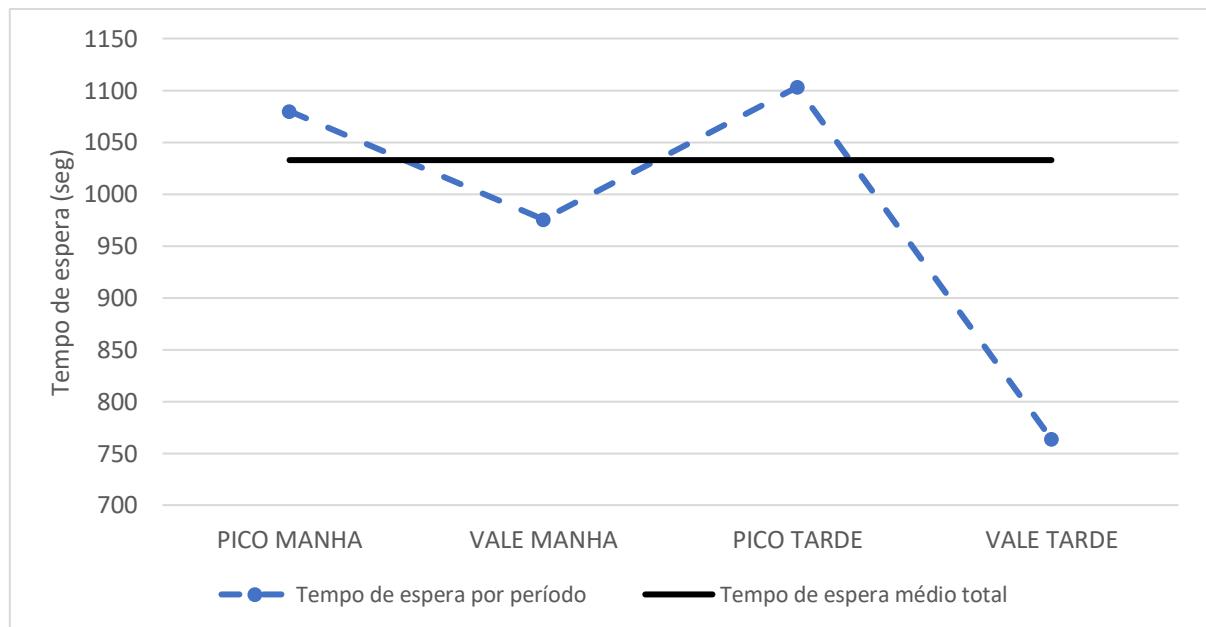
É necessário ressaltar que o software Arena® possui não possuir todas as distribuições identificadas pelo software EasyFit®, logo foi necessário selecionar, dentre as apontadas, aquela que estivesse melhor posicionada na priorização e que estivesse disponível também no pacote do Arena®.

### 5.2.2.1 Comparativos

Para servir como critério de validação do modelo, foram utilizados dois resultados extraídos do software Arena®: primeiro foi o número médio de clientes gerados por período do dia, com o intuito de verificar se as distribuições levantadas para intervalo entre chegadas são condizentes com os dados fornecidos pela gerência do ICESP, e o segundo é o tempo médio de fila da simulação.

O cálculo do tempo médio de fila atual foi realizado a partir da base de dados “Total\_Filtrado” e o indicador auxiliar calculado “tempo\_espera\_segundos” descrito no item 4.3.2. Foi encontrado que atualmente o tempo médio de espera do sistema é de aproximadamente 1033 segundos, sendo que o mesmo apresenta comportamento variável ao longo do dia. A Figura 47 ilustra o comportamento deste indicador para diferentes períodos do dia.

Figura 47 - Tempo médio de espera na fila



Fonte: Elaborado pelo Autor

### 5.2.2.2 “Caso Pessimista”

Para construção do “Caso Pessimista”, foi necessário primeiramente identificar dentre os dias da semana, aqueles que tivessem maior movimento para cada período analisado. Para tanto foi

utilizado como critério de seleção os dias que apresentassem menor média de intervalo entre chegadas.

Com base nas análises apresentadas no item 5.1.1 foi possível identificar que Segunda-Feira e Terça-Feira são os dois dias com maior movimentação para todos os períodos observados, sendo o primeiro ligeiramente mais movimentado durante o “pico da manhã” e o “vale da tarde” e o segundo, durante o “vale da manhã” e o “pico da tarde”. Com base nessa análise preliminar foi possível construir a Tabela 41 contendo os parâmetros considerados para construção do “Caso Pessimista”.

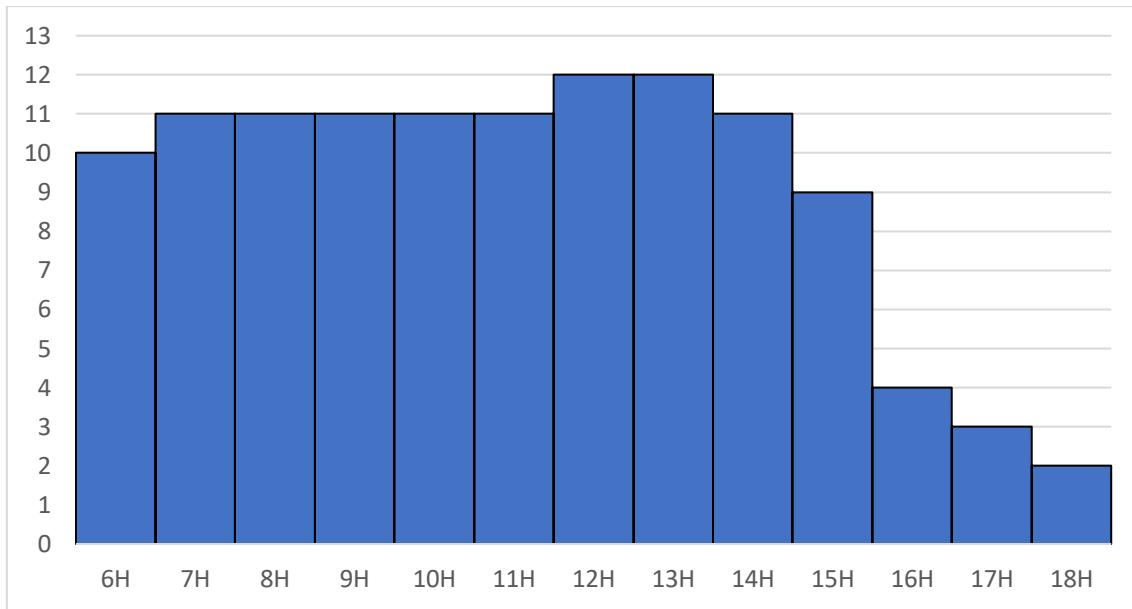
Tabela 41 - Parâmetros utilizados para modelagem do "Caso Pessimista"

Parâmetro	Pico Manhã	Vale Manhã	Pico Tarde	Vale Tarde	Tempo de Atendimento
Dia utilizado	Segunda	Terça	Terça	Segunda	Consolidado
Distribuição	Johnson SB	Exponencial	Johnson SB	Log-Normal	Log-Normal
Priorização	1	4	1	2	1
Média	26.42	42.79	28.59	109.53	377.42
Variância	790.90	2214.50	909.81	59583.00	128190.00
Desvio Padrão	28.12	47.06	30.16	244.10	358.03
$\gamma$	3.4675	N/C	4.2968	N/C	N/C
$\delta$	1.0834	N/C	1.2026	N/C	N/C
$\lambda$	538.41	N/C	922.35	N/C	N/C
$\xi$	-3.3202	N/C	-5.4625	N/C	N/C

Fonte: Elaborado pelo Autor

Além dos parâmetros básicos, foi necessário também inserir o número de guichês disponíveis para cada horário do dia. Foi utilizado como base o comportamento médio desse indicador nos dias selecionados, ou seja, para o “pico da manhã” e para o “vale da tarde” foram considerados os números de guichês médios de segunda feira, enquanto que para o “pico da tarde” e o “vale da tarde” foram considerados os números médios de terça feira. A Figura 48 resume o número de guichês considerados para cada horário.

Figura 48 - Número de guichês utilizado para simulação do "Caso Pessimista"

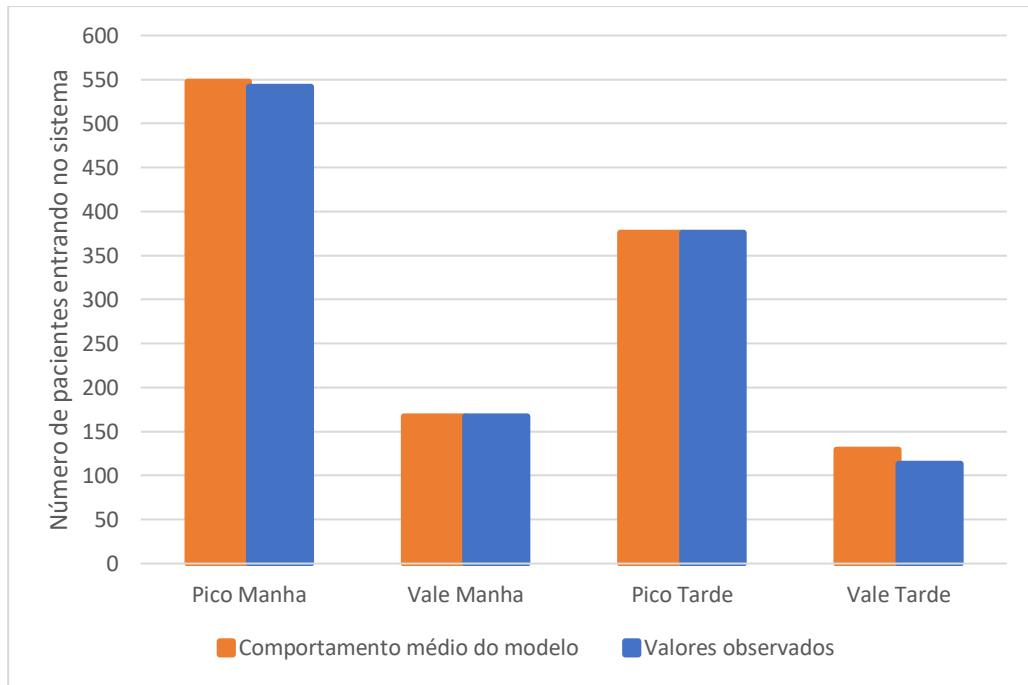


Fonte: Elaborado pelo Autor

Tendo todas as informações inseridas no modelo, o próximo passo foi execução da simulação. Para garantir significância estatística e dada a limitação computacional, ficou estabelecido que o número de replicações seria de 20, levando-se em conta também as limitações computacionais. Os resultados da simulação foram então exportados para uma planilha de Microsoft Excel® onde foram, posteriormente, desenvolvidos gráficos para verificação da validade do modelo.

O primeiro ponto a ser analisado foi a questão dos intervalos entre chegadas. Para tanto foram calculados os números médios de pacientes entrando no sistema para cada período considerado, conforme o dia da semana utilizado como referência para o “Caso Pessimista”. Os valores encontrados foram comparados com a média dos valores gerados pelas 20 replicações, sendo a Figura 49 o resultado dessa análise comparativa.

