

SIMULAÇÃO DE UMA FILA DE ATENDIMENTO EM UMA AGÊNCIA DA
PREVIDÊNCIA SOCIAL UTILIZANDO A METODOLOGIA DE
DINÂMICA DE SISTEMAS

Fernanda Thomaz Rabelo

MONOGRAFIA SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DE CURSO DE ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PRODUÇÃO.

Aprovada por:

Prof. Paulo Roberto de Castro Villela, D Sc.

Prof. Marcos Martins Borges, D Sc.

Prof. Eliane da Silva Christo, D Sc.

JUIZ DE FORA, MG – BRASIL
NOVEMBRO DE 2007

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar o meu caminho e pela força para vencer os obstáculos.

Aos meus familiares, amigos e namorado pelo apoio e companheirismo. Em especial minha irmã Renata e amigas Patricia e Wívia por me ajudarem na coleta de dados.

Ao orientador deste trabalho Prof. Paulo Roberto de Castro Villela pelas orientações e por acreditar e confiar no meu trabalho.

Resumo da monografia apresentada à Coordenação de Curso de Engenharia de Produção como parte dos requisitos necessários para a graduação em Engenharia de Produção.

SIMULAÇÃO DE UMA FILA DE ATENDIMENTO EM UMA AGÊNCIA DA PREVIDÊNCIA SOCIAL UTILIZANDO A METODOLOGIA DE DINÂMICA DE SISTEMAS

Fernanda Thomaz Rabelo

Novembro/2007

Orientadores: Paulo Roberto de Castro Villela

Curso: Engenharia de Produção

Este trabalho tem como objetivo a elaboração de modelos, baseados na metodologia de Dinâmica de Sistemas Jay Forrester, (1961), capazes de simular uma fila em uma Agência de Atendimento. Para isso foi feito um estudo no congestionamento dos caixas de atendimento em uma Agência da Previdência Social. Os modelos desenvolvidos neste trabalho poderão ser utilizados para filas que apresentam as mesmas características da fila estudada bastando apenas mudar os dados de entrada. A simulação destes modelos possibilita às pessoas uma compreensão mais ampla do problema ou sistema em estudo e permite testar as consequências de mudanças sem a necessidade de implementá-las no sistema real.

Palavras chaves: Dinâmica de Sistemas, Fila, Simulação.

Juiz de Fora
2007

Abstract of the monograph presented to the Coordination of the Production Engineering Course as part of the necessary requirements for graduating in Production Engineering

SIMULATION OF A LINE OF ATTENDANCE IN An AGENCY Of
THE SOCIAL WELFARE USING THE METHODOLOGY OF
SYSTEMS DYNAMICS

Fernanda Thomaz Rabelo

November/2007

Advisors: Paulo Roberto de Castro Villela

Course: Production Engineering

This work has as objective the elaboration of models, based on the methodology of Systems Dynamics Jay Forrester, (1961), capable to simulate a line in an Agency of Attendance. For this was made a study in the congestion of the boxes of attendance in an Agency of the Social welfare will be made. The models developed in this work could be used for lines that only present the same characteristics of the studied line being enough to change the data of entrance. The simulation of these models makes possible to the people a ampler understanding of the problem or system in study and allows to test the consequences of changes without the necessity to implement them in the real system.

Keywords: Systems Dynamics, Line, Simulation.

Juiz de Fora

2007

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE SIGLAS	XI
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	12
1.1. APRESENTAÇÃO	12
1.2. OBJETIVO.....	12
1.3. JUSTIFICATIVAS	13
1.4. CONDIÇÕES DE CONTORNO.....	13
1.5. METODOLOGIA	13
CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. TEORIA DAS FILAS	15
2.2. APLICAÇÃO.....	15
2.3. ELEMENTOS DE UMA FILA	16
2.4. CARACTERÍSTICAS DE UMA FILA	17
2.4.1 <i>Modelo de Chegada</i>	17
2.4.2 <i>Clientes e Tamanho da População</i>	18
2.4.3 <i>Modelos de Serviço</i>	18
2.4.4 <i>Capacidade do Sistema</i>	18
2.4.5 <i>Tamanho da Fila</i>	18
2.4.6 <i>Disciplina da Fila</i>	19
2.5.7 <i>Estrutura do Sistema</i>	19
2.5. SIMULAÇÕES DE FILAS.....	20
2.6. MÉTODO MONTE CARLO	21
2.7. DINÂMICA DE SISTEMAS	22
2.7.1 <i>Elementos Básicos dos Modelos de Estoque e Fluxo</i>	23
CAPÍTULO III – APRESENTAÇÃO DO CENÁRIO ESTUDADO	25
3.1. SEGURIDADE SOCIAL	25
3.2. PREVIDÊNCIA SOCIAL	25
3.3. AGÊNCIA DA PREVIDÊNCIA SOCIAL	26
3.4. SERVIÇO DE ORIENTAÇÃO E INFORMAÇÃO	26
3.5. COLETA DE DADOS	27
3.5.1 <i>Dados Qualitativos</i>	27
3.5.2 <i>Dados Quantitativos</i>	28
CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS E SIMULAÇÕES.....	30
4.1. POWERSIM	30
4.2. DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS DE SIMULAÇÃO	32
4.2.1 <i>Modelo de simulação para fila com um guichê</i>	32
4.2.1.1. Modelo com dados reais	32
4.2.1.2. Modelo utilizando o Método de Monte Carlo.....	36
4.2.1.2.1. Problemas do modelo.....	39
4.2.1.2.2. Desenvolvimento do novo modelo	40
4.2.2 <i>Modelo de simulação para fila com dois guichês</i>	42
4.2.2.1. Modelo com dados reais	42
4.2.2.2. Modelo utilizando o Método de Monte Carlo.....	45
4.2.3 <i>Modelo de simulação para fila com três guichês</i>	49
4.2.2.3. Modelo com dados reais	49
4.2.2.4. Modelo utilizando o Método Monte Carlo	53
4.2.4 <i>Modelo de simulação para fila com quatro guichês</i>	58
4.2.2.5. Modelo utilizando o Método Monte Carlo	58
4.3. EXPERIMENTAÇÕES NA FILA	62
4.4. ANÁLISES E SUGESTÕES	63

CAPÍTULO V – CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXO I – TABELA COM OS DADOS COLETADOS	68
ANEXO II – EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM REFERENTES AO MODELO COM OS DADOS REAIS PARA A FILA COM UM GUICHÊ.....	72
ANEXO III – EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM REFERENTES AO MODELO UTILIZANDO O MMC PARA A FILA COM UM GUICHÊ.....	73
ANEXO IV – EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM REFERENTES AO NOVO MODELO	74
ANEXO V - EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM REFERENTES AO MODELO COM OS DADOS REAIS PARA A FILA COM DOIS GUICHÊS	75
ANEXO VI – EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM REFERENTES AO MODELO UTILIZANDO O MMC PARA A FILA COM DOIS GUICHÊS	76
ANEXO VII - EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM REFERENTES AO MODELO COM OS DADOS REAIS PARA A FILA COM TRÊS GUICHÊS.....	77
ANEXO VIII – EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM REFERENTES AO MODELO UTILIZANDO O MMC PARA A FILA COM TRÊS GUICHÊS.....	78
ANEXO IX - EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM REFERENTES AO MODELO UTILIZANDO O MMC PARA A FILA COM TRÊS GUICHÊS.....	79

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ILUSTRAÇÃO DA OPERAÇÃO DE UM SISTEMA DE FILAS	17
FIGURA 2: ESTRUTURAS BÁSICAS DE MODELOS DE FILA DE ESPERA.....	20
FIGURA 3: ELEMENTOS BÁSICOS DE UM MODELO GENÉRICO DE ESTOQUE E FLUXO.....	23
FIGURA 4: SEGURIDADE SOCIAL.....	25
FIGURA 5: ESTRUTURA BÁSICA DA FILA NO SERVIÇO DE OI.....	28
FIGURA 6: PONTOS DE COLETA DE DADOS	29
FIGURA 7: ÍCONES BÁSICOS DO POWERSIM.....	31
FIGURA 8: TELA INICIAL DO POWERSIM	31
FIGURA 9: ESTRUTURA DA FILA COM UM GUICHÊ	32
FIGURA 10: MODELO COM OS DADOS REAIS PARA A FILA COM UM GUICHÊ	33
FIGURA 11: GRÁFICO DO COMPORTAMENTO DA FILA GERADO PELA SIMULAÇÃO DO MODELO COM OS DADOS REAIS PARA A FILA COM UM GUICHÊ	35
FIGURA 12: MODELO UTILIZANDO O MMC PARA FILA COM UM GUICHÊ	37
FIGURA 13: GRÁFICO DO COMPORTAMENTO DA FILA GERADO PELA SIMULAÇÃO DO MODELO UTILIZANDO O MMC PARA A FILA COM UM GUICHÊ.....	39
FIGURA 14: NOVO MODELO UTILIZANDO O MMC PARA FILA COM UM GUICHÊ	40
FIGURA 15: GRÁFICO DO COMPORTAMENTO DA FILA GERADO PELA SIMULAÇÃO DO NOVO MODELO	41
FIGURA 16: ESTRUTURA DA FILA COM DOIS GUICHÊS	42
FIGURA 17: MODELO COM DADOS REAIS PARA A FILA COM DOIS GUICHÊS	44
FIGURA 18: GRÁFICO DO COMPORTAMENTO DA FILA GERADO PELA SIMULAÇÃO DO MODELO COM OS DADOS REAIS PARA A FILA COM DOIS GUICHÊS	45
FIGURA 19: MODELO UTILIZANDO O MMC PARA FILA COM DOIS GUICHÊS.....	47
FIGURA 20: GRÁFICO DO COMPORTAMENTO DA FILA GERADO PELA SIMULAÇÃO DO MODELO UTILIZANDO O MMC PARA A FILA COM DOIS GUICHÊS	49
FIGURA 21: MODELO COM DADOS REAIS PARA FILA COM TRÊS GUICHÊS	50
FIGURA 22: GRÁFICO DO COMPORTAMENTO DA FILA GERADO PELA SIMULAÇÃO DO MODELO COM OS DADOS REAIS PARA A FILA COM TRÊS GUICHÊS	52
FIGURA 23: MODELO UTILIZANDO O MMC PARA FILA COM TRÊS GUICHÊS	55
FIGURA 24: GRÁFICO DO COMPORTAMENTO DA FILA GERADO PELA SIMULAÇÃO DO MODELO UTILIZANDO O MMC PARA A FILA COM TRÊS GUICHÊS	57
FIGURA 25: ESTRUTURA DA FILA COM QUATRO GUICHÊS.....	58
FIGURA 26: MODELO UTILIZANDO O MMC PARA FILA COM QUATRO GUICHÊS.....	59
FIGURA 27: GRÁFICO DO COMPORTAMENTO DA FILA GERADO PELA SIMULAÇÃO DO MODELO UTILIZANDO O MMC PARA A FILA COM QUATRO GUICHÊS.....	62