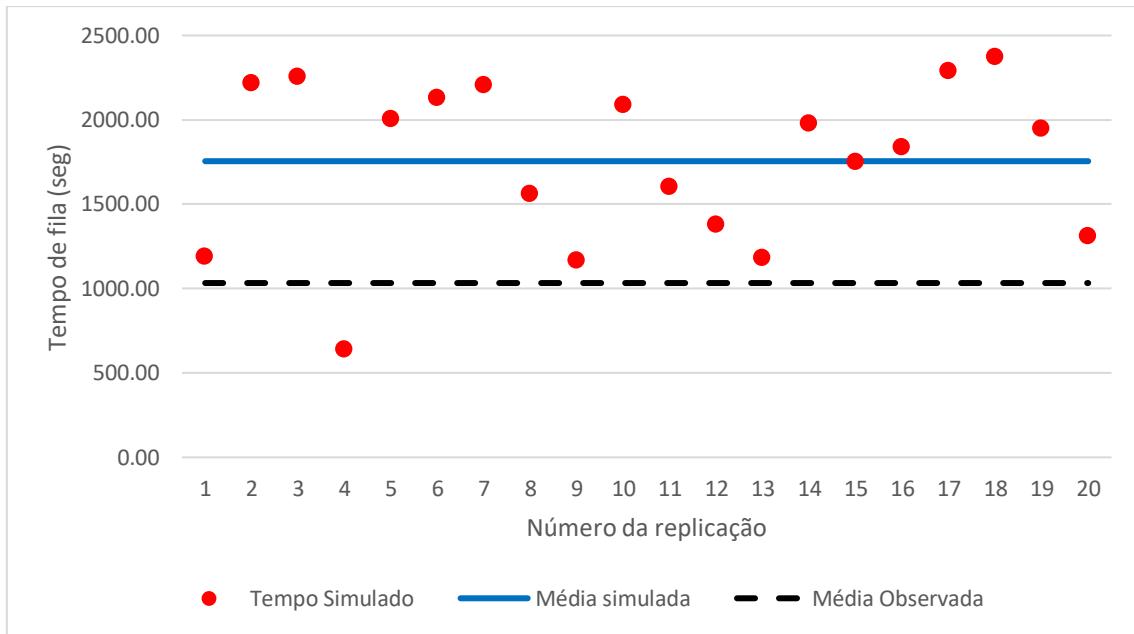
Figura 49 - Comparação do intervalo entre chegadas – “Caso Pessimista”



Fonte: Elaborado pelo Autor

Percebe-se que o comportamento da simulação se assemelha muito ao comportamento médio dos dias com maior movimento, no que tange a entrada de pacientes nos períodos estudados. O próximo passo foi, então a comparação dos tempos de filas simulados com aqueles observados, no caso, descritos no item 5.2.2.1. A Figura 50 mostra de maneira gráfica uma comparação dos tempos médios de filas encontrados por replicação, tempo médio de filas de todas as replicações e o valor observado com base nas bases de dados fornecidas.

Figura 50 - Comparação dos tempos de fila da simulação com valores observados – “Caso Pessimista”

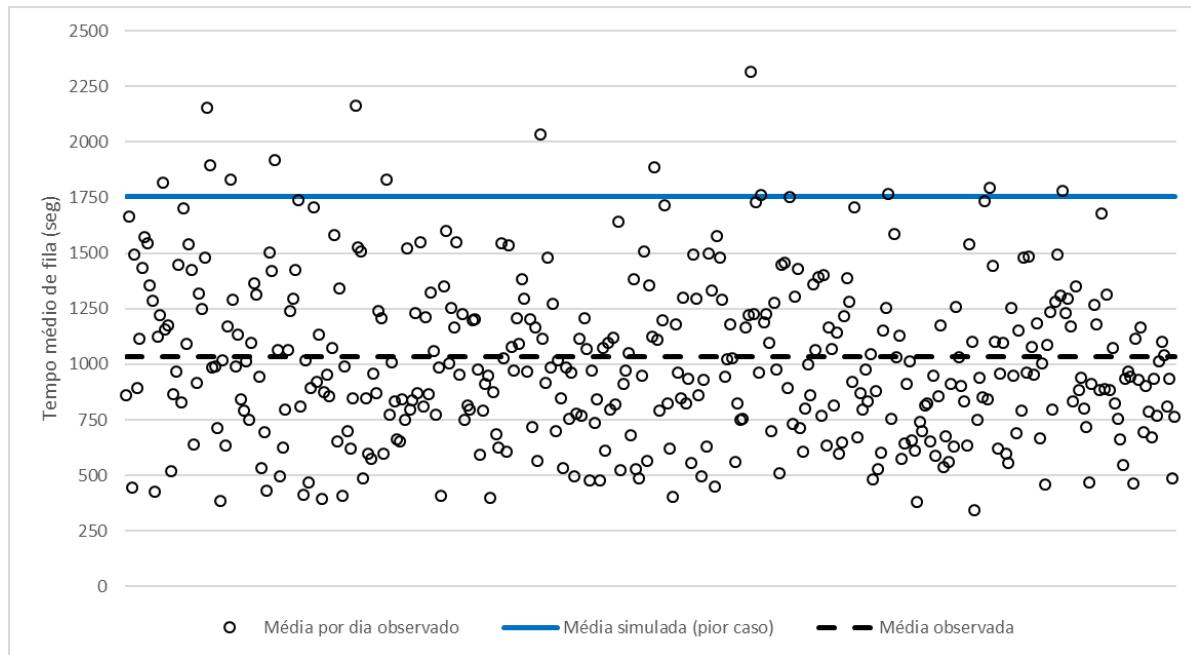


Fonte: Elaborado pelo Autor

Como esperado, o tempo médio de fila do “Caso Pessimista” é superior ao valor médio observado: enquanto que o valor observado é em torno de 1033 segundos, neste modelo, levando-se em conta os dias mais movimentados, o tempo médio de fila encontrado foi de aproximadamente 1755 segundos, ou seja, 70% maior.

Para validá-lo, foi montado um gráfico de dispersão contendo o tempo médio de fila observado para cada dia da base de dados “Total\_Filtrado”, a Figura 51 a seguir dá conta do resultado dessa análise.

Figura 51 - Tempo médio de fila para cada dia observado



Fonte: Elaborado pelo Autor

Como a proposta deste cenário é de justamente testar uma situação que leve em consideração os períodos mais movimentados do ICESP e dado que apenas 14 dias observados superaram a média de 1755 segundos, o que representa menos do que 3.5% das observações. Logo é possível validar tal simulação como representativa de um “pior caso”.

### 5.2.2.3 “Caso Médio”

Analogamente ao realizado no item anterior, uma segunda análise foi conduzida de modo a desenvolver um entendimento quanto ao comportamento do sistema como um todo, sem considerar que o mesmo esteja em sua máxima utilização. Logo a mesma análise do item anterior foi conduzida, porém levando-se em conta os dados “consolidados” de todos os dias da semana, calculados também na seção 5.1. A Tabela 42 ilustra valores inseridos no modelo.

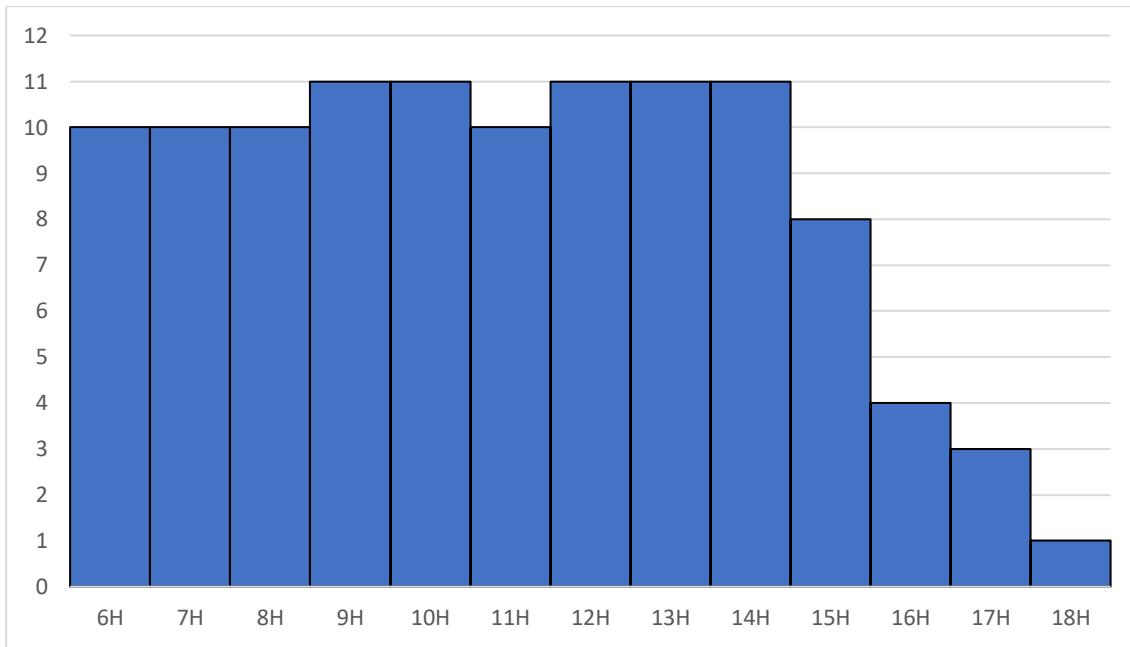
Tabela 42 - Parâmetros utilizados para modelagem do ““Caso Médio””

Parâmetro	Pico Manhã	Vale Manhã	Pico Tarde	Vale Tarde	Tempo de Atendimento
Dia utilizado	Consolidado	Consolidado	Consolidado	Consolidado	Consolidado
Distribuição	Johnson SB	Johnson SB	Johnson SB	Log-Normal	Log-Normal
Priorização	1	2	1	1	1
Média	31.981	49.661	32.898	127.31	377.42
Variância	1222.0	3214.9	1306.5	74216.0	128190.00
Desvio Padrão	34.957	56.7	36.145	272.43	358.03
$\gamma$	4.1912	3.4889	5.456	N/C	N/C
$\delta$	1.1648	1.0449	1.2448	N/C	N/C
$\lambda$	1034.9	1136.3	2400.6	N/C	N/C
$\xi$	-6.0342	-7.0699	-7.2098	N/C	N/C

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tendo as distribuições levantadas, o próximo passo foi novamente a definição do número de guichês abertos por horário modelado. Nesse caso, o número de guichês considerado foi o número médio de guichês para cada hora, levando-se em conta todos os dias da semana. A Figura 52 a seguir mostra os valores considerados para modelagem.

Figura 52 - Número de guichês utilizado para simulação do "“Caso Médio”"

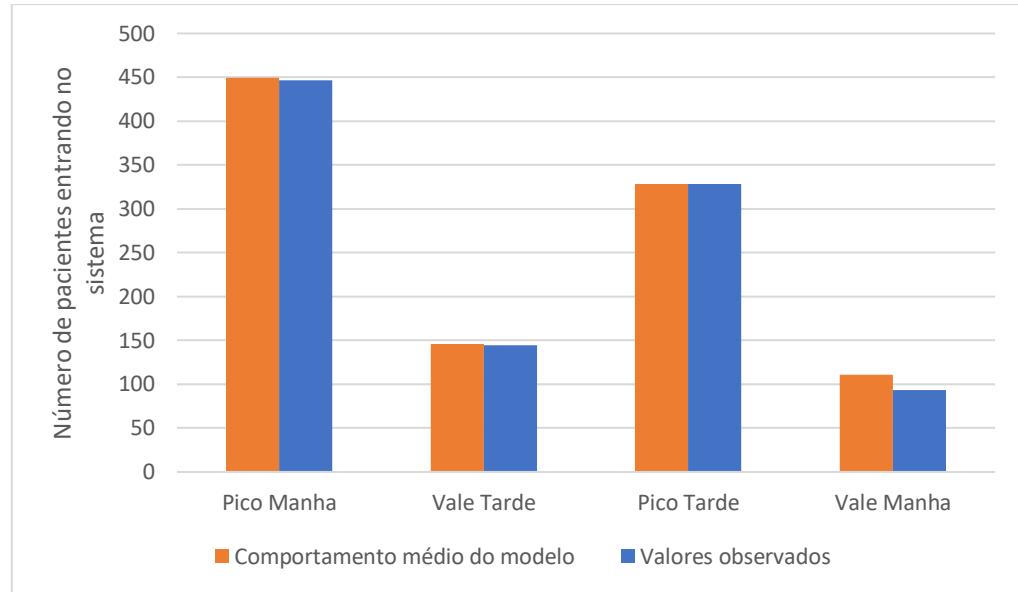


Fonte: Elaborado pelo Autor

Analogamente ao que foi realizado no estudo anterior, os valores foram inseridos no modelo do Arena® e foram realizadas 20 replicações. Os dados foram posteriormente exportados para uma planilha de Microsoft Excel®, onde as análises foram conduzidas.

O primeiro passo foi a verificação do número de pacientes entrantes no sistema. Os dados foram comparados com os valores médios observados levando em conta todos os dias da semana. A Figura 53 mostra que os valores médios de entradas nos diferentes períodos são bastante semelhantes ao que é observado nos dados fornecidos pelo ICESP.

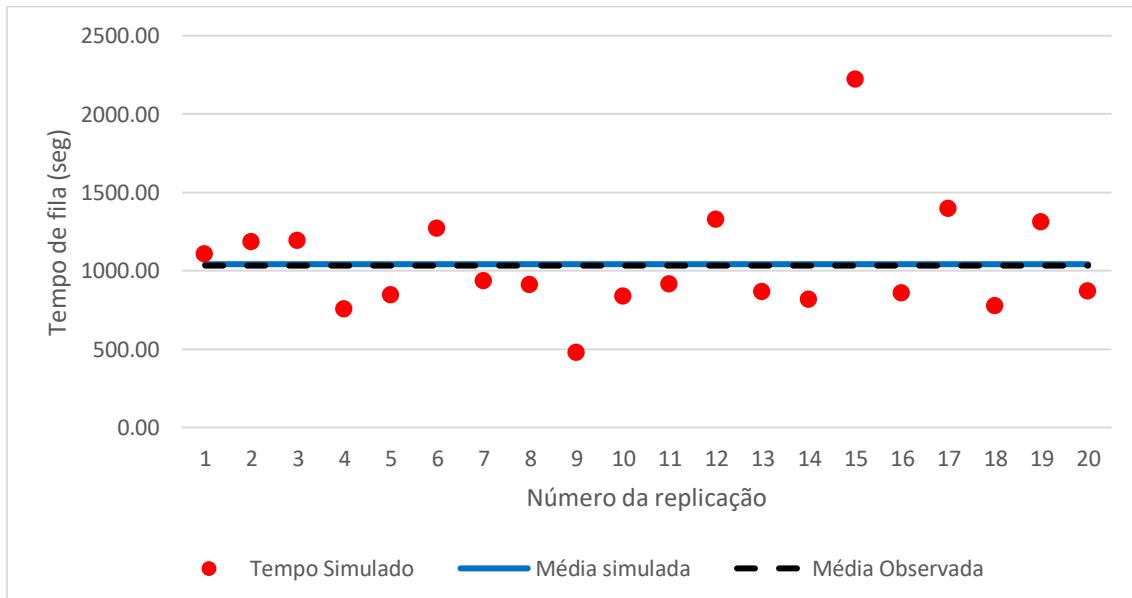
Figura 53 - Comparação do intervalo entre chegadas – “Caso Médio”



Fonte: Elaborado pelo Autor

Tendo validado a premissa da entrada de pacientes no sistema, o último passo foi, novamente, calcular o tempo médio de fila das 20 simulações realizadas e compará-lo com o valor de 1033 previamente calculado. A Figura 54 resume os resultados encontrados para essa análise.

Figura 54 - Comparação dos tempos de fila da simulação com valores observados – “Caso Médio”



Fonte: Elaborado pelo Autor

O tempo médio de filas encontrado após as 20 simulações foi ligeiramente superior ao observado, no caso foi de 1041 segundos, ou seja, apenas 8 segundos de diferença com a média observada de 1033 segundos, sendo assim, é possível considerar o caso modelado como representativo de um “Caso Médio” do sistema durante sua operação.

## 6 PROPOSTA MELHORIA

Para formulação de uma proposta de melhoria para o modelo atual, foram formulados 2 cenários: um mantendo-se a dinâmica do número de guichês, porém considerando uma redução significativa no tempo médio de atendimento, e outro expandindo a capacidade de guichês (total disponível) nos horários de pico.

### 6.1 MODELAGEM DOS CENÁRIOS

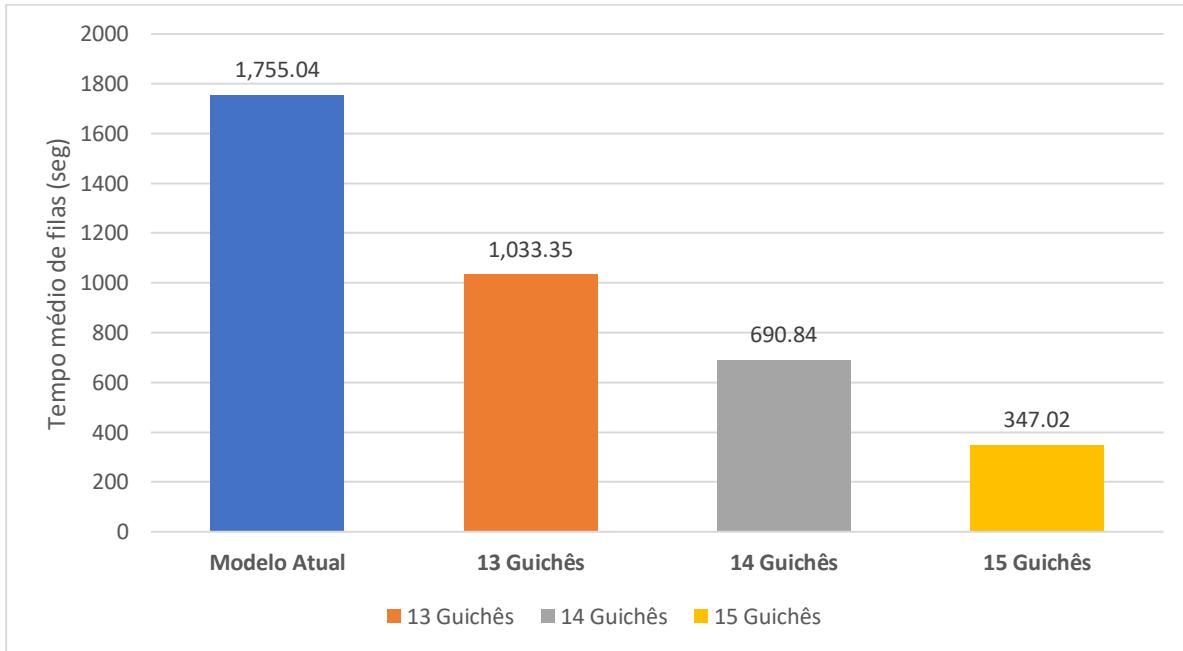
#### 6.1.1 Cenário 1 – Aumento da capacidade de atendimento nos horários de pico

O primeiro cenário testado consistiu em aumentar a capacidade de atendimento (número de guichês) apenas nos horários classificados como “pico”, ou seja, entre 6h e 9h e entre 12h e 14h. Como mencionado pela gerência do ICESP, o hospital conta com 15 guichês dedicados ao “atendimento inicial”: 12 são utilizados para o “atendimento inicial complexo”, enquanto que 3 ficam responsáveis pelo “atendimento inicial simples”. Foi relatado pelo pessoal do ICESP também que os guichês e os funcionários que atuam no “atendimento inicial simples” estão aptos a realizar o “atendimento inicial complexo” sem grandes necessidades de alteração na estrutura física do hospital.

A ideia deste cenário foi de analisar a sensibilidade de utilizar a capacidade atual total disponível para o “atendimento inicial complexo” (12 guichês) nos horários de pico, somados a realocação de 1, 2 ou todos os guichês dedicados ao “atendimento inicial simples” para realização do “atendimento inicial complexo” apenas nos horários definidos. Para cada alteração na capacidade de atendimento, foram realizadas 20 replicações de simulações, analogamente ao realizado no item 5.2.2, logo para o teste das 3 situações simuladas no cenário 1, foram conduzidas 60 replicações no total.

Primeiramente foi testado o impacto desta mudança no cenário “Cenário Pessimista”. Para tanto foi utilizado o mesmo modelo apresentado no item 5.2.2.2, com a alteração nos parâmetros de capacidade. Os resultados foram posteriormente exportados para um arquivo de Microsoft Excel® para análise estatística e gráfica dos mesmos. A Figura 55 ilustra os resultados observados para esta etapa.

Figura 55 - Cenário 1: Resultados para o "Caso Pessimista"

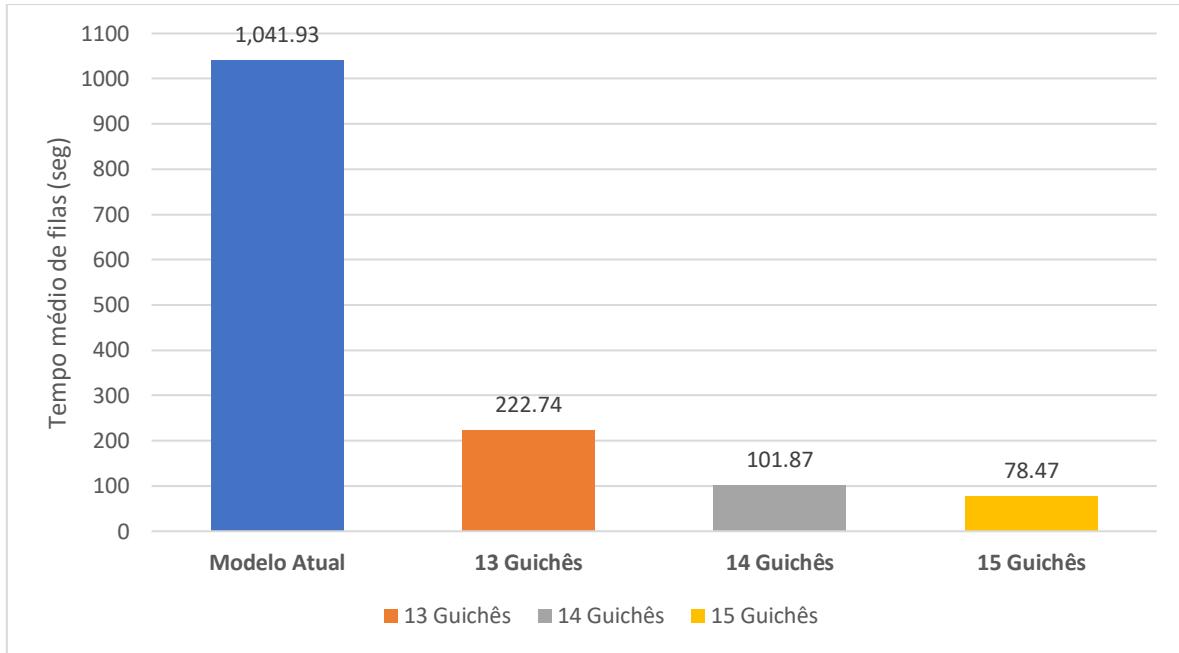


Fonte: Elaborado pelo Autor

Observa-se que com o aumento da capacidade para 13 guichês, o tempo médio de filas, para o cenário pessimista fica extremamente próximo a média atual observada (1033 segundos), logo, dado que a valor atual não está condizente com os padrões esperados pelo ICESP, seria necessário um aumento ainda maior na capacidade de atendimento para os horários de pico: com 14 guichês o tempo médio de filas já se reduz para 690 segundos, enquanto que uma realocação total dos guichês de “atendimento inicial simples” resulta num tempo médio de filas de aproximadamente 350 segundos, consideravelmente inferior ao valor atualmente observado.

O próximo passo foi, então, replicar a análise, agora levando em conta a modelagem proposta para o “Caso Médio”. Analogamente, foram realizadas 60 replicações, 20 para cada incremento na capacidade de atendimento proposto. A Figura 56 ilustra os resultados encontrados para essa simulação.

Figura 56 - Cenário 1: Resultados para o "Caso Médio"



Fonte: Elaborado pelo Autor

Percebe-se claramente que a introdução de um novo guichê nos horários de pico tem um efeito imediato no tempo médio de filas, isso porquê são os horários que apresentam maior número de entrada de pacientes e, consequentemente são “gargalos” no fluxo de atendimento. É necessário notar, porém que os ganhos de diminuição do número de filas vão se tornando cada vez menores, isso porquê com o aumento do número de guichês apenas nos horários de pico, as filas dos demais horários do dia tendem a se tornar mais relevantes, ou seja, atinge-se um ponto de saturação e os guichês dos horários de pico passam a apresentar também menores índices de utilização, sem mais impacto nas filas dos demais horários do dia.

### 6.1.2 Cenário 2 – Diminuição no tempo médio de atendimento

Um segundo cenário testado foi relacionado a uma possível diminuição do tempo médio de atendimento. Como visto no item 5.1.2, o tempo atual de atendimento modelado é de aproximadamente 377 segundos e segue uma curva de distribuição Log-Normal.