FIGURA 28: GRÁFICO DO COMPORTAMENTO DA FILA FUNCIONANDO COM UM, DOIS, TRÊS E QUATRO GUICHÊS.....	63
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados reais utilizados para a simulação da fila com um guichê.....	33
Tabela 2: Dados gerados pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com um guichê	35
Tabela 3: Freqüência da chegada de clientes no período de vinte minutos.....	36
Tabela 4: Freqüência da entrada de clientes no guichê 1 no período de vinte minutos	36
Tabela 5: Freqüência da saída de clientes do guichê 1 no período de vinte minutos	36
Tabela 6: Dados gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com um guichê	38
Tabela 7: Dados gerados pela simulação do novo modelo	41
Tabela 8: Dados reais utilizados para a simulação da fila com dois guichês	43
Tabela 9: Dados gerados pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com dois guichês.....	44
Tabela 10: Freqüência da entrada de clientes no guichê 2 no período de vinte minutos.....	46
Tabela 11: Freqüência da saída de clientes do guichê 2 no período de vinte minutos	46
Tabela 12: Dados referentes ao G1 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com dois guichês	48
Tabela 13: Dados referentes ao G2 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com dois guichês	48
Tabela 14: Dados referentes ao G1 gerados pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com três guichês	51
Tabela 15: Dados referentes ao G2 gerados pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com três guichês	51
Tabela 16: Dados referentes ao G2 gerados pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com três guichês	52
Tabela 17: Freqüência da chegada de clientes	53
Tabela 18: Freqüência da entrada de clientes no guichê 1	53
Tabela 19: Freqüência da saída de clientes do guichê 1	54
Tabela 20: Freqüência da entrada de clientes no guichê 2	54

Tabela 21: Frequência da saída de clientes do guichê 2	54
Tabela 22: Frequência da entrada de clientes no guichê 3	54
Tabela 23: Frequência da saída de clientes do guichê 3	54
Tabela 24: Dados referentes ao G1 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com três guichês	56
Tabela 25: Dados referentes ao G2 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com três guichês	56
Tabela 26: Dados referentes ao G2 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com três guichês	57
Tabela 27: Frequência da entrada de clientes no guichê 4	59
Tabela 28: Frequência da saída de clientes do guichê 4	59
Tabela 29: Dados referentes ao G1 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com quatro guichês	60
Tabela 30: Dados referentes ao G2 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com quatro guichês	60
Tabela 31: Dados referentes ao G3 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com quatro guichês	61
Tabela 32: Dados referentes ao G4 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com quatro guichês	61

LISTA DE SIGLAS

APS: Agência da Previdência Social

DS: Dinâmica de Sistemas

FIFO: *First In First Out*

G1: Guichê 1

G2: Guichê 2

G3: Guichê 3

G4: Guichê 4

INSS: Instituto Nacional do Seguro Social

LIFO: *Last In First Out*

MMC: Método de Monte Carlo

OI: Orientação e Informação

Capítulo I – INTRODUÇÃO

Neste capítulo consta uma apresentação inicial do estudo, os objetivos e as justificativas para a escolha do tema. Ainda neste capítulo apresentam-se o escopo do trabalho e a metodologia adotada para realização do mesmo.

1.1. Apresentação

Qualquer pessoa sabe exatamente o que são filas, elas estão presentes em toda parte. Entra-se em uma fila para pagar o pedágio em uma estrada, para comprar ingresso em um cinema, para lavar ou abastecer um carro em um posto de gasolina, para pagar as contas em um supermercado e tantas outras situações. As filas acontecem porque a procura pelo serviço é maior do que a capacidade do sistema de atender está procura. O tempo excessivo de espera é um problema que pode acarretar consequências negativas para a imagem da organização. Assim, para que o sistema funcione de forma eficiente é necessário definir a quantidade adequada de atendentes (equipamentos, veículos, pessoas, etc) que devem ser colocados em cada estação de trabalho (PRADO, 2004).

Uma maneira de resolver problemas de congestionamento e dimensionamento de instalações é utilizar a técnica da simulação. De acordo com Prado, (2004), a simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital.

Uma das grandes vantagens da utilização da simulação é permitir a aprendizagem sobre os sistemas reais. Através da utilização e experimentação dos modelos de simulação podem-se testar novas formas de melhorar os problemas que ocorrem nos sistemas reais.

Neste trabalho foram elaborados modelos de simulação para o problema de congestionamento dos caixas de atendimento do serviço de Orientação e Informação de uma Agência da Previdência Social. Estes modelos foram elaborados utilizando a metodologia de Dinâmica de Sistemas.

1.2. Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é a elaboração de modelos baseados na metodologia de Dinâmica de Sistemas Jay Forrester, (1961), capazes de simular uma fila em uma Agência de Atendimento. Para isso será feito um estudo no congestionamento dos caixas de atendimento em uma Agência da Previdência Social.

1.3. Justificativas

A definição do assunto pode surgir com base na sua observação do dia-a-dia, na vida profissional, em programas de pesquisa, em contato e relacionamento com especialistas, no feedback de pesquisas já realizadas e em estudo da literatura especializada (BARROS, 1999).

O motivo para a escolha do tema é a utilização do conhecimento da autora em Dinâmica de Sistemas e da modelagem computacional quantitativa para a elaboração de um modelo capaz de simular a situação real do problema de congestionamento em sistemas de atendimento.

Além disso, o interesse pessoal sobre a Teoria das Filas e Simulação e a possibilidade de aplicá-la em situações do cotidiano como nas agências de atendimento, no posto de lavagem de carros, nos caixas de supermercado, na seqüência de tarefas em uma máquina, nos caixas em agências bancárias, em centrais de atendimento telefônico, etc.

1.4. Condições de Contorno

Os modelos desenvolvidos neste trabalho são referentes à fila do serviço de Orientação e Informação de uma Agência da Previdência Social. No entanto, estes modelos podem ser utilizados para filas que apresentam as mesmas características da fila estudada bastando apenas mudar os inputs (dados de entrada).

1.5. Metodologia

O trabalho seguiu uma metodologia que pode ser dividida em sete etapas:

1. Escolha do tema: A idéia para a elaboração deste trabalho surgiu devido a experiência da autora na elaboração de modelos utilizando a metodologia de Dinâmica de Sistemas e o interesse pessoal sobre teoria das filas e simulação.
2. Revisão Bibliográfica: Foi feito um estudo bibliográfico a fim de se verificar as contribuições científicas sobre os conceitos a serem empregados neste trabalho. A pesquisa bibliográfica é aquela elaborada a partir de material já publicado, constituída principalmente de livros, artigos, periódicos e mais modernamente de material disponibilizado na Internet (SILVA & MENEZES, 2005).

3. Escolha da empresa: Como o trabalho consiste na elaboração de modelos capazes de simular uma fila, foi necessário escolher um local para o estudo da fila. O local escolhido foi uma Agência da Previdência Social, mais especificamente no serviço de Orientação e Informação, esta contribuiu para a realização do presente trabalho com o fornecimento das informações que foram requisitadas.
4. Coleta de dados: Para a elaboração dos modelos foi necessária uma coleta de dados. A coleta de dados foi feita através de métodos qualitativos e quantitativos. O método quantitativo quantifica a coleta de informações e o tratamento destas, através de técnicas estatísticas. Já o método qualitativo tem o ambiente natural como fonte de dados, não emprega técnicas estatísticas como base de análise.
5. Apresentação do cenário estudado: Para um melhor entendimento do assunto foi utilizado como metodologia a elaboração de um capítulo que apresenta o cenário da fila estudada.
6. Desenvolvimento e simulação dos modelos: Foi desenvolvido um modelo com os dados reais coletados da fila capaz de simular o comportamento da fila e um outro modelo utilizando o Método de Monte Carlo. Para efeitos práticos o desenvolvimento destes modelos foi feito em etapas, primeiro adotou que a fila funcionava com apenas um guichê em seguida com dois guichês e finalmente com três guichês. Além disso, foi desenvolvido um modelo como proposta de melhoria da fila.
7. Conclusão: Nessa fase foram feitas as considerações finais relacionadas ao estudo realizado.

Capítulo II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo refere-se à revisão bibliográfica referente aos principais conceitos abordados no estudo.

2.1. Teoria das Filas

A teoria das filas surgiu no princípio do século passado (1908) em Copenhague, com A. K. Erlang, considerado o pai da Teoria das Filas, estudando o problema de redirecionamento de centrais telefônicas, mas somente após a segunda Guerra Mundial ela foi utilizada em outros problemas. Mesmo tendo evoluído ao longo do tempo, alguns problemas não são adequadamente resolvidos devido à complexidade matemática (PRADO, 2004)

2.2. Aplicação

A teoria das filas é aplicada em problemas operacionais que envolvem fluxos de serviço. Em sua forma básica há dois tipos de entidades, uma necessitando de serviço e a outra fornecendo o serviço almejado. O primeiro passo é certificar que a quantidade média de serviço ofertada seja capaz de atender a demanda média solicitada para que gargalos permanentes não ocorram. Se a média da oferta de serviço não for pelo menos igual à demanda média, um acúmulo de serviço (gargalo) irá ocorrer até que a demanda por serviço seja reduzida ou a oferta aumentada (VIANA, 2003).

Ainda de acordo com Viana, (2003) mesmo quando a capacidade média de fornecimento de serviço é satisfatória para atender a demanda média, transientes e, em certos casos gargalos permanentes podem ocorrer porque tanto a oferta de serviço quanto à demanda variam.

Os problemas de filas normalmente estão relacionados com o congestionamento de clientes e com a ociosidade dos servidores. O congestionamento em filas de espera pode ser criado porque a muitos clientes chegando para serem servidos em instalações de serviços inadequadas (a taxa de chegada excede a taxa de serviço). Um tempo longo de espera causa a desistência de clientes e então, para alguns sistemas, perda de rendimentos. Instalações de serviço podem estar ociosas (esperando por clientes) porque pode haver um excessivo número de unidades de serviços e/ou as instalações existentes podem ter uma taxa total de serviço que excede a taxa de chegada (MACHLINE, 1975 apud GAVIRA, 2003).

Sistemas de filas ou de linhas de espera são muito comuns. Como por exemplo, tem-se as filas de clientes em um banco, bens incompletos esperando processamento e passageiros esperando num ponto de ônibus. Qualquer sistema que é caracterizado por elementos sujeitos a espera por um serviço podem ser conceituados como sistemas de filas (WATSON, 1981 apud GAVIRA, 2003).

2.3. Elementos de uma Fila

A teoria das filas é uma técnica de solução de problemas relativos a filas de espera por meio analítico. O modelo conceitual desta teoria consiste em clientes que surgem, ao longo do tempo, em busca de serviço, provenientes de uma população. Estes clientes se unem em um sistema de filas e permanecem na mesma até que, em determinado momento, seja selecionado, segundo um critério conhecido como disciplina da fila, para receber o serviço pretendido. O serviço é então prestado pela entidade chamada de canal de atendimento e, findo este, o cliente é liberado, deixando assim o sistema de filas (VIANA, 2003).

De acordo com Viana, (2003) a figura 1 ilustra o processo de operação de uma fila. Nela percebe-se os elementos básicos que compõem uma fila, que são:

- Clientes – Unidades de chegada que requer atendimento. Podem ser pessoas, máquinas, peças, poços, etc.
- Canal de atendimento – Processo ou entidade que realiza o atendimento do cliente. Pode ser canal múltiplo ou único.
- Fila – Número de clientes esperando atendimento. Ocorre sempre que a capacidade de atendimento do sistema for menor que a demanda de serviço pelos clientes.