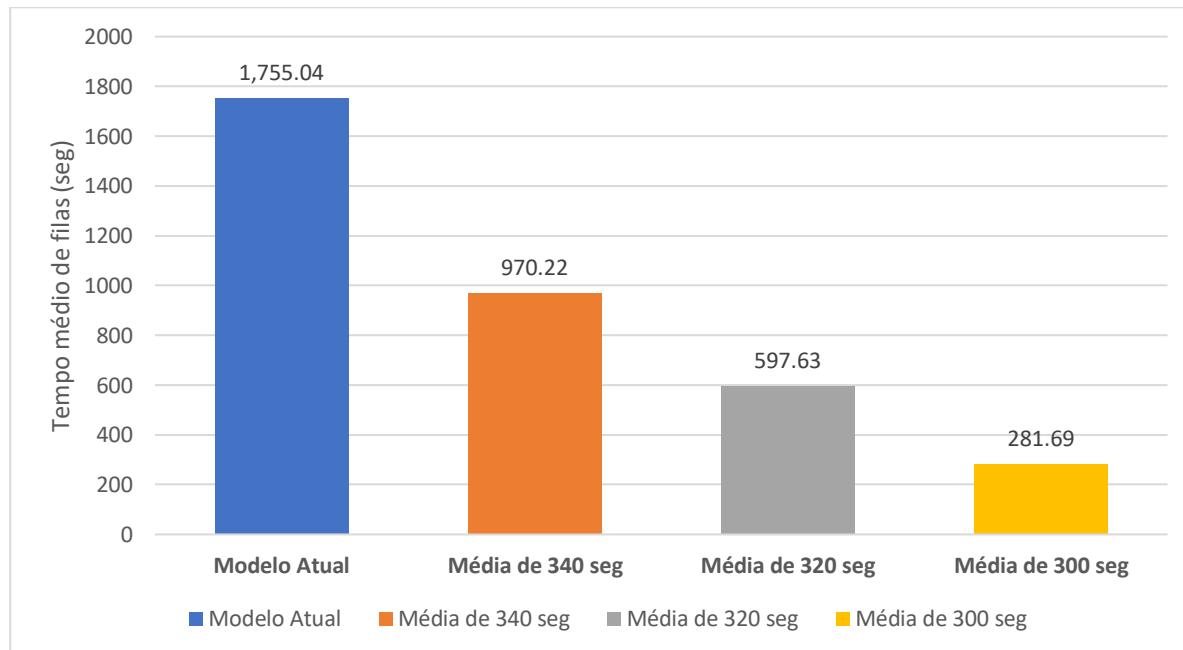
Para diminuição do tempo médio de atendimento, várias medidas poderiam ser tomadas pela gerência, entre elas podemos citar: revisão do processo de atendimento (principalmente no que se refere ao nível de detalhamento necessário para o cadastro do paciente); oferecimento de

treinamentos para funcionários, de modo a otimizar e padronizar os atendimentos; revisão do sistema de informação utilizado, buscando diminuir falhas e acelerar o envio de informações.

É preciso levar em consideração que foi necessário realizar um corte nos dados providos pelo ICESP, em face da inconsistência dos mesmos. Winston (2009) afirma que as curvas de tempo de atendimento usualmente possuem comportamento exponencial, logo para modelagem desse cenário, será considerado que os tempos de atendimento seguiram a mesma e não mais a distribuição Log-Normal descrita anteriormente.

Primeiramente foram realizadas 3 simulações (cada qual com 20 replicações) para o “Cenário Pessimista”, levando-se em conta a diminuição da média do tempo de atendimento para 340, 320 e 300 segundos. Os resultados obtidos no software Arena® foram resumidos na Figura 57 a seguir.

Figura 57 – Cenário 2: Resultados para o "Caso Pessimista"

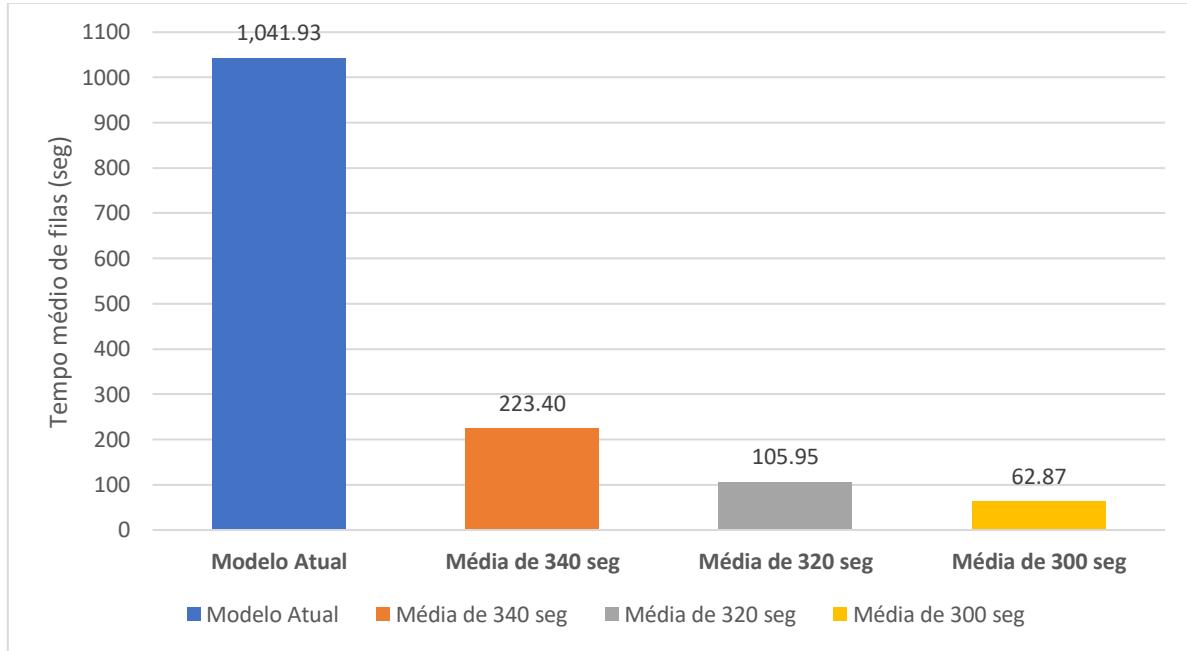


Fonte: Elaborado pelo Autor

Percebe-se que a melhora é exponencial conforme a diminuição do tempo médio de atendimento isso ocorre porque, diferentemente do cenário 1, nesse caso todos os períodos do dia têm seu tempo acelerado e não apenas aqueles envolvidos nos horários de pico.

Analogamente foi realizada uma segunda análise foram conduzidas mais 3 simulações levando em conta o “Caso Médio”. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 58.

Figura 58 - Cenário 2: Resultados para o "Caso Médio"



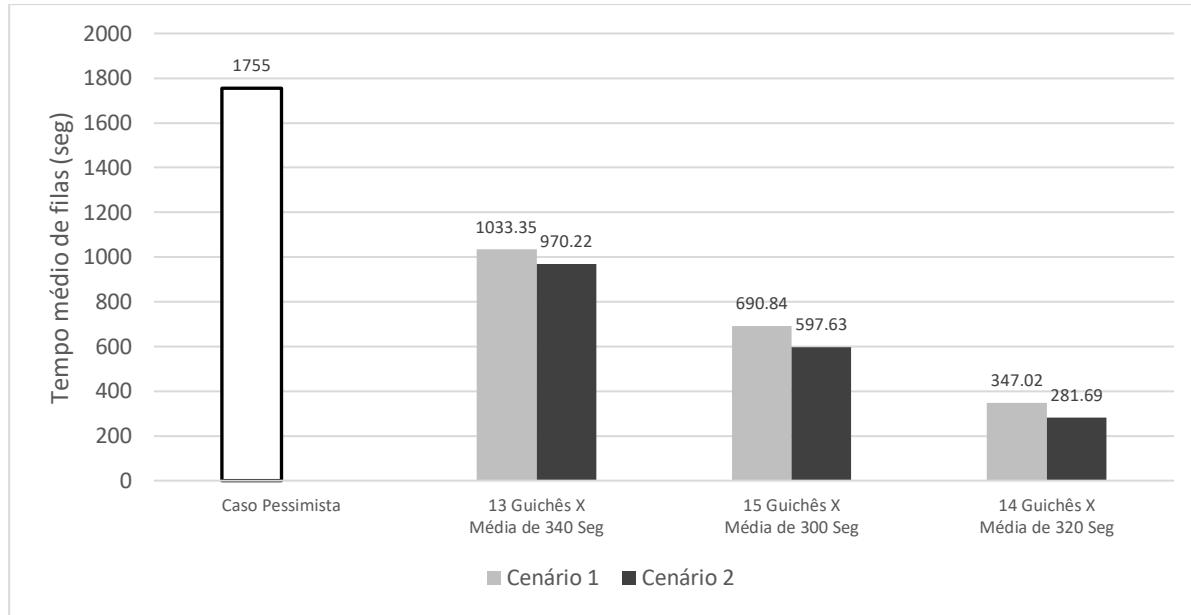
Fonte: Elaborado pelo Autor

Novamente os tempos de filas são consideravelmente diminuídos no “Caso Médio”, assim como nas demais situações modeladas.

## 6.2 Discussão dos resultados obtidos

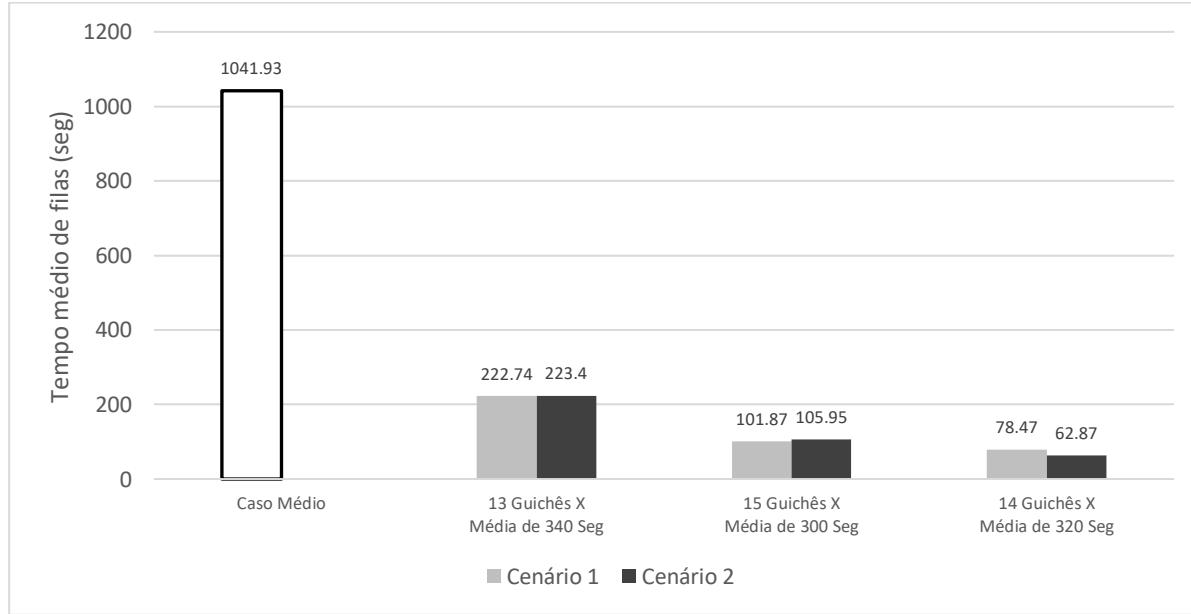
Com os resultados dos cenários testados, conforme descrito no item anterior, o próximo passo consiste em uma análise crítica dos mesmos. Para facilitar a comparação, os mesmos são apresentados comparativamente na Figura 59 e Figura 60 a seguir.

Figura 59 -Análise comparativa dos cenários simulados – “Caso Pessimista”



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 60 - Análise comparativa dos cenários simulados – “Caso Médio”



Fonte: Elaborado pelo Autor

As melhorias obtidas nos dois cenários considerados são muito semelhantes em ambos os modelos considerados (“Caso Pessimista” e “Caso Médio”), porém é necessário frisar que no

primeiro Cenário, não se leva em conta o impacto que a realocação dos funcionários da fila de “atendimento inicial simples” terá em sua fila atual, além disso, os mesmos, não foram considerados entrando na mesma fila que os pacientes que buscam “atendimento inicial complexo”. Outro ponto importante a ser considerado, consiste no fato de que a solução de incremento no número de guichês apenas acelera o atendimento durante os períodos de “pico”. Haja visto que não são consideradas mudanças nos demais horários do dia, logo os tempos de filas podem ser mais impactados pela variabilidade na demanda por atendimento ao longo do dia. Essa proposta de melhoria, porém, possui efeito imediato no modelo de filas, na medida em que não incorre em nenhum tipo de treinamento aos funcionários ou reforma no espaço atual do hospital (os guichês já estão localizados próximos uns dos outros, vide Figura 17).