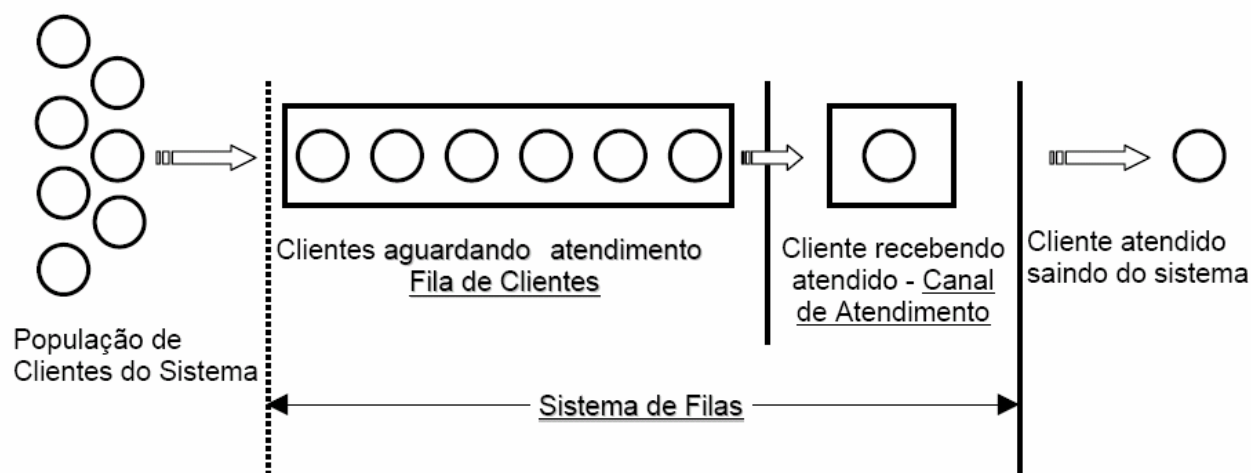


Figura 1: Ilustração da Operação de um Sistema de Filas

Fonte: (VIANA, 2003)

2.4. Características de uma Fila

Apresentam-se a seguir alguns termos básicos relacionados à Teoria das Filas:

2.4.1 Modelo de Chegada

O Modelo de Chegada dos usuários é habitualmente especificado pelo tempo entre chegadas sucessivas de usuários ao estabelecimento de prestação de serviços. Ele pode ser determinístico (exatamente conhecido) ou pode ser uma variável aleatória, cuja distribuição de probabilidades é presumivelmente conhecida. Ele depende do número de usuários já presentes no sistema ou pode ser estabelecido independentemente (BRONSON, 1985 apud SILVA & MAGALHÃES, 2005).

Também é de interesse se os usuários chegam um-a-um ou em conjuntos, e se o impedimento ou a renegação são permitidos. O impedimento ocorre quando um usuário chega e se nega a entrar no estabelecimento de prestação de serviços porque a fila está muito comprida. A renegação ocorre quando um usuário que já está na fila, deixa-a, e também ao estabelecimento, porque a espera está muito demorada. Normamalmente, faz-se uma presunção padrão estabelecendo que todos os usuários chegam a sós e que nem o impedimento nem a renegação ocorrem (BRONSON, 1985 apud SILVA & MAGALHÃES, 2005).

2.4.2. Clientes e Tamanho da População

A população que fornece os clientes pode ser considerada finita ou infinita, conforme seu tamanho. Como os cálculos para a população infinita são mais simples, esta presunção é normalmente adotada quando o tamanho da população é um número fixo relativamente grande e é geralmente assumida em qualquer modelo quando não se estabelece nada em contrário. O caso da população finita é mais complicado analiticamente, pois o número de clientes na fila afeta a quantidade de clientes fora do sistema em qualquer tempo. Deve-se fazer esta presunção quando a taxa de chegada de novos clientes é afetada de forma significativa pela quantidade de clientes no sistema de filas (VIANA, 2003).

2.4.3. Modelos de Serviço

Os Modelos de Serviço são normalmente especificados pelo tempo de serviço, que corresponde ao tempo requerido por um atendente para atender um usuário. O tempo de serviço pode ser determinístico ou pode ser uma variável aleatória, cuja distribuição de probabilidade é presumivelmente conhecida. Deve-se saber, também, se o usuário é atendido completamente por um atendente ou se requer uma seqüência de atendentes. A presunção padrão será feita, estabelecendo que um atendente pode atender completamente um usuário, a menos que seja estabelecido o contrário (BRONSON, 1985 apud SILVA & MAGALHÃES, 2005).

2.4.4. Capacidade do Sistema

A Capacidade do Sistema é o número máximo de usuários, tanto aqueles sendo atendidos quanto aqueles na(s) fila(s), permitidos no estabelecimento de prestação de serviços ao mesmo tempo. Sempre que um usuário chega a um estabelecimento, que já está lotado, ele é impedido de entrar, sendo obrigado a deixar o estabelecimento sem ter sido atendido. Um sistema que não tenha limite no número permitido de usuários dentro do estabelecimento tem uma capacidade infinita. Um sistema com um limite tem capacidade limitada (BRONSON, 1985 apud SILVA & MAGALHÃES, 2005).

2.4.5. Tamanho da Fila

Uma fila se caracteriza pelo número máximo permissível de clientes que poderá absorver. E, baseado nesta quantidade, pode-se ter filas infinitas ou finitas. Supõem-se filas infinitas na maior parte dos casos, até mesmo em situações em que existe uma cota

superior relativamente grande para o tamanho da fila, uma vez que trabalhar com um número assim pode ser complicado para análise. Nos sistemas de filas em que essa cota superior é tão pequena que é atingida com certa frequência é necessário se admitir fila finita (VIANA, 2003).

2.4.6. Disciplina da Fila

Trata-se da regra que define qual o próximo a ser atendido, normalmente o primeiro da fila é atendido ou, de uma maneira mais ampla, o “primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido” (em inglês, diz-se FIFO: *First In First Out*). Outras disciplinas podem existir, tais como “último a chegar primeiro a ser atendido” (em inglês diz-se LIFO: *Last In First Out*), serviço por ordem de prioridade, serviço randômico, etc (PRADO, 2004).

2.5.7. Estrutura do Sistema

A estrutura do sistema é um outro fator que tem muita influência no funcionamento de um sistema de filas. Diz respeito ao seu arranjo, definindo se a fila é única ou múltipla, se há um ou mais canais de atendimento e se o atendimento ocorre em apenas uma etapa ou em série (o cliente, ao ser atendido por um canal de atendimento, passa para outro para ter concluído o serviço pretendido). O sistema de filas pode ter várias estruturas e cada uma delas vai exigir um tratamento analítico diferente (VIANA, 2003).

Watson (1981) apud Gavira (2003) evidência que as características das filas de espera formam a base para sua classificação. A divisão dos modelos de filas podem se basear no número de canais e fases. O número de canais apresenta o número de linhas que existem em um sistema; segundo este critério, os sistemas de fila podem ser classificados em simples ou multicanais. O número de fases se refere ao número de instalações de serviço através das quais um elemento pode passar antes de se completar o serviço; segundo este critério, os sistemas de fila podem ser classificados em simples ou multifásicos. A Figura 2 mostra as estruturas básicas de situações de fila de espera.

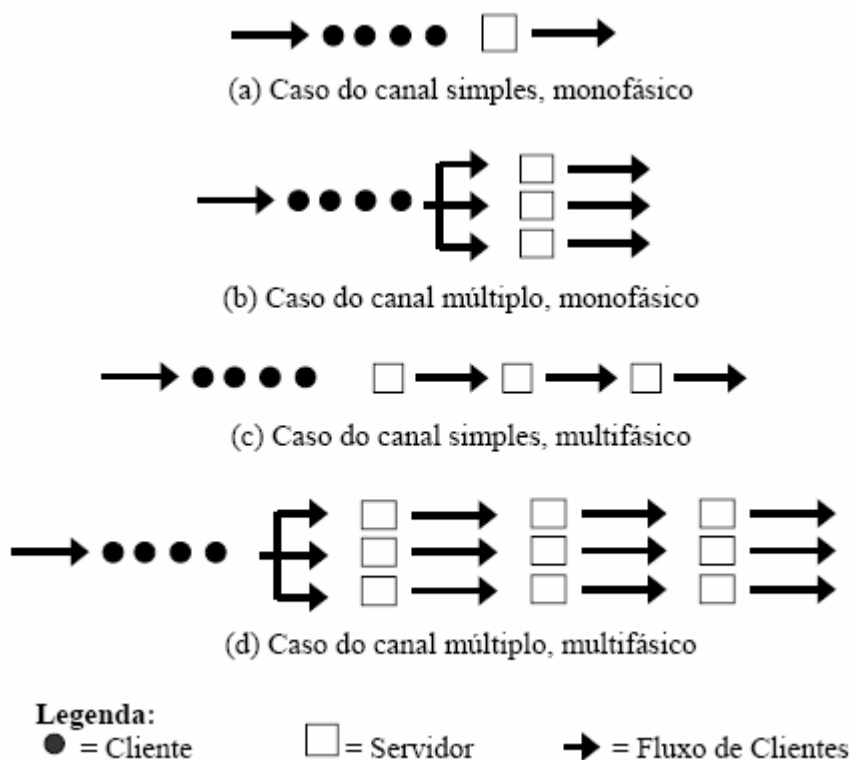


Figura 2: Estruturas básicas de modelos de fila de espera

Fonte: (BUFFA, 1972)

Na configuração “a” a fila é única e o canal de atendimento também é único. Os clientes chegam formam uma única fila e aguardam atendimento segundo a ordem de chegada, ou seja, o primeiro que chega é o primeiro a ser atendido (sistema FIFO).

A configuração “b” mostra a fila única e vários canais de atendimento estão funcionando em paralelo, é o caso de canais múltiplos monofásicos. Os clientes são atendidos obedecendo ao sistema FIFO, no entanto, neste caso, o cliente da vez será atendido pelo próximo canal de atendimento que ficar vago.

Já a configuração “c” a fila é única e os canais de atendimento estão funcionando em série (o cliente, ao ser servido por um canal de atendimento, passa para outro para ter concluído o serviço pretendido).

Finalmente na configuração “d” tem-se o caso dos canais múltiplos multifásicos.

2.5. Simulações de Filas

Com o surgimento do computador na década de 50, a modelagem de filas pode ser analisada pelo ângulo da simulação, em que não mais se usam fórmulas matemáticas, mas apenas tenta-se imitar o funcionamento do sistema real. A técnica de simulação visual, cujo

o uso se deu a partir da década de 80, por causa de sua maior capacidade de comunicação, teve uma aceitação extraordinária. Além disso, por apresentar um menor nível de complexidade, seu uso cresceu imensamente (PRADO, 2004).

Os modernos programas de computador permitem construir modelos, nos quais é possível visualizar na tela o funcionamento do sistema em estudo, tal como em um filme. Pode-se visualizar o funcionamento de um banco, uma fábrica, um pedágio, um porto, um escritório, etc. tal como se estivesse em uma posição privilegiada em cada um destes cenários. Antes de serem efetuadas mudanças em uma fábrica real, pode-se interagir com uma fábrica virtual. A conexão da tradicional teoria da simulação com as técnicas modernas de computação e jogos tem possibilitado esses avanços (PRADO, 2004).

Mirshawka, (1977) salienta que pode-se simular qualquer sistema de fila que possa ser descrito e para o qual se possam obter dados de chegada e de tempo de serviço. A disponibilidade de computadores reduziu consideravelmente o tempo requerido para a simulação de problemas de fila complexos. De fato, o auxílio dos computadores reduz o tempo de operação, assim como o tempo com a programação também pode ser reduzido pelo uso de linguagens e pacotes de simulação.

2.6. Método Monte Carlo

Uma maneira de se fazer simulações é utilizando o Método Monte Carlo (MMC). O termo Monte Carlo deve-se ao fato de que o processo de simulação envolve o uso de números aleatórios e foi introduzido por Von Neumann e Ulam durante a Segunda Guerra Mundial como uma palavra código para o trabalho secreto realizado em Los Alamos. Este nome foi sugerido como uma referência aos jogos de azar dos cassinos da cidade de Monte Carlo em Mônaco, em que se tem eventos aleatórios (sorteios). Na época, o método foi utilizado nas pesquisas para construção da bomba atômica pelos EUA. Este envolveu uma simulação direta dos problemas de probabilidade relacionados com o coeficiente de difusão do nêutron em certos materiais (VIANNA, 2003).

O MMC é uma maneira de transformar um conjunto de números aleatórios em outro conjunto de números (variáveis aleatórias), com a mesma distribuição da variável considerada (PRADO, 2004).

A simulação de Monte Carlo também pode ser chamada de Simulação Estocástica ou ainda de Simulação de Eventos Discretos. Esta última denominação é devido ao fato de que as variáveis dos modelos mudam de estado instantaneamente em momentos separados de tempo (VIANNA, 2003).

2.7. Dinâmica de Sistemas

A técnica de “Dinâmica de Sistemas” (DS) foi criada durante os anos 50 pelo professor Jay W. Forrester do “Massachusetts Institute of Technology”, inicialmente desenvolvida para ajudar gerentes a melhorarem seus entendimentos a respeito de processos industriais. Com o tempo, tornou-se uma valiosa ferramenta de apoio às decisões, principalmente pelo acesso facilitado devido ao desenvolvimento das técnicas computacionais, permitindo a simulação, análise e discussão de problemas complexos (CARDOZO, 2000).

O que a “Dinâmica de Sistemas” tenta fazer é entender a estrutura básica de um sistema, e assim perceber o comportamento que ele pode produzir. Muitos destes sistemas e problemas que são analisados, podem ser construídos como modelos a serem implementados em computador. A “Dinâmica de Sistemas” tira proveito do fato que um modelo computacional pode ser de grande complexidade e pode levar a cabo cálculos simultâneos que o modelo da mente humana seria incapaz de englobar (FILHO, 2001).

Os modelos em “Dinâmica de Sistemas” são construídos para ajudar a compreender melhor os mecanismos envolvidos no processo. Através da simulação não é possível obter, de imediato, resultados que levem à otimização de um processo. Por outro lado, é possível simular por meio do modelo, uma série de experimentos em diferentes condições e, posteriormente, escolher a condição cujos resultados sejam mais aceitáveis (EHRlich, 1985).

Com o rápido avanço das tecnologias de *software* é possível, sem muita dificuldade, construir modelos em DS e testar uma variedade de especificações alternativas. Para representar a estrutura completa do sistema, utilizam-se alguns tipos de ícones e definem-se as conexões entre eles. Conectando-se os ícones, são geradas as equações diferenciais. Além disso, o programa computacional executa todas as integrações, e as principais operações matemáticas, que precisam ser construídas pelo modelador, são adição, subtração, multiplicação e divisão. Cabe destacar que existe a possibilidade de utilização de funções mais avançadas, como as operações de *delays* (variáveis em atraso), matrizes, testes condicionais, de acordo com a complexidade dos modelos que se quer construir. Para cada ícone no modelo, deve haver uma equação, definindo-o e relacionando-o com pelo menos um outro ícone do modelo (COVER, 1996 apud SCRAMIM E BATALHA, 2004).

Para a modelagem computacional em DS utilizam-se Modelos de Estoque e Fluxos.

2.7.1 Elementos Básicos dos Modelos de Estoque e Fluxo

A figura 3 apresenta os símbolos utilizados para representar os elementos básicos de um modelo genérico em DS.

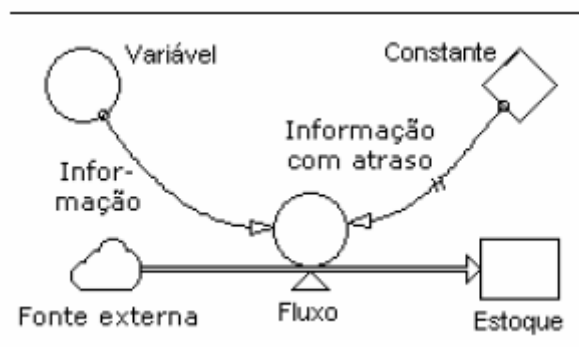


Figura 3: Elementos básicos de um modelo genérico de estoque e fluxo

Fonte: (VILLELA, 2005)

De acordo com VILLELA (2005) os elementos básicos usados nos modelos de estoque e fluxo mostrados na figura 3 são:

- **VARIÁVEIS** (círculos) - representam **parâmetros** que são usados no sistema. Eventualmente uma variável pode assumir um valor que não varia, ou seja é uma **CONSTANTE** (losangos).
- **FLUXOS** (setas de traço duplo com círculo e triângulo) - representam o transporte de **recursos** (água, dinheiro, prestígio pessoal, produto químico, etc) no sistema. Os fluxos são **vazões controladas** por equações e por isto são representados por um ícone parecido com "uma torneira sobre um cano". Os fluxos são medidos em unidade de uma grandeza qualquer (metros, por exemplo) por unidade de tempo (segundo, por exemplo).
- **ESTOQUES** (retângulos) - Representam **acumulações/desacumulações** de algum **recurso** (água, dinheiro, prestígio pessoal, produto químico, etc). **Estoques são variáveis especiais cujo valor (estado) depende do que aconteceu no passado.**

- **INFORMAÇÃO** (setas de traço simples) - ligam os elementos do sistema e explicitam relações entre os mesmos. É importante observar que as informações, diferentemente dos fluxos, não retiram ou colocam recursos nos estoques. As informações também podem ter um "traço duplo", significando que as mesmas só estarão disponíveis num instante de tempo futuro e não imediatamente.
- **FONTE EXTERNA** (nuvens) - representa alguma fonte de recurso que está fora do escopo de interesse do modelo em estudo. Isto é, no exemplo acima, o fluxo retira recursos da fonte externa e joga no estoque. Os detalhes da fonte externa não são considerados no estudo do sistema representado pelo modelo.

Capítulo III – APRESENTAÇÃO DO CENÁRIO ESTUDADO

Neste capítulo será feita uma breve apresentação sobre Seguridade Social; Previdência Social; Agência da Previdência Social e o serviço de Orientação e Informação. Além disso, um estudo da fila do serviço de Orientação e Informação de uma Agência da Previdência Social.

3.1. Seguridade Social

“Por Seguridade Social entende-se um conjunto integrado de ações de iniciativa dos Poderes Públicos e da sociedade, destinadas a assegurar os direitos relativos à saúde, à previdência e à assistência social” (CORRÊA, 1999).

A Seguridade Social, integrada pela Saúde, Assistência Social e Previdência Social (Figura 4), é financiada por toda a sociedade de forma direta e indireta. Conta com recursos provenientes dos orçamentos da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios e, também, com contribuições sociais específicas.



Figura 4: Seguridade Social

Fonte: (Autora)

3.2. Previdência Social

De acordo com Martinez (1992) a Previdência Social visa a propiciar os meios indispensáveis a subsistência da pessoa humana – quando esta não é capaz de obtê-los ou não é socialmente desejável que os afaça pessoalmente através do trabalho, por motivo de maternidade, nascimento, incapacidade, invalidez, desemprego, prisão, idade avançada,

tempo de serviço ou morte. Mediante contribuição compulsória distinta, proveniente da sociedade e de cada um dos participantes.

Seguindo o mesmo raciocínio Corrêa (1999) ressalva que a Previdência Social tem o intuito de assegurar aos seus beneficiários meios indispensáveis de manutenção, por motivo de incapacidade, idade avançada, tempo de serviço, desemprego involuntário, encargos de família e reclusão ou morte daqueles de quem dependiam economicamente.

O autor supracitado ainda destaca os princípios e diretrizes da Previdência Social que são a universalidade de participação nos planos previdenciários, mediante contribuição; valor da renda mensal dos benefícios, substitutos do salário-de-contribuição ou do rendimento do trabalho do segurado, não inferior ao do salário mínimo; cálculo dos benefícios considerando-se os salários-de-contribuição, corrigidos monetariamente; preservação do valor real dos benefícios e previdência complementar facultativa, custeada por contribuição adicional.

A Previdência Social está presente em todo o país por meio das agências do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS).

3.3. Agência da Previdência Social

A rede de atendimento ao público da Previdência Social é composta por unidades de atendimento fixas e móveis. Atualmente são 1.217 Agências da Previdência Social e, entre essas, estão 75 unidades móveis (PREVMóvel), sendo 69 carros e 06 barcos (PREVIDÊNCIA, 2007).

As Agências da Previdência Social (APS) oferecem serviços de arrecadação e cobrança das contribuições previdenciárias, de proceder ao reconhecimento inicial, à manutenção e revisão de direitos ao recebimento de benefícios previdenciários e assistenciais e de operacionalização da compensação previdenciária, procurando assegurar agilidade e comodidade aos seus usuários.

3.4. Serviço de Orientação e Informação

A Agência da Previdência Social (APS) possui vários serviços de atendimento, e o estudo foi no serviço de Orientação e Informação (OI). As pessoas procuram este serviço para:

- Requerimento do HISCRE – formulários de idosos para viagens;
- Atualização de endereço;
- Pagamento bloqueado;

- Cadastramento;
- Atualização de procuração;
- Orientações e informações em geral.

3.5. Coleta de Dados

Antes de elaborar o modelo para a simulação da fila do serviço de OI foi necessário fazer uma coleta de dados. Esta coleta foi dividida em dados qualitativos e quantitativos.

3.5.1. Dados Qualitativos

Foi feita uma visita ao local e através da observação direta do ambiente foi possível perceber algumas características da fila analisada. Estas são apresentadas abaixo:

- Modelo de Chegada: A chegada dos clientes são aleatórias e os usuários chegam um-a-um. O impedimento e a renegação são permitidos, mas para efeitos práticos não serão considerados.
- Clientes e Tamanho da População: O cliente que procura o serviço de OI é proveniente de uma população muito grande, e para facilitar esta população será considerada infinita. A chegada de um cliente na fila não afeta a taxa de chegada de novos clientes, as chegadas são independentes.
- Modelos de Serviço: O tempo requerido por um atendente atender um usuário é uma variável aleatória. O usuário é atendido completamente por um atendente.
- Capacidade do Sistema: O sistema não possui limite no número permitido de usuários dentro do estabelecimento, o sistema possui uma capacidade infinita.
- Tamanho da fila: Para efeitos práticos não existe limite para o tamanho da fila, fila infinita.
- Disciplina da Fila: Os clientes são atendidos obedecendo ao sistema FIFO (First In – First Out: o primeiro que chega é o primeiro a ser atendido).

- **Estrutura do Sistema:** O serviço de OI possui três canais de atendimento (guichês) funcionando em paralelo e uma fila única, é o caso de canais múltiplos monofásicos. Os clientes são atendidos obedecendo ao sistema FIFO (First In – First Out: o primeiro que chega é o primeiro a ser atendido), o cliente da vez é atendido pelo próximo canal de atendimento (guichê) que ficar vago. A figura 5 ilustra a estrutura básica da fila no serviço de OI.