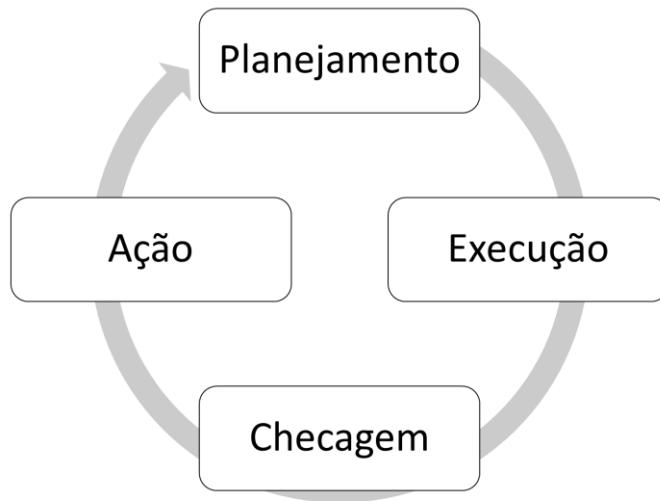
Quanto ao segundo Cenário, as mudanças impactam o atendimento como um todo, haja visto que o mesmo é considerado uniforme ao longo do dia. Outro ponto importante consiste também no impacto que essa solução teria sobre a qualidade do atendimento prestado, isso porquê seria necessária uma verificação mais aprofundada das causas raízes do motivo para que o tempo de atendimento esteja tão elevado. É necessário reforçar, porém, que apesar de ser uma solução com maior perpetuidade, sua implementação não é imediata, como apresentado no Cenário 1, além disso maiores esforços deverão ser impostos para que as medidas tomadas tenham os efeitos desejados.

Tendo em vista a análise crítica dos dois cenários modelados, ficou claro que a solução oferecida no Cenário 2 é a mais adequada para o hospital, isso porquê, além dos resultados serem ligeiramente mais favoráveis que no Cenário 1, o impacto que uma revisão no modelo de atendimento do hospital como um todo, pode surtir efeito não apenas nas filas para o “atendimento inicial complexo”, mas para todas as demais existentes no hospital, melhorando a satisfação dos pacientes e otimizando o funcionamento do instituto como um todo. É claro que os esforços envolvidos nessa solução são maiores que os do Cenário 1, porém a perpetuidade e impacto que essa solução traz compensam essa defasagem.

### 6.3 Proposta de implementação

A proposta de implementação da solução de diminuição do tempo de atendimento foi construída com base na ferramenta de melhoria de processo denominada “Ciclo PDCA”. Como a ferramenta propõe, ela é dividida em 4 grandes etapas.

Figura 61 - Lógica de implementação do ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Berssaneti & Bouer (2013)

A primeira etapa dá conta do “Planejamento”, ou seja, serão levantadas as principais causas raízes que podem estar impactando o tempo de atendimento atual. Exemplos de possíveis causas podem ser: falta de padronização no atendimento, problemas nas ferramentas sendo utilizadas (ex. sistema interno, computadores, internet, etc.), excesso de informações demandadas dos pacientes para registro/ credenciamento dos mesmos no ambiente ICESP, entre outras.

A segunda e terceira etapas darão conta da “Execução” e da “Checagem”, ou seja, cada uma das causas levantadas pela gerência serão separadas em ordem de relevância e através de observações in loco do atendimento e interações com a equipe de campo, buscar-se-á entender de fato qual a causa raiz do problema e qual deverá ser a abordagem da gerência para lida com ela.

A quarta e última etapa é a da “Ação”, ou seja, de fato implementar as mudanças mais relevantes, seja através de treinamentos, revisão da infraestrutura atual ou até mesmo dos requerimentos de cada processo, de modo a diminuir e padronizar os tempos de atendimento.

## 7 CONCLUSÕES

O presente capítulo visa sumarizar as principais atividades realizadas, bem como fazer uma análise crítica dos resultados encontrados, apontando também as dificuldades e limitações encontradas durante a realização do trabalho.

### 7.1 ANÁLISE DOS OBJETIVOS TRAÇADOS

Como discutido na seção 1.3, o primeiro objetivo deste trabalho consistiu no entendimento da dinâmica de filas atual do ICESP USP. Para tanto, foram primeiramente mapeados todos os processos de filas do principal acesso do hospital (andar térreo). A partir deste ponto foram realizadas visitas e conversas com representantes do hospital de modo a identificar aquela de maior relevância para o ICESP. Ficou estabelecido que o “atendimento inicial simples” seria aquele de maior importância para o estudo.

Estabelecido o objetivo inicial, o próximo passo foi a coleta dos dados necessários para as análises dos indicadores de filas. Para tanto foram realizadas visitas de campo ao hospital para melhor entendimento da dinâmica de filas, bem como do processo de atendimento como um todo. Nesse sentido, foram disponibilizadas 20 planilhas com os dados dos tempos de todos os atendimentos realizados entre Janeiro de 2018 e Agosto de 2019. Foi feito um exercício inicial de análise das tabelas disponibilizadas, de modo a entender quais eram as informações contidas em cada campo e como elas se traduziam no fluxo de atendimento. Além disso foram calculados indicadores auxiliares para as 20 bases de dados para posterior filtragem e tratamento dos mesmos.

Com um entendimento claro das informações disponíveis, o passo seguinte foi o tratamento das bases de dados com auxílio do software Alteryx®: primeiramente, os dados foram agregados em uma única base de dados, depois organizados de acordo com a data e horário de chegada de cada paciente, em seguida foram filtrados para incluírem apenas aqueles relativos aos pacientes que passariam pelo atendimento estudado. Por fim foram separados em bases de dados distintas segregadas por dia da semana e por horário.

O tratamento dos dados permitiu a realização de cálculos e interpretação dos indicadores básicos de filas. O grau de granularidade dado para essa análise foi o mesmo dado a separação das

bases de dados, ou seja, por dia da semana e por horário do dia. Com os indicadores em mãos foi possível identificar um padrão de comportamento ao longo do dia: existiam picos e vales de utilização tanto na entrada de pacientes, quanto na utilização dos guichês. Sendo assim ficou estabelecido que para as próximas etapas, as análises conduzidas seriam divididas em 4 blocos de análise: “pico da manhã”, “vale da manhã”, “pico da tarde” e “vale da tarde”.

O segundo objetivo traçado para esse trabalho foi a elaboração de um modelo para simulação do comportamento da fila. A análise foi realizada com base nos comportamentos identificados, ou seja, nos 4 blocos previamente descritos. O primeiro passo foi a análise estatística das informações disponíveis para o “intervalo entre chegadas” e para o “tempo de atendimento”. O objetivo dessa etapa foi de encontrar distribuições de probabilidade que representassem o comportamento desses indicadores. Para essa avaliação, foi utilizado o software EasyFit® que forneceu um ranking com as principais distribuições que representassem os dados disponibilizados. Além disso, realizou-se um estudo quanto ao número médio de guichês disponíveis por horário do dia.

Possuindo os insumos necessários, o próximo passo foi a elaboração da modelagem com auxílio do software Arena®. O modelo foi então validado com base nos dados calculados na etapa anterior e dois cenários foram construídos: um pessimista e outro médio. O primeiro visava estressar o modelo ao máximo, considerando as piores situações de filas possíveis, enquanto o segundo tratava dos valores intermediários encontrados durante as etapas anteriores.

Por fim foram construídos dois cenários de melhoria: um considerando um incremento no número de guichês nos horários de pico e outro levando em conta uma melhoria no tempo médio de atendimento. Ambos foram simulados no modelo desenvolvido tendo seus respectivos resultados apresentados e comparados.

Ao final foram comparadas as duas soluções propostas. Após uma discussão que levou em conta aspectos quantitativos e qualitativos, foi escolhida aquela que traria maior benefício ao hospital no longo prazo. Uma proposta de plano de implementação também foi desenvolvida, de modo a melhorar o atendimento de maneira contínua e perpétua .

## 7.2 LIMITAÇÕES

Diversas foram as dificuldades encontradas durante a elaboração do trabalho. Primeiramente no que tange a qualidade dos dados disponibilizados: foi necessária uma análise criteriosa destes, de modo a identificar inconsistências e eliminá-las da análise desenvolvida. Um exemplo disso foi durante o cálculo dos indicadores estatísticos para o tempo de atendimento: muitos valores de tempo de atendimento eram ou zero ou muito baixos, o que não foi verificado durante as visitas realizadas em campo. Sendo assim, foi necessário realizar um corte baseado em um número limitado de observações de campo, o que pode impactar o modelo proposto.

Outra limitação encontrada foi na confiabilidade dos softwares utilizados, em especial o EasyFit® e o Arena®, isso porque ambos além de não estarem em suas versões mais atualizadas, estavam sujeitos as limitações computacionais do hardware utilizado o que, por exemplo, limitou o número de replicações realizadas para cada cenário ou ainda o número de dados inseridos para análise das distribuições de probabilidade. Além disso, o software Arena® tinha um número restrito de distribuições de probabilidades, ou seja, nem sempre a curva mais adequada foi possível de ser implementada, em casos foi necessário, por exemplo, utilizar apenas a 4<sup>a</sup> opção levantada pelo software EasyFit®.

## 7.3 CONTINUIDADE DO TRABALHO

Os próximos estudos a serem conduzidos junto ao ICESP serão de refinamento do modelo desenvolvido para análise das filas do hospital, bem como uma ampliação das análises para as demais filas presentes no instituto, de modo a verificar a possibilidade de melhoria nos indicadores em outras áreas do hospital.

Além da análise quantitativa, é necessário também rodar a proposta de implementação baseada no ciclo PDCA, de modo a verificar as principais causas que influenciam nos indicadores atuais de filas e agir sobre as mesmas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERSSANETI, Fernando Tobal; BOUER, Gregório. **Qualidade Conceitos e Aplicações**: Em produtos, projetos e processos. São Paulo: Blucher, 2013.
- BOWEN, J. FORD, R.C. **Managing Service Organizations**: Does Having a "Thing" Make a Difference?. *Journal of Management*, 2002
- BRIGANDI, A.J., DARGON, D.R., SHEEHAN, M.J. AND SPENCER III, T., **AT&T's call processing simulator (CAPS) operational design for inbound call centers, Interfaces**. Volume 24: pp 6-28, 1994
- BROCKMEYER, E.; HALSTRON, H. L; JENSEN, A. **The life and Works of A. K. Erlang**. *Trans. Danish Acad. Techn Sci.* 2, Copenhagen 1948.
- BROWN, L.; GANS, N.; MANDELBAUM, A.; SAKOV, A.; SHEN, H.; ZELTYIN, S.; ZHAO, L. **Statistical analysis of a telephone call center**: a queueing-science perspective. Wharton Financial Institutions Center, Working Paper, 03 – 12, Nov 9, 2002.
- CHELST, K. and BARLACH, Z., **Multiple unit dispatches in emergency services**, *Management Science*, 27: 1390-1409, 1981
- COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira. **Estatística**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.
- DEVORE, Jay L.. **Probabilidade e Estatística**: Para Engenharia e Ciências. 8. ed. San Luis Obispo: Cengage, 2008.
- GARVIN, David A. **Managing quality**: the strategic and competitive edge. New York: The Free Press, 1988.
- GREEN, Linda. Queueing Analysis in Healthcare. In: HALL, Randolph W.. **Patient Flow**: Reducing Delay in Healthcare Delivery. Boston: Springer, 2006. p. 281-307.
- HALL, R., **Patient flow**: The new queueing theory for healthcare, *OR/MS Today*, vol. 23, pp. 36–40, 2006

- JAIN, R. **The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling.** Wiley-Interscience, 1991.
- KELTON, David W.; SADOWSKI, Randall; SADOWSKI, Deborah. **Simulation with Arena.** 2. ed. New York: Mcgraw-hill, 2001.
- KENDALL, David G.. **Stochastic Processes Occurring in the Theory of Queues and their Analysis by the Method of the Imbedded Markov Chain.** *The Annals Of Mathematical Statistics*, [s.l.], v. 24, n. 3, p.338-354, set. 1953. Institute of Mathematical Statistics.
- LARSON, Richard C. **On-Line Simulation of Urban Police Patrol and Dispatching.** Massachusetts: MIT Press, 1972.
- LAW, Averill M.. **Simulation Modeling and Analysis.** 5. ed. Tucson: Mc Graw Hill, 2015.
- LITTLE, John D. C.. **A Proof for the Queuing Formula:  $L = \lambda W$ .** 9. ed. Massachusetts: Mit, 1961.
- MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **Gestão da Qualidade.** Rio de Janeiro. FGV, 2006
- PALADINI, Edson Pacheco. Ferramenta para Gestão da Qualidade. In: CARVALHO, Marly Monteiro de; PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos.** 2. ed. São Paulo: Elsevier, 2012. Cap. 12. p. 351-414.
- PALVANNAN, R. Kannapiran; TEOW, Kiok Liang. **Queueing for Healthcare.** *Journal Of Medical Systems*, [s.l.], v. 36, n. 2, p.541-547, 8 maio 2010. Springer Science and Business Media LLC.
- PINE, B. J., & GILMORE, J. **The experience economy.** Boston: HBS Press, 1999.
- RICARDI, André et al (Org.). **Gerenciamento da qualidade em projetos.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 156 p.
- RIO DE JANEIRO. Instituto Nacional de Cancer José Alencar Gomes da Silva. **Ministério da Saúde (Org.). Estimativa 2018 Incidência de Câncer no Brasil.** Rio de Janeiro: Coordenação de Ensino, 2017
- SCHMIDT J. W. & TAYLOR R. E., **Simulation and Analysis of Industrial Systems**, Homewood, Illinois. SAGE Publications, 1970.