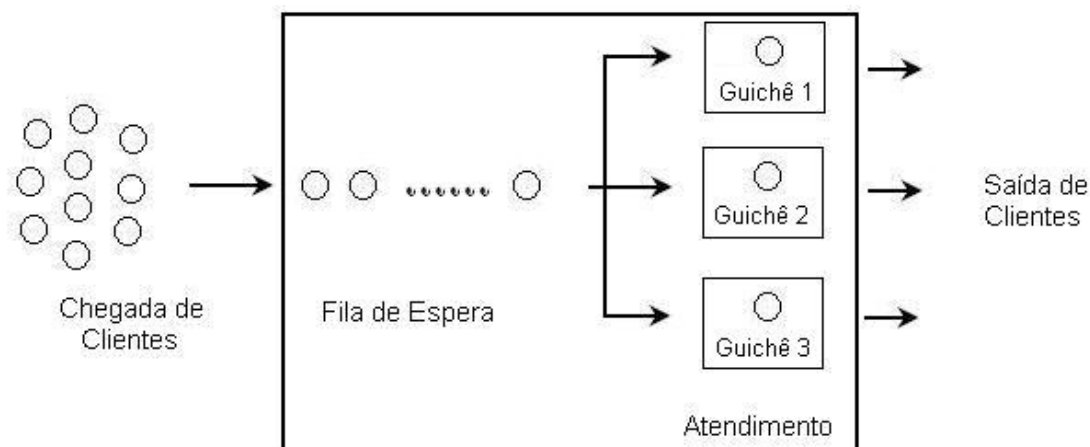


Figura 5: Estrutura básica da fila no serviço de OI

Fonte: (Autora)

3.5.2. Dados Quantitativos

Foi feito um estudo para identificar quais eram os dados quantitativos necessários para a elaboração do modelo e assim, definir os pontos de coleta. Os dados identificados foram:

1. Número de pessoas que entram na fila;
2. Número de pessoas que entram no Guichê 1;
3. Número de pessoas que saem do Guichê 1;
4. Número de pessoas que entram no Guichê 2;
5. Número de pessoas que saem do Guichê 2;
6. Número de pessoas que entram no Guichê 3;
7. Número de pessoas que saem do Guichê 3.

Após a identificação dos dados necessários para o modelo, foram definidos os pontos de coleta (Figura 6).

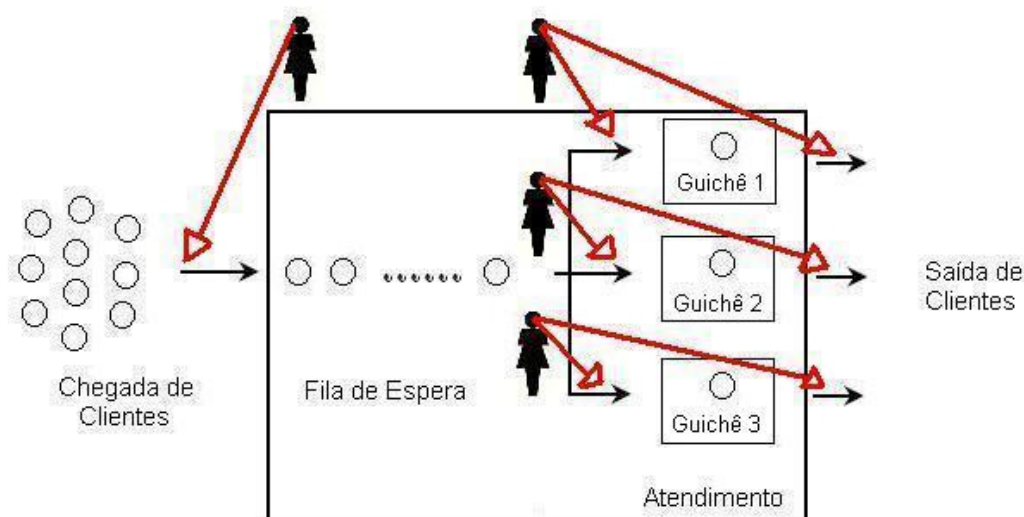


Figura 6: Pontos de Coleta de Dados

Fonte: (Autora)

A coleta de dados foi feita durante um período de três horas. Para a coleta foram necessárias quatro pessoas, uma responsável pelo número de pessoas que entram na fila por minuto, outra responsável pelo número de pessoas que entram e saem do Guichê 1 por minuto, outra responsável pelo número de pessoas que entram e saem do Guichê 2 por minuto e outra responsável pelo número de pessoas que entram e saem do Guichê 3 por minuto.

Os dados coletados foram organizados em uma tabela que se encontra em anexo (Anexo I).

Capítulo IV - DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS E SIMULAÇÕES

Neste capítulo será feita uma breve apresentação do software Powersim utilizado na elaboração e simulação dos modelos. Também serão expostos os modelos de simulação da fila estudada, desenvolvidos pela autora. Um modelo com os dados reais, outro utilizando a técnica de Monte Carlo e um modelo como sugestão de melhoria. Para efeitos práticos o desenvolvimento destes modelos foi feito em etapas, primeiro adotou que a fila funcionava com apenas um guichê em seguida com dois guichês e finalmente com três guichês. Por fim será apresentado algumas análises e sugestões.

4.1. Powersim

O pacote de simulação Powersim foi escolhido por duas razões principais: orientação à metodologia de Dinâmica de Sistemas (que é examinada neste trabalho) e facilidade de acesso.

O Powersim foi desenvolvido pela empresa “Powersim Corporation”. Este é um programa de computador utilizado para construir modelos quantitativos baseados na Dinâmica de Sistemas.

A linguagem de modelação do Powersim possui cinco ícones básicos:

1. Estoques;
2. Fluxos;
3. Variáveis;
4. Constantes;
5. Informações.

Os **estoques** são simbolizados através de um retângulo que representa acumulações/desacumulações de algum recurso. Os **fluxos** podem ser fluxos de entrada no estoque (simbolizados através de uma seta que entra no estoque) ou fluxos de saída do estoque (simbolizados através de uma seta que sai do estoque). As nuvens nas extremidades dos fluxos, representam as fronteiras do modelo, representam alguma fonte de recurso que está fora do escopo de interesse do modelo em estudo. As **variáveis**, simbolizadas através de círculos, representam parâmetros que são usados nos sistemas e servem como auxiliares para o relacionamento entre os outros componentes. Um tipo particular de variáveis são as **constantes**, simbolizadas através de losangos. As **informações** são setas que ligam as variáveis entre si, expressam as inter-relações entre todos os componentes do sistema.

A seguir (Figura 7), são mostrados os símbolos referentes a cada um dos ícones citados anteriormente e a tela inicial do software Powersim (Figura 8)






Estoques	Fluxos	Variáveis	Constantes	Informações
				

Figura 7: Ícones básicos do Powersim

Fonte: (Autora)

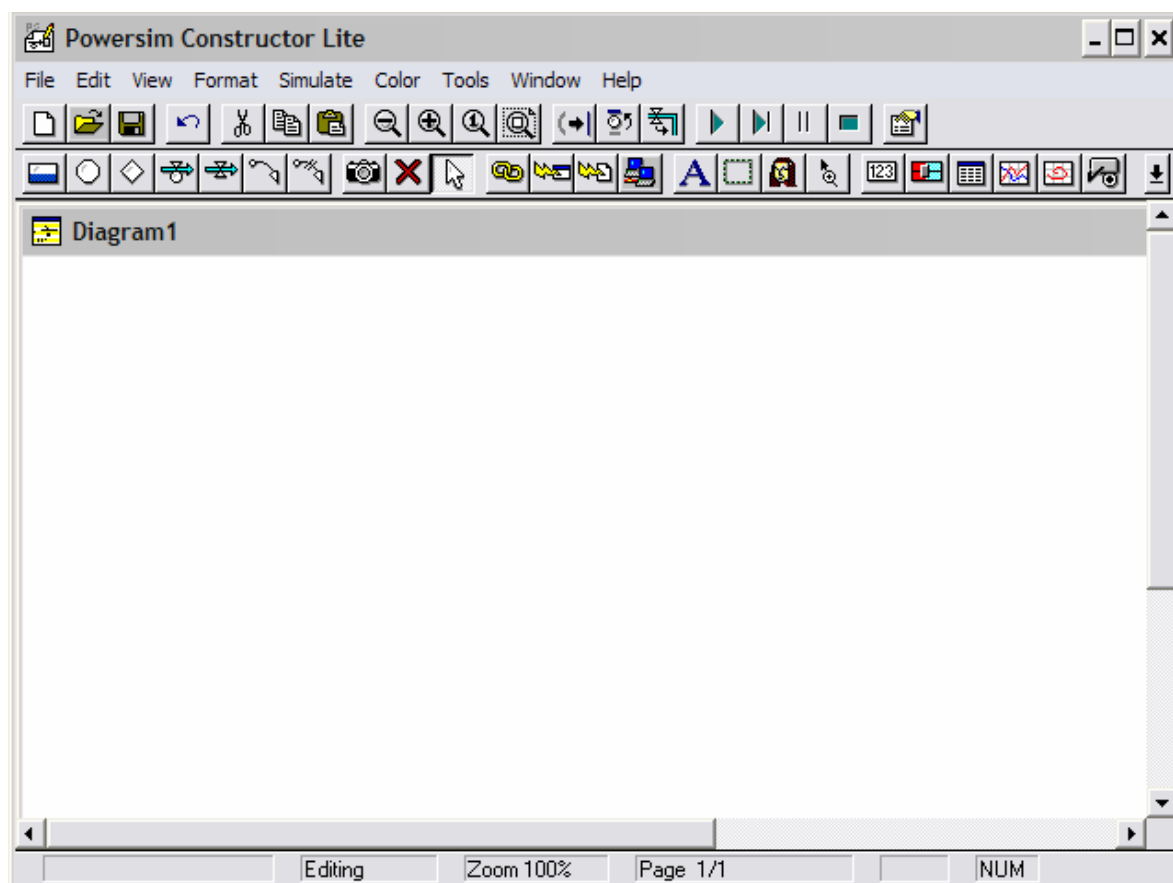


Figura 8: Tela inicial do Powersim

Fonte: (Autora)

4.2. Desenvolvimento dos modelos de simulação

Para uma melhor compreensão dos modelos de simulação da fila estudada, elaborado pela autora, primeiramente será desenvolvido um modelo da fila funcionando com apenas um guichê (Guichê 1). Em seguida um modelo da fila funcionando com dois guichês (Guichê 1 e 2) e finalmente o modelo da fila funcionando com os três guichês (Guichê 1, 2 e 3). Além disso, será desenvolvido um modelo como proposta de melhoria da fila, funcionando com quatro guichês.

4.2.1. Modelo de simulação para fila com um guichê

A figura 9 mostra a estrutura básica da fila funcionando com um guichê.

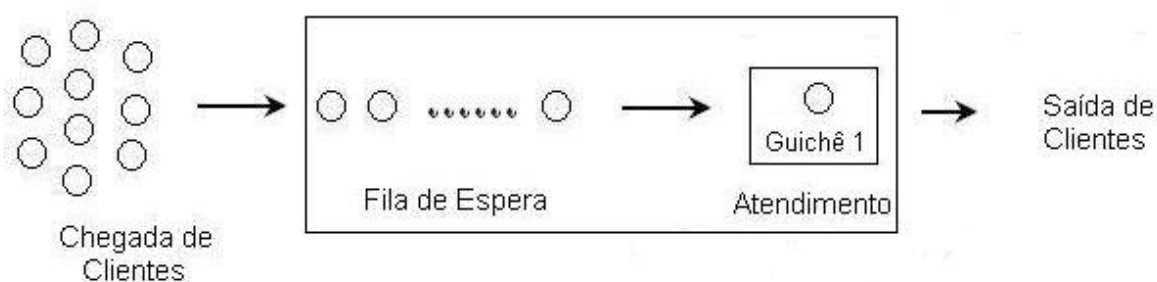


Figura 9: Estrutura da fila com um guichê

Fonte: (Autora)

4.2.1.1. Modelo com dados reais

Para efeitos práticos só serão analisados os primeiros vinte minutos de coleta de dados (Tabela 1).