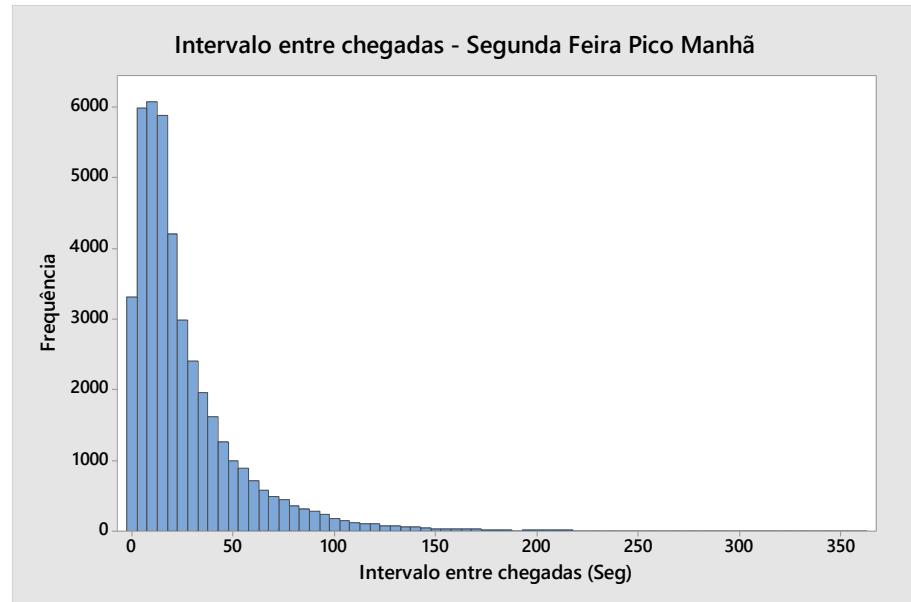
- Secretaria Municipal de Saúde de Londrina (Org.). **Doenças e Agravos Não Transmissíveis** - **DANT.** Disponível em: <[http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13141&Itemid=1509](http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13141&Itemid=1509)>. Acesso em: 14 set. 2019.
- SHIBA, S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **TQM - quatro revoluções na gestão da qualidade**. Porto Alegre, Artes Médicas, 1997.
- SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 1999.
- STERN, H.I. AND HERSH, M. **Scheduling aircraft cleaning crews, Transportation Science**, Volume 14: pp 277-291, 1980
- WISTON, W. L. **Operations Research**, 4nd ed. Indiana, Thomson, 2004
- WOLACK, Russel; KALAFATIS, Starvos; HARRIS, Patricia. “**An investigation into four characteristics of services**”. Journal of Empirical Generalizations in Marketing Science. Vol. 3, 1998. p. 22-43
- WU, X., LI, J., & CHU, C. **Modeling multi-stage healthcare systems with service interactions under blocking for bed allocation**. European Journal of Operational Research, 278(3), 927-941, 2019
- ZEITHAML, V. A.; PARASURAMAN, A.; BERRY, L. L. **Delivering Quality Service**. New York: The Free Press, 1990.



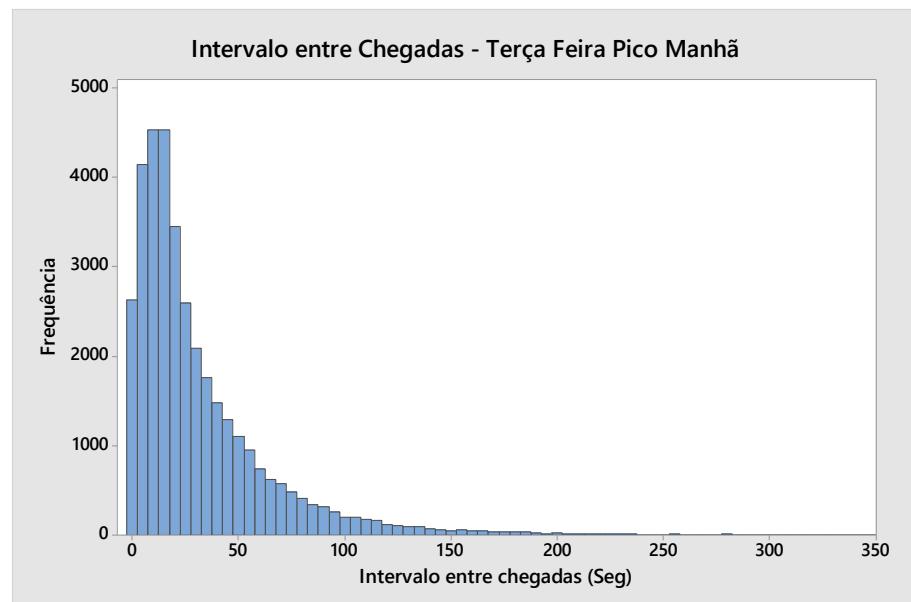
## APÊNDICE

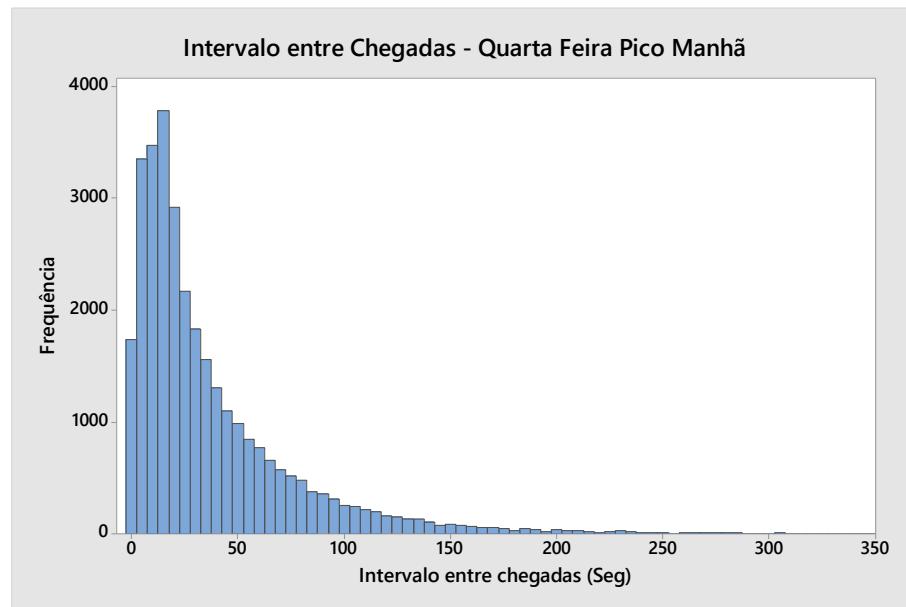
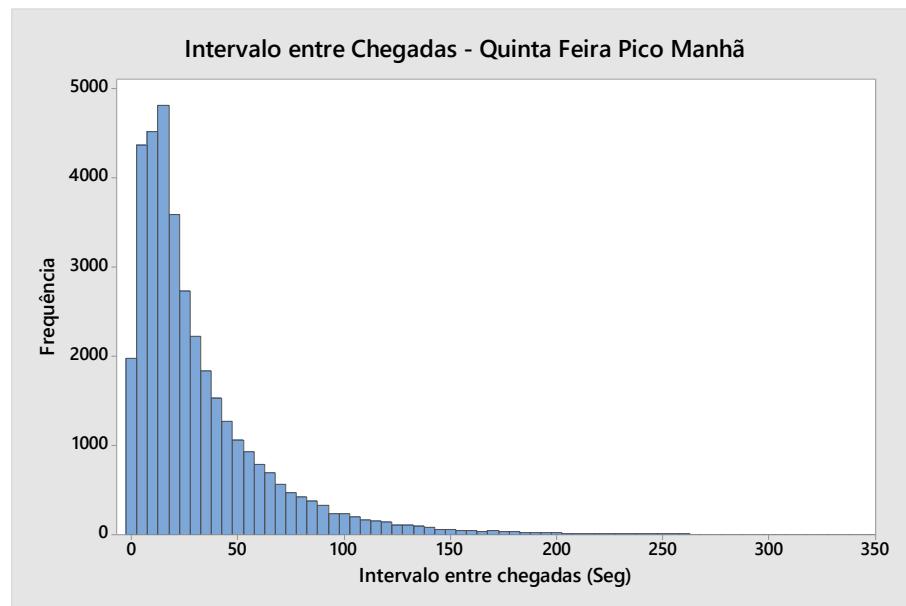
### Histogramas do intervalo entre chegadas – Pico Manhã

#### Histograma de Intervalo entre chegadas – Segunda Feira Pico Manhã

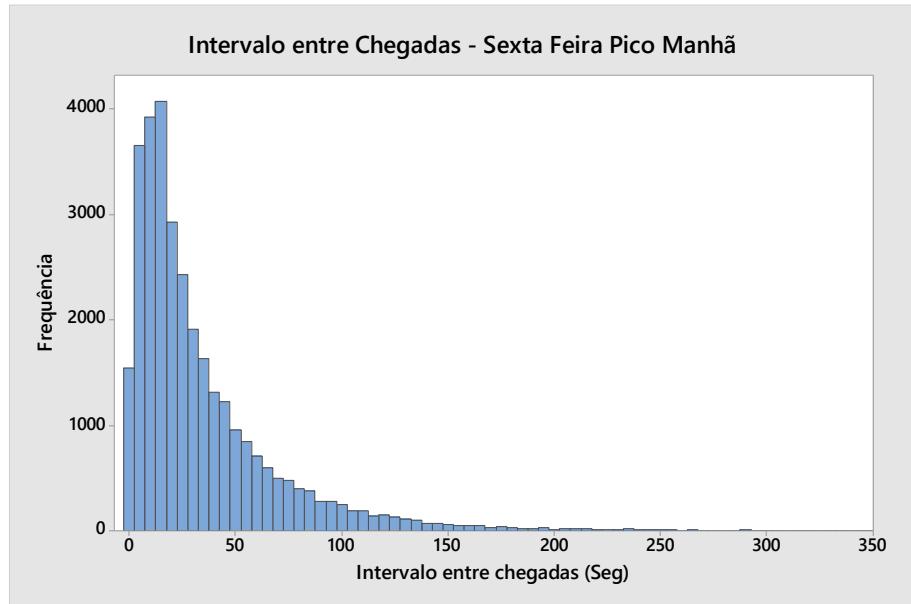


#### Histograma de Intervalo entre chegadas – Terça Feira Pico Manhã



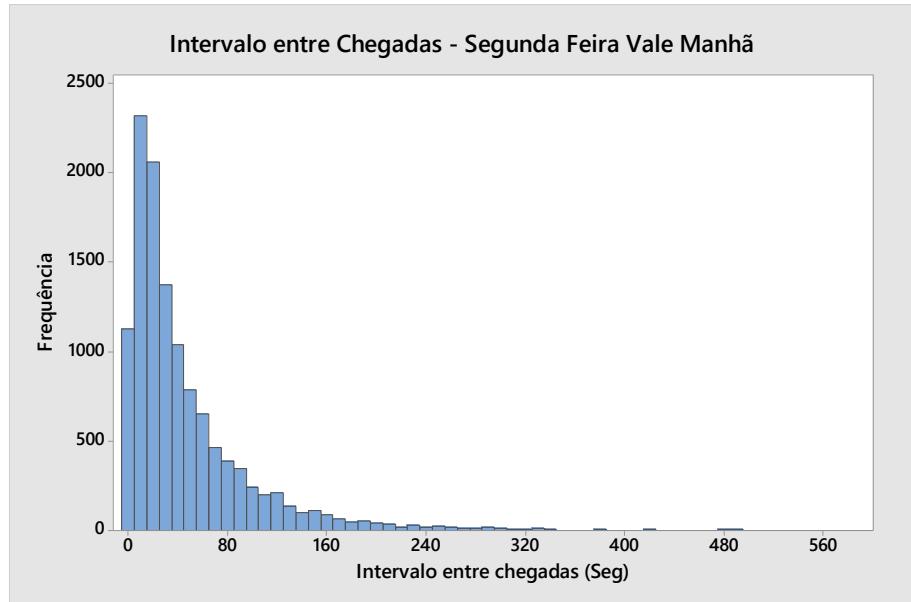
**Histograma de Intervalo entre chegadas – Quarta Feira Pico Manhã****Histograma de Intervalo entre chegadas – Quinta Feira Pico Manhã**