Tabela 1: Dados reais utilizados para a simulação da fila com um guichê

Tempo	Número de pessoas que entram na fila	Número de pessoas que entram no G1	Número de pessoas que saem do G1
0	0	0	0
1	0	1	0
2	2	0	0
3	5	0	0
4	1	0	0
5	1	0	0
6	1	1	1
7	1	1	1
8	2	0	0
9	0	0	0
10	1	0	0
11	2	0	0
12	1	1	1
13	1	0	0
14	0	0	0
15	2	0	0
16	0	1	1
17	1	1	1
18	0	0	0
19	0	1	1
20	1	0	0
Total	22	7	6
Número inicial de pessoas na fila: 26			

Fonte: (Autora)

De posse dos dados foi desenvolvido o modelo apresentado na figura 10.

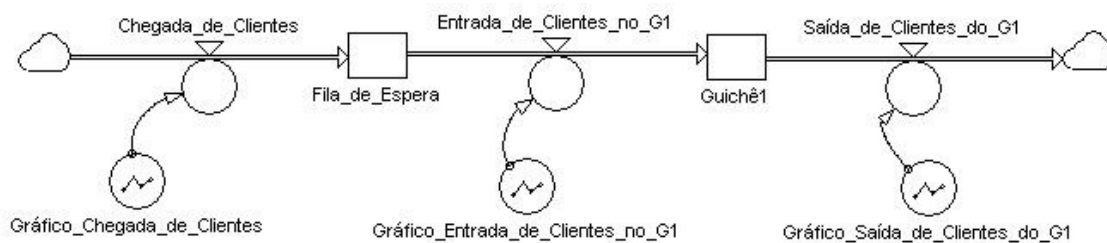


Figura 10: Modelo com os dados reais para a fila com um guichê

Fonte: (Autora)

O fluxo “Chegada_de_Clientes” é o número de pessoas que entram na fila por minuto e é controlado pela variável auxiliar “Gráfico_Chegada_de_Clientes” esta variável corresponde aos dados reais coletados na fila durante vinte minutos conforme o algoritmo:

```
GRAPH(TIME,0,1,[0,0,2,5,1,1,1,1,2,0,1,2,1,1,0,2,0,1,0,0,1"Min:0;Max:5"])
```

A “Fila_de_Espera” é representada por um estoque e o seu valor inicial é 26, que corresponde ao número de pessoas que estavam presentes na fila quando a coleta de dados iniciou.

O fluxo “Entrada_de_Clientes_no_G1” é o número de pessoas que entram no guichê 1 por minuto, este é controlado pela variável auxiliar “Gráfico_Entrada_de_Clientes_no_G1” que corresponde aos dados reais coletados na fila durante vinte minutos segundo o algoritmo:

```
GRAPH(TIME,0,1,[0,1,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,0,1,0"Min:0;Max:1"])
```

O “Guichê1” é representado por um estoque e o seu valor inicial é 0, ou seja, não havia ninguém no guichê 1 quando a coleta de dados começou.

O fluxo “Saída_de_Clientes_do_G1” é o número de pessoas que saem do guichê 1 por minuto e é controlado pela variável auxiliar “Gráfico_Saída_de_Clientes_do_G1” que corresponde aos dados reais coletados na fila durante vinte minutos conforme o algoritmo:

```
GRAPH(TIME,0,1,[0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,0,1,0"Min:0;Max:1"])
```

Simulando este modelo obtém-se a tabela 2 com os dados gerados pelo modelo e a figura 11 que mostra o gráfico do comportamento da fila durante os vinte minutos.

Tabela 2: Dados gerados pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com um guichê

Time	Fila de Espera	Entrada de Clientes no G1	Guichê1	Saída de Clientes do G1
0	26,00	0,00	0,00	0,00
1	26,00	1,00	0,00	0,00
2	25,00	0,00	1,00	0,00
3	27,00	0,00	1,00	0,00
4	32,00	0,00	1,00	0,00
5	33,00	0,00	1,00	0,00
6	34,00	1,00	1,00	1,00
7	34,00	1,00	1,00	1,00
8	34,00	0,00	1,00	0,00
9	36,00	0,00	1,00	0,00
10	36,00	0,00	1,00	0,00
11	37,00	0,00	1,00	0,00
12	39,00	1,00	1,00	1,00
13	39,00	0,00	1,00	0,00
14	40,00	0,00	1,00	0,00
15	40,00	0,00	1,00	0,00
16	42,00	1,00	1,00	1,00
17	41,00	1,00	1,00	1,00
18	41,00	0,00	1,00	0,00
19	41,00	1,00	1,00	1,00
20	40,00	0,00	1,00	0,00
21	41,00	0,00	1,00	0,00

Fonte: (Autora)

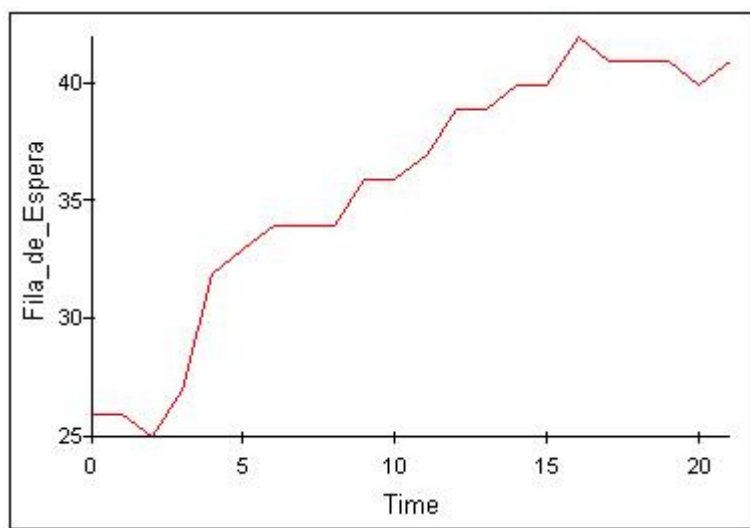


Figura 11: Gráfico do comportamento da fila gerado pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com um guichê

Fonte: (Autora)

As equações referentes a este modelo se encontram no anexo II.

4.2.1.2. Modelo utilizando o Método de Monte Carlo

Foi feito um modelo utilizando os mesmos dados, no entanto em ordem aleatória. Para isso foram calculadas as frequências relativas para:

- Número de pessoas que entram na fila;
- Número de pessoas que entram no Guichê 1;
- Número de pessoas que saem do Guichê 1.

As tabelas 3, 4 e 5 são referentes a estas frequências.

Tabela 3: Frequência da chegada de clientes no período de vinte minutos

Número de pessoas que entram na fila	Repetição	Frequência (%)
0	6	$6 / 20 = 0,30$
1	9	$9 / 20 = 0,45$
2	4	$4 / 20 = 0,20$
5	1	$1 / 20 = 0,05$

Fonte: (Autora)

Tabela 4: Frequência da entrada de clientes no guichê 1 no período de vinte minutos

Número de pessoas que entram no G1	Repetição	Frequência (%)
0	13	$13 / 20 = 0,65$
1	7	$7 / 20 = 0,35$

Fonte: (Autora)

Tabela 5: Frequência da saída de clientes do guichê 1 no período de vinte minutos

Número de pessoas que saem do G1	Repetição	Frequência (%)
0	14	$13 / 20 = 0,70$
1	6	$7 / 20 = 0,30$

Fonte: (Autora)

O modelo elaborado com estes dados é mostrado na figura 12.



Figura 12: Modelo utilizando o MMC para fila com um guichê

Fonte: (Autora)

Neste modelo foram criadas variáveis auxiliares (Aleatório_1, Aleatório_2, Aleatório_3) que geram números aleatórios entre 0 e 1. Estes números irão escolher aleatoriamente a frequência com que os clientes chegam na fila e entram e saem do guichê 1. Para isso foram criados gráficos para as variáveis:

- “Frequência_de_Entrada_na_Fila” que corresponde ao algoritmo:

GRAPHSTEP(Aleatório_1,0,1/20,[0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,2,2,2,2,5"Min:0;Max:5"])

- “Frequência_de_Entrada_de_Clientes_no_G1” que corresponde ao algoritmo:

GRAPHSTEP(Aleatório_2,0,1/20,[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1"Min:0;Max:1"])

- “Frequência_da_Saída_de_Clientes_do_G1” que corresponde ao algoritmo:

GRAPHSTEP(Aleatório_5,0,1/20,[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1"Min:0;Max:1"])

Estes gráficos foram baseados nas tabelas 4, 5 e 6 mostradas anteriormente.

O fluxo “Chegada_de_Clientes” é controlado pela variável “Frequência_de_Entrada_na_Fila” e não possui nenhuma restrição.

O fluxo “Entrada_de_Clientes_no_G1” apresenta um algoritmo mais complexo como mostrado abaixo:

IF(Frequência_da_Saída_de_Clientes_do_G1>Frequência_de_Entrada_de_Clientes_no_G1
,(IF(Fila_de_Espera>Frequência_de_Entrada_de_Clientes_no_G1,Frequência_de_Entrada_
de_Clientes_no_G1,Fila_de_Espera)),(IF(Fila_de_Espera>Frequência_da_Saída_de_Client
es_do_G1,Frequência_da_Saída_de_Clientes_do_G1,Fila_de_Espera)))

Estas restrições são necessárias uma vez que não pode sair mais gente da fila do que existe nela e nem pode entrar mais clientes no guichê 1 do que sai.

O fluxo “Saída_de_Clientes_do_G1” possui o seguinte algoritmo:

IF(Guichê1>=Frequência_da_Saída_de_Clientes_do_G1,Frequência_da_Saída_de_Clientes_do_G1,Guichê1)

Esta restrição no fluxo “Saída_de_Clientes_do_G1” é necessária visto que não pode sair mais gente do que realmente existe no guichê 1.

Simulando este modelo obtém-se a tabela 6 com os dados gerados pelo modelo e a figura 13 que mostra o gráfico do comportamento da fila durante os vinte minutos.

Tabela 6: Dados gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com um guichê

Time	Fila de Espera	Frequência de Entrada de Clientes no G1	Frequência da Saída de Clientes do G1	Guichê1	Entrada de Clientes no G1
0	26,00	1,00	0,00	0,00	0,00
1	26,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	26,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	27,00	1,00	0,00	0,00	0,00
4	29,00	1,00	0,00	0,00	0,00
5	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	32,00	0,00	1,00	0,00	0,00
8	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	34,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	35,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	36,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	38,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	39,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	39,00	1,00	1,00	0,00	1,00
15	39,00	1,00	1,00	1,00	1,00
16	39,00	1,00	1,00	1,00	1,00
17	40,00	0,00	0,00	1,00	0,00
18	41,00	1,00	0,00	1,00	0,00
19	43,00	0,00	0,00	1,00	0,00
20	45,00	0,00	0,00	1,00	0,00
21	46,00	0,00	0,00	1,00	0,00

Fonte: (Autora)

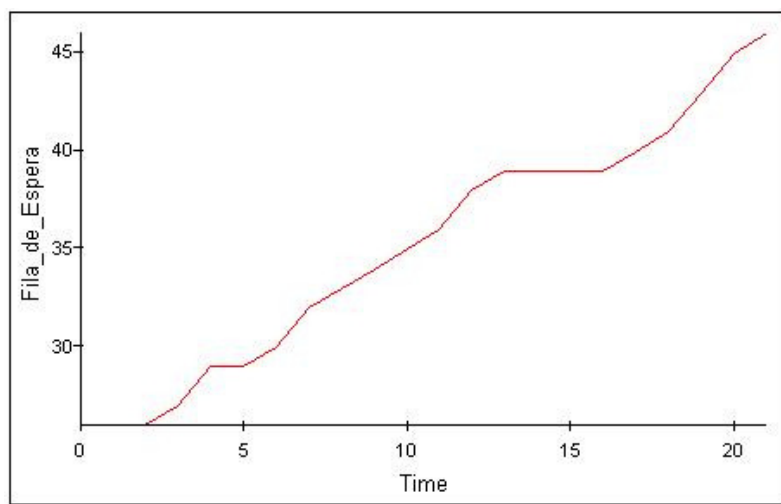


Figura 13: Gráfico do comportamento da fila gerado pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com um guichê

Fonte: (Autora)

As equações referentes a este modelo se encontram no anexo III.