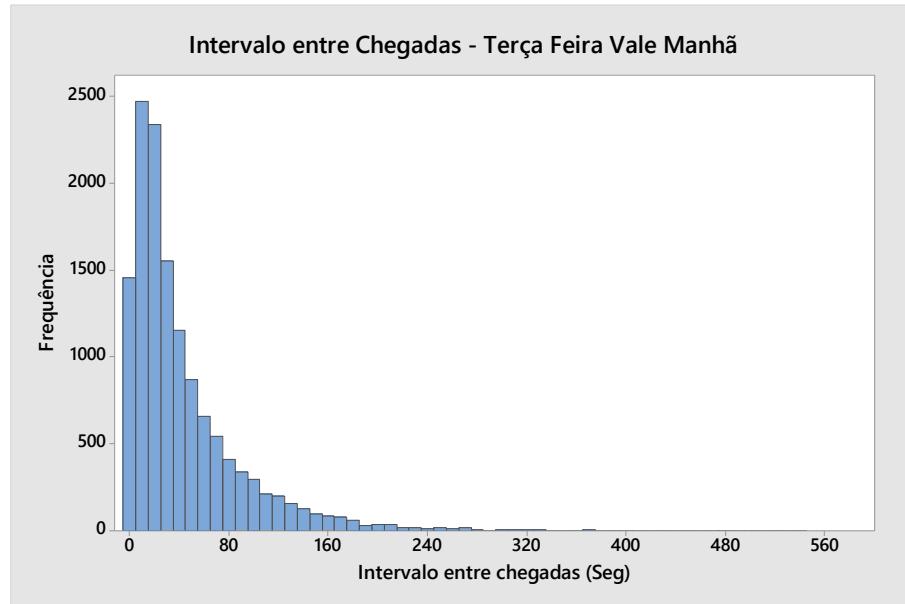
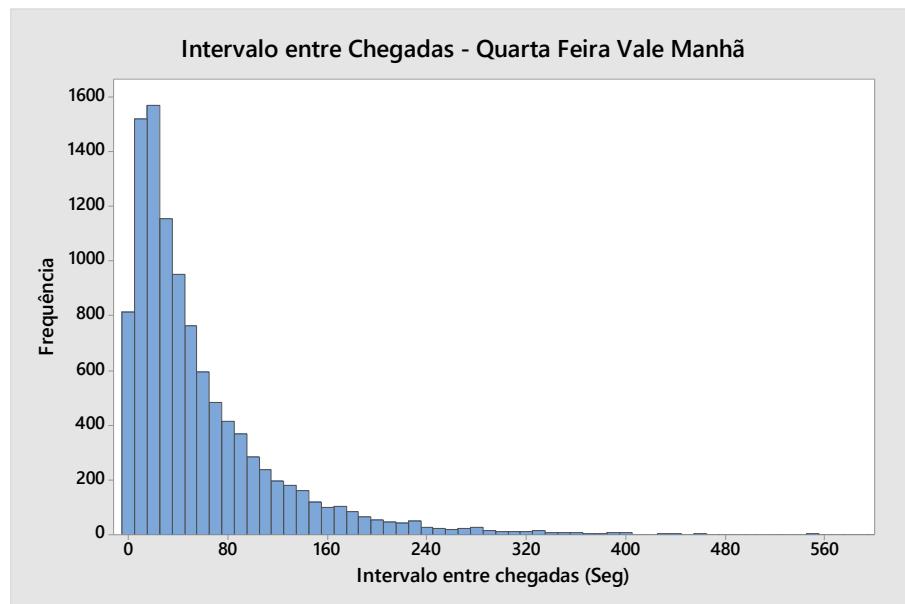
### Histograma de Intervalo entre chegadas – Sexta Feira Pico Manhã



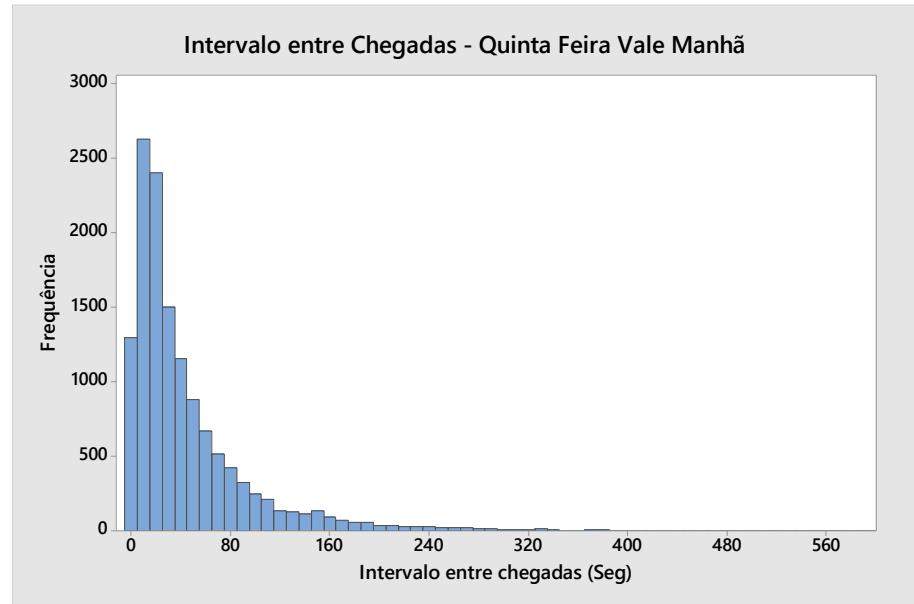
### Histograma do intervalo entre chegadas – Vale Manhã

### Histograma de Intervalo entre chegadas – Segunda Feira Vale Manhã

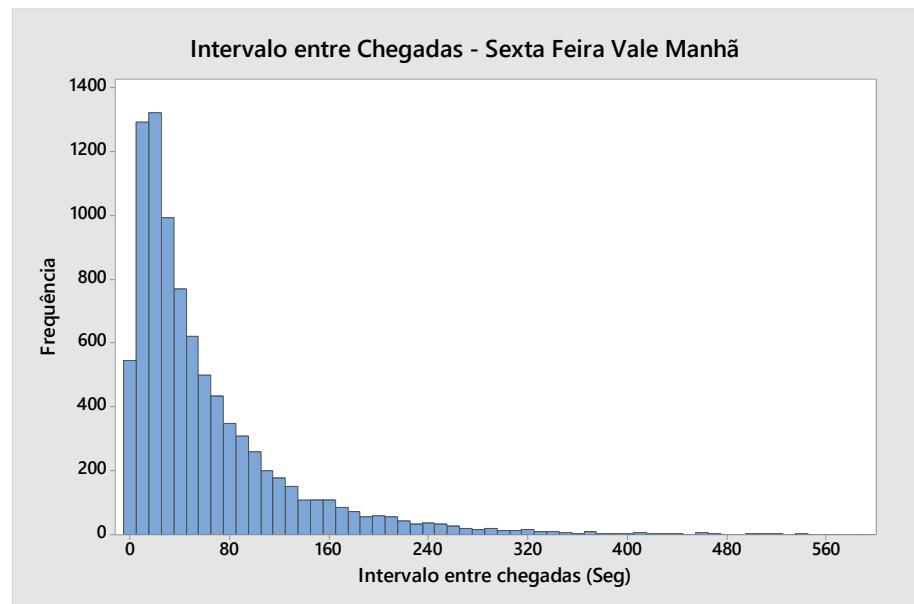


**Histograma de Intervalo entre chegadas – Terça Feira Pico Manhã****Histograma de Intervalo entre chegadas – Quarta Feira Pico Manhã**

### Histograma de Intervalo entre chegadas – Quinta Feira Pico Manhã

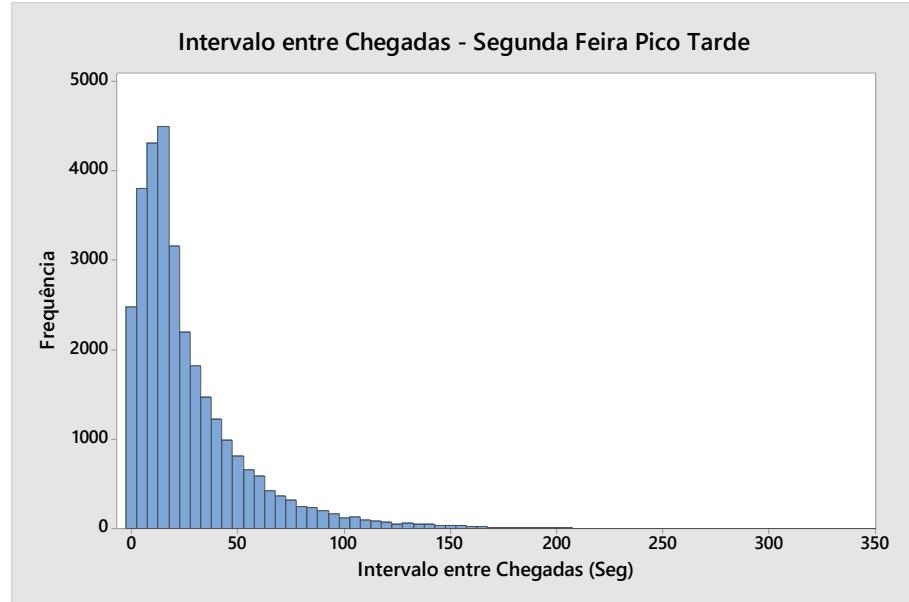


### Histograma de Intervalo entre chegadas – Sexta Feira Pico Manhã

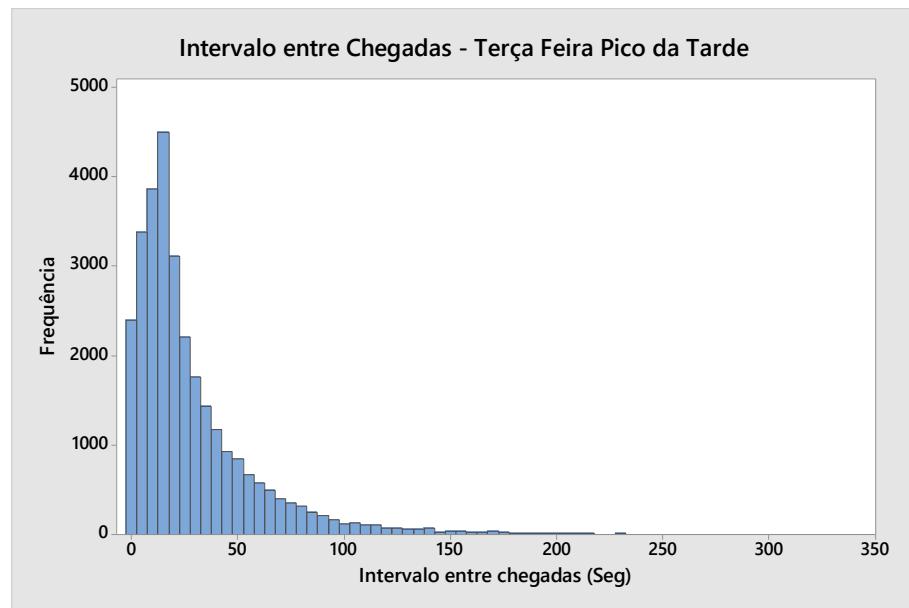


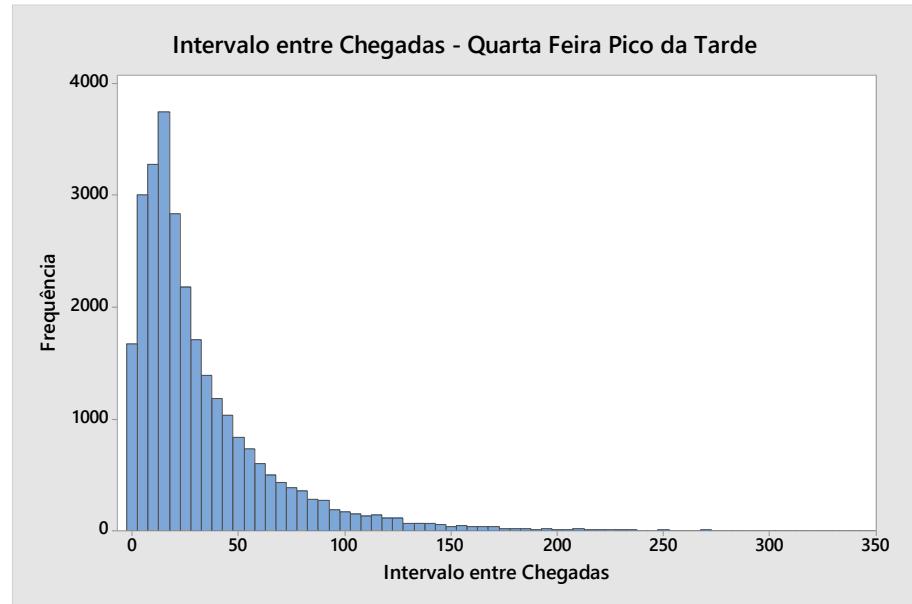
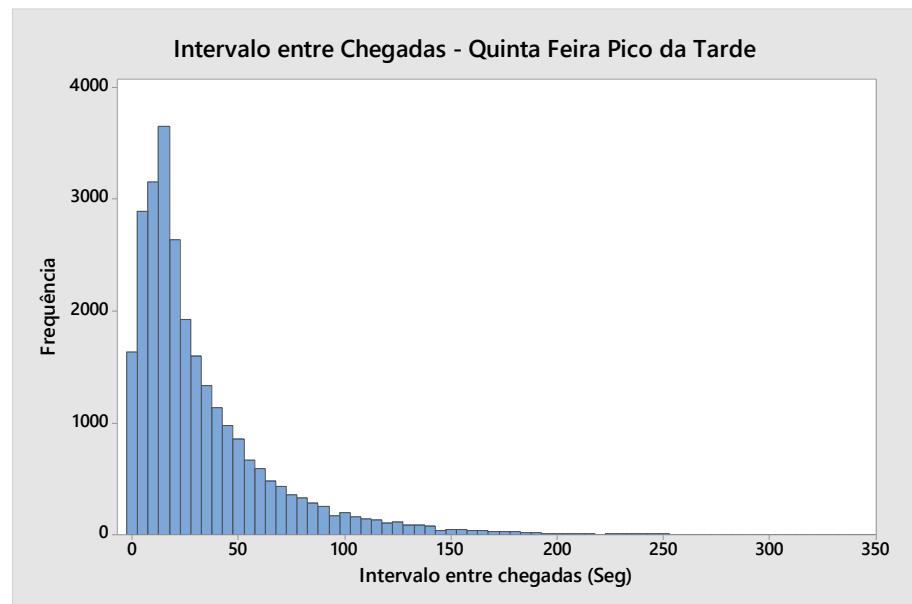
### Histograma do intervalo entre chegadas – Pico Tarde

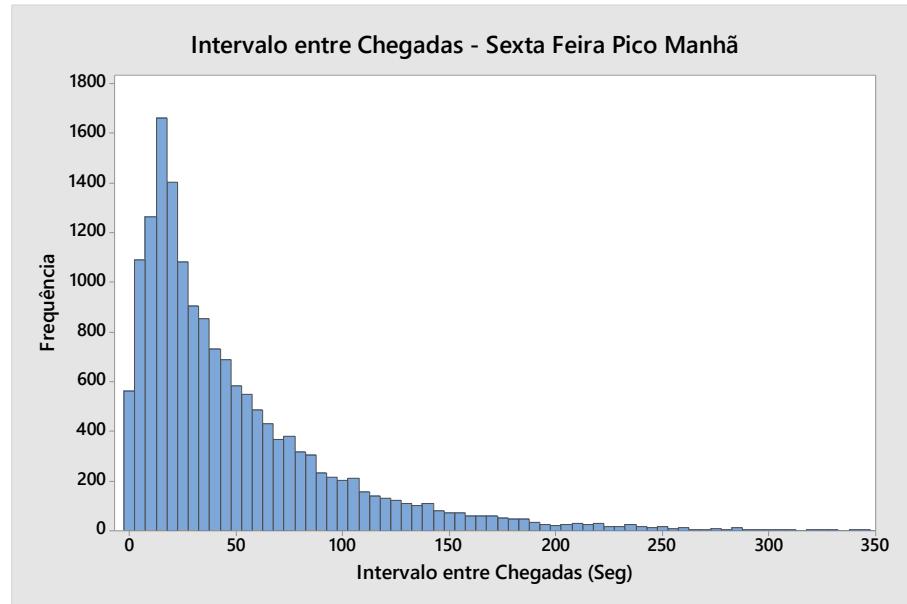
### Histograma de Intervalo entre chegadas – Segunda Feira Pico Tarde

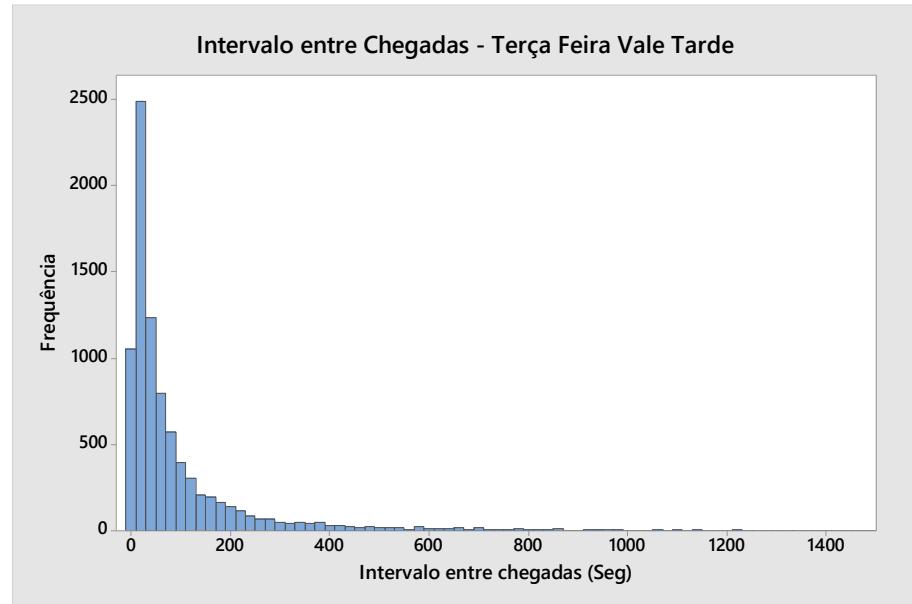
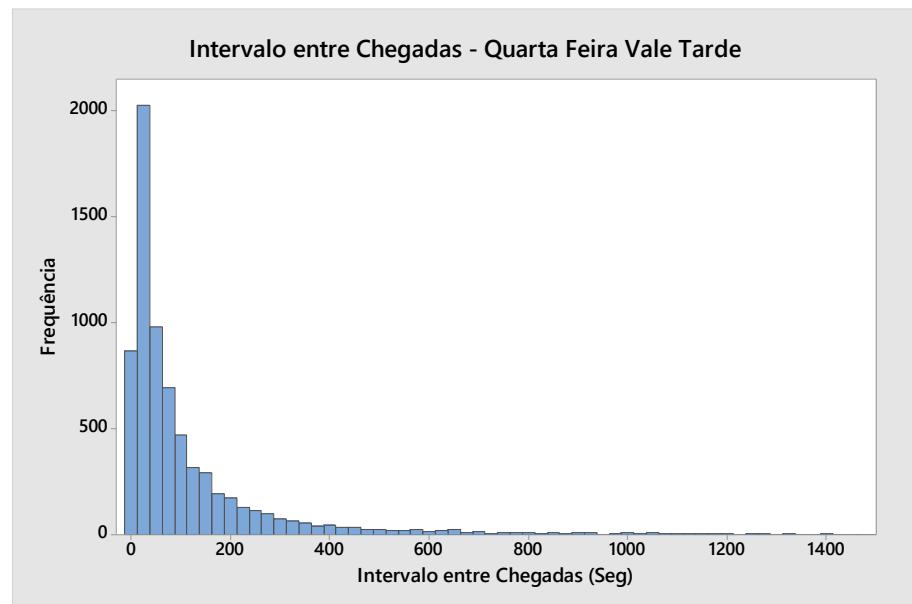


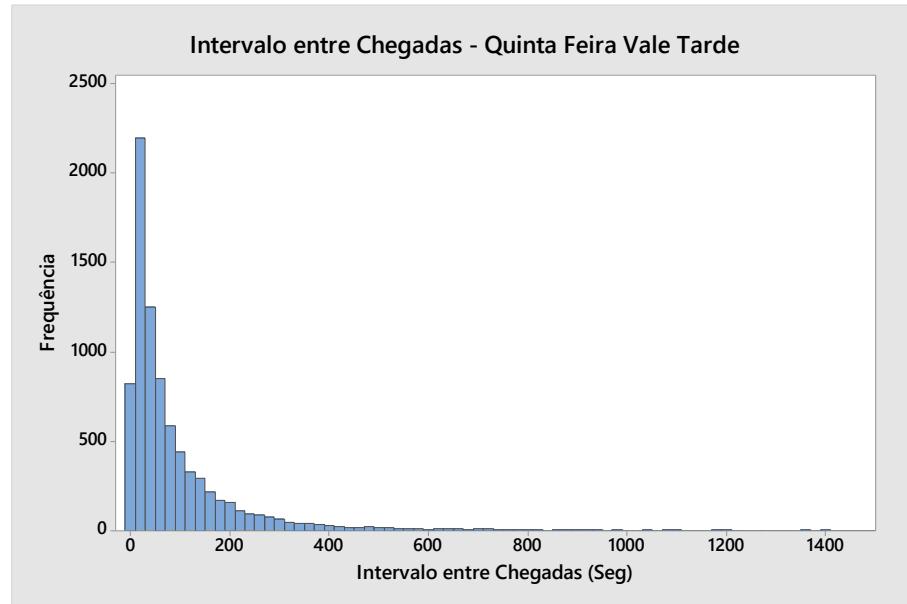
### Histograma de Intervalo entre chegadas – Terça Feira Pico Tarde



**Histograma de Intervalo entre chegadas – Quarta Feira Pico Tarde****Histograma de Intervalo entre chegadas – Quinta Feira Pico Tarde**

**Histograma de Intervalo entre chegadas – Sexta Feira Pico Tarde****Histograma do intervalo entre chegadas – Vale Tarde****Histograma de Intervalo entre chegadas – Segunda Feira Vale Tarde**

**Histograma de Intervalo entre chegadas – Terça Feira Vale Tarde****Histograma de Intervalo entre chegadas – Quarta Feira Vale Tarde**

**Histograma de Intervalo entre chegadas – Quinta Feira Vale Tarde****Histograma de Intervalo entre chegadas – Sexta Feira Vale Tarde**