4.2.1.2.1. Problemas do modelo

Analizando a primeira linha da tabela 6 pode-se perceber que a “Frequência_de_Entrada_de_Clientes_no_G1” é 1, mas a “Entrada_de_Clientes_no_G1” é 0, ou seja, mesmo a “Frequência_de_Entrada_de_Clientes_no_G1” ser 1 não entrou ninguém no Guichê 1. Isso aconteceu devido a restrição no fluxo “Entrada_de_Clientes_no_G1”. Isso não corresponde a realidade, pois tinha gente na “Fila_de_Espera”, 26 pessoas, o “Guichê 1” estava vazio (valor 0) e a “Frequência_de_Entrada_de_Clientes_no_G1” foi 1, assim poderia ter entrado alguém neste guichê. Este problema acontece também nas linhas 4, 5 e 11. Desse modo o guichê 1 ficará muito tempo ocioso, mesmo existindo pessoas na fila, o que acarretará em um grande aumento no número de pessoas na fila. No entanto, está restrição não pode ser retirada, pois poderia acontecer um acúmulo de pessoas no guichê.

Para resolver este problema foi elaborado um novo modelo.

4.2.1.2.2. Desenvolvimento do novo modelo

Ao analisar a tabela 1 percebe-se que os dados coletados para o “Número de pessoas que entram no G1” e o “Número de Pessoas que saem do G1” são praticamente os mesmos e que suas freqüências relativas também são bem próximas. No entanto, colocando uma freqüência para entrada de clientes no guichê 1 e uma freqüência para a saída de clientes do guichê 1, variando aleatoriamente, como foi feito no modelo da figura 12, os dados não serão mais praticamente iguais, como pode ser visto na tabela 6.

Portanto, para a construção deste novo modelo será adotado apenas uma freqüência para a entrada e saída de clientes no guichê 1. Este é apresentado na figura 14.

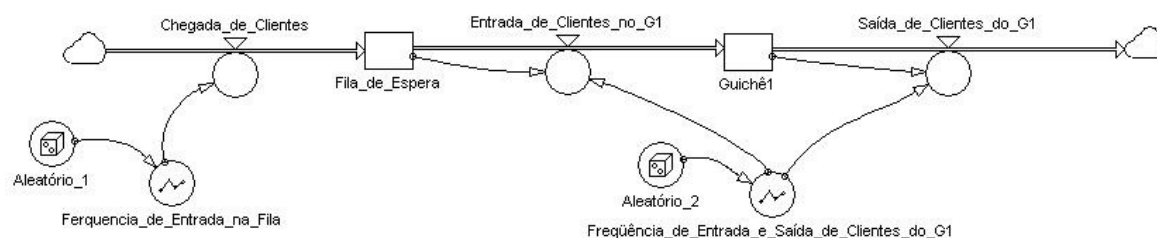


Figura 14: Novo modelo utilizando o MMC para fila com um guichê

Fonte: (Autora)

O que muda neste modelo em relação ao modelo mostrado na figura 12 é a adoção de apenas uma freqüência para a “Entrada_de_Clientes_no_G1” e para “Saída_de_Clientes_do_G1”. Desse modo, o fluxo “Entrada_de_Clientes” possui apenas uma restrição conforme o algoritmo:

```
IF(Fila_de_Espera>Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1,Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1,Fila_de_Espera)
```

Esta restrição é necessária para que não entre pessoas no guichê 1 quando a fila estiver vazia.

O fluxo “Saída_de_Clientes_do_G1” também possui apenas uma restrição de acordo com o algoritmo:

```
IF(Guichê1>=Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1,Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1,Guichê1)
```


Simulando este modelo obtém-se a tabela 7 e a figura 15.

Tabela 7: Dados gerados pela simulação do novo modelo

Time	Fila de Espera	Frequência de Entrada e Saída de Clientes do G1	Guichê1	Entrada de Clientes no G1	Saída de Clientes do G1
0	26,00	1,00	0,00	1,00	0,00
1	26,00	0,00	1,00	0,00	0,00
2	28,00	0,00	1,00	0,00	0,00
3	29,00	0,00	1,00	0,00	0,00
4	30,00	0,00	1,00	0,00	0,00
5	32,00	0,00	1,00	0,00	0,00
6	33,00	0,00	1,00	0,00	0,00
7	34,00	0,00	1,00	0,00	0,00
8	35,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9	34,00	0,00	1,00	0,00	0,00
10	34,00	1,00	1,00	1,00	1,00
11	33,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	34,00	1,00	1,00	1,00	1,00
13	33,00	0,00	1,00	0,00	0,00
14	34,00	0,00	1,00	0,00	0,00
15	36,00	0,00	1,00	0,00	0,00
16	37,00	0,00	1,00	0,00	0,00
17	37,00	0,00	1,00	0,00	0,00
18	37,00	0,00	1,00	0,00	0,00
19	37,00	0,00	1,00	0,00	0,00
20	39,00	0,00	1,00	0,00	0,00
21	41,00	0,00	1,00	0,00	0,00

Fonte: (Autora)

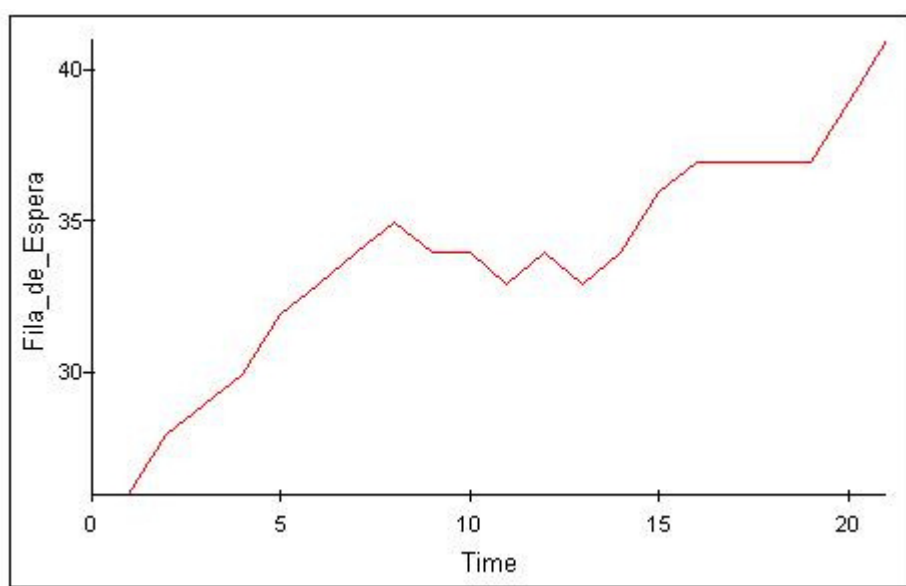


Figura 15: Gráfico do comportamento da fila gerado pela simulação do novo modelo

Fonte: (Autora)

Analisando a tabela 7 e a figura 15 percebe-se que este modelo ficou bem mais próximo da realidade. Assim, será adotado a tática deste modelo para a fila com dois, três e quatro guichês.

As equações referentes a este novo modelo se encontram no anexo IV.

4.2.2. Modelo de simulação para fila com dois guichês

A figura 16 mostra a estrutura básica da fila funcionando com dois guichês.

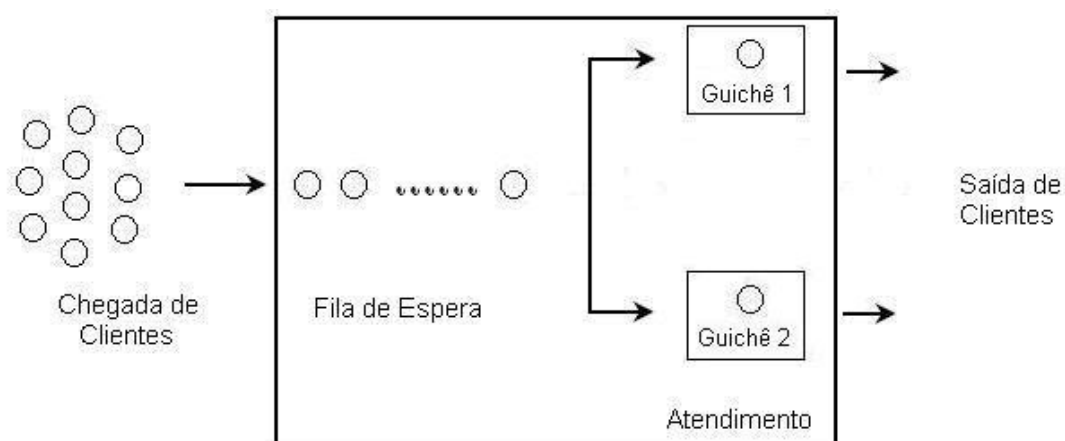


Figura 16: Estrutura da fila com dois guichês

Fonte: (Autora)

4.2.2.1. Modelo com dados reais

Neste caso também só serão analisados os primeiros vinte minutos de coleta de dados (Tabela 8).

Tabela 8: Dados reais utilizados para a simulação da fila com dois guichês

Tempo	Número de pessoas que entram na fila	Número de pessoas que entram no G1	Número de pessoas que saem do G1	Número de pessoas que entram no G2	Número de pessoas que saem do G2
0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
2	2	0	0	0	0
3	5	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0
6	1	1	1	0	0
7	1	1	1	1	1
8	2	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	1	0	0	1	1
11	2	0	0	0	0
12	1	1	1	0	0
13	1	0	0	1	1
14	0	0	0	0	0
15	2	0	0	0	0
16	0	1	1	0	0
17	1	1	1	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	1	1	1	1
20	1	0	0	1	1
Total	22	7	6	6	5
Número inicial de pessoas na fila: 26					

Fonte: (Autora)

De posse dos dados foi desenvolvido o modelo apresentado na figura 17.

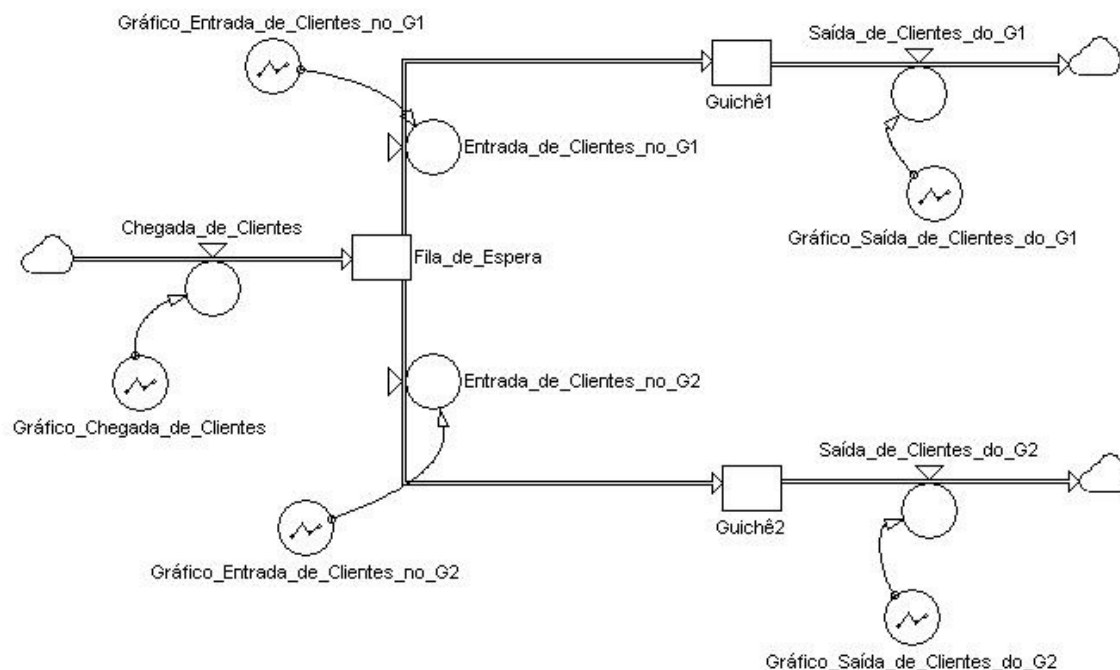


Figura 17: Modelo com dados reais para a fila com dois guichês

Fonte: (Autora)

Simulando este modelo tem-se a tabela 9 e a figura 18.

Tabela 9: Dados gerados pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com dois guichês

Time	Fila_de_Espera	Entrada_de_Clientes_no_G1	Guichê1	Saída_de_Clientes_do_G1	Entrada_de_Clientes_no_G2	Guichê2	Saída_de_Clientes_do_G2
0	26,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	26,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
2	24,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
3	26,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
4	31,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
5	32,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
6	33,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
7	33,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	32,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
9	34,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
10	34,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
11	34,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
12	36,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
13	36,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
14	36,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
15	36,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
16	38,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
17	37,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
18	37,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
19	37,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	35,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
21	35,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: (Autora)

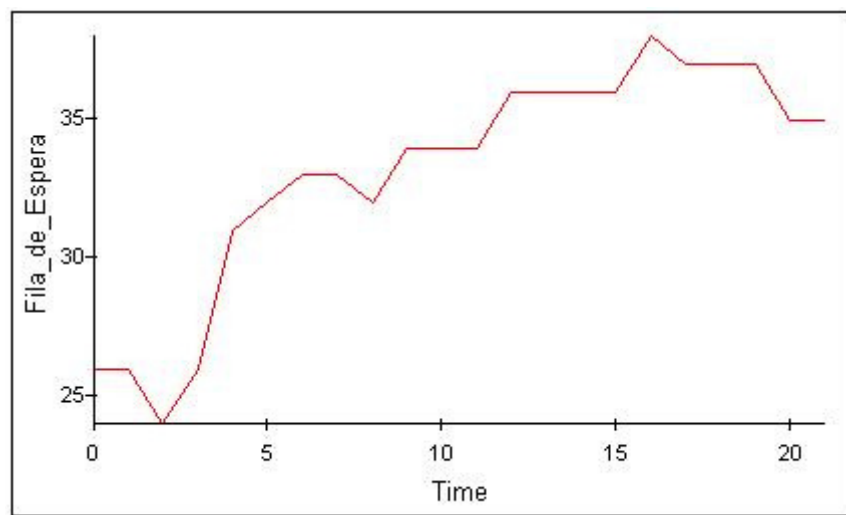


Figura 18: Gráfico do comportamento da fila gerado pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com dois guichês

Fonte: (Autora)

As equações referentes a este modelo se encontram no anexo V.

4.2.2.2. Modelo utilizando o Método de Monte Carlo

O modelo de simulação utilizando o MMC foi desenvolvido seguindo o mesmo raciocínio utilizado para a fila com um guichê.

Foram calculadas as freqüências relativas para:

- Número de pessoas que entram na fila;
- Número de pessoas que entram no Guichê 1;
- Número de pessoas que saem do Guichê 1;
- Número de pessoas que entram no Guichê 2;
- Número de pessoas que saem do Guichê 2;

As freqüências para o número de pessoas que entram na fila, o número de pessoas que entram no guichê 1 e o número de pessoas que saem do guichê 1 já foram mostradas nas tabelas 3, 4 e 5. As tabelas 10 e 11 mostram o calculo das freqüências para o número de pessoas que entram e saem do guichê 2.

Tabela 10: Frequência da entrada de clientes no guichê 2 no período de vinte minutos

Número de pessoas que entram no G2	Repetição	Frequência (%)
0	14	$13 / 20 = 0,70$
1	6	$7 / 20 = 0,30$

Fonte: (Autora)

Tabela 11: Frequência da saída de clientes do guichê 2 no período de vinte minutos

Número de pessoas que saem do G2	Repetição	Frequência (%)
0	15	$15 / 20 = 0,75$
1	5	$5 / 20 = 0,25$

Fonte: (Autora)

Utilizando a mesma estratégia do modelo elaborado para a fila funcionando com apenas um guichê, tem-se o modelo mostrado na Figura 19.

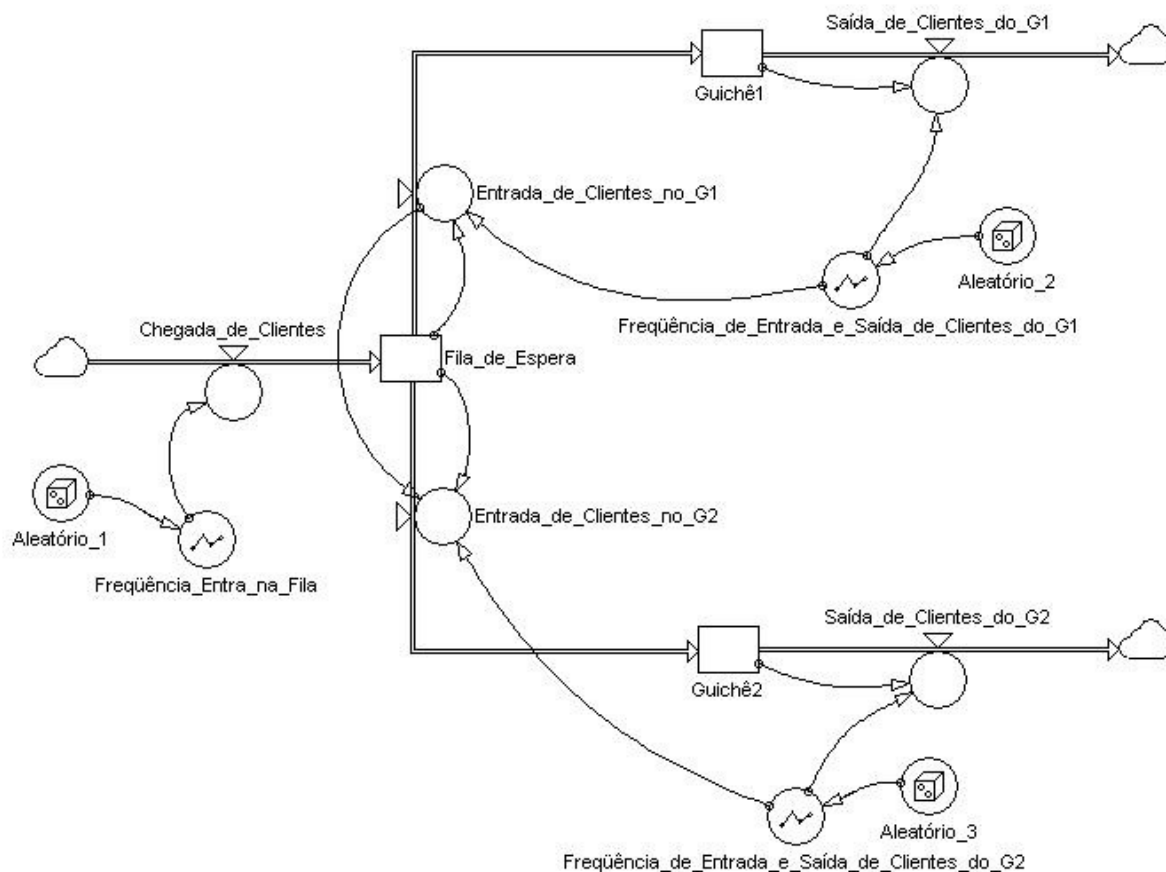


Figura 19: Modelo utilizando o MMC para fila com dois guichês

Fonte: (Autora)

Os algoritmos usados neste modelo são basicamente os mesmos do modelo de simulação utilizando o MMC da fila funcionando com um guichê. O que difere neste modelo é a restrição do fluxo “Entrada_de_Clientes_no_G2” que é dada conforme o algoritmo:

IF(Fila_de_Espera-Entrada_de_Clientes_no_G1>Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G2,Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G2,Fila_de_Espera-Entrada_de_Clientes_no_G1)

Esta restrição é necessária para que não entre ninguém no “Guichê 2” quando a “Fila_de_Espera” menos a “Entrada_de_Clientes_no_G1” for zero, por exemplo, se a fila possui uma pessoa e esta pessoa vai para o “Guichê 1”, então não vai existir mais ninguém na fila, assim não pode ir ninguém para o “Guichê 2”

Simulando este modelo obtém-se as tabelas 12 e 13 e a figura 20.

Tabela 12: Dados referentes ao G1 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com dois guichês

Time	Fila de Espera	Frequência de Entrada e Saída de Clientes do G1	Entrada de Clientes no G1	Guichê1	Saída de Clientes do G1
0	26,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	27,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	28,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	29,00	1,00	1,00	0,00	0,00
4	30,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	30,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6	28,00	0,00	0,00	1,00	0,00
7	30,00	0,00	0,00	1,00	0,00
8	31,00	0,00	0,00	1,00	0,00
9	30,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	30,00	1,00	1,00	1,00	1,00
11	31,00	0,00	0,00	1,00	0,00
12	32,00	1,00	1,00	1,00	1,00
13	32,00	0,00	0,00	1,00	0,00
14	33,00	0,00	0,00	1,00	0,00
15	34,00	1,00	1,00	1,00	1,00
16	34,00	0,00	0,00	1,00	0,00
17	36,00	0,00	0,00	1,00	0,00
18	36,00	1,00	1,00	1,00	1,00
19	35,00	0,00	0,00	1,00	0,00
20	34,00	0,00	0,00	1,00	0,00
21	35,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: (Autora)

Tabela 13: Dados referentes ao G2 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com dois guichês

Time	Fila de Espera	Frequência de Entrada e Saída de Clientes do G2	Entrada de Clientes no G2	Guichê2	Saída de Clientes do G2
0	26,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	27,00	1,00	1,00	0,00	0,00
2	28,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	29,00	0,00	0,00	1,00	0,00
4	30,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	30,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6	28,00	0,00	0,00	1,00	0,00
7	30,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	31,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9	30,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	30,00	0,00	0,00	1,00	0,00
11	31,00	1,00	1,00	1,00	1,00
12	32,00	1,00	1,00	1,00	1,00
13	32,00	1,00	1,00	1,00	1,00
14	33,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	34,00	1,00	1,00	1,00	1,00
16	34,00	0,00	0,00	1,00	0,00
17	36,00	1,00	1,00	1,00	1,00
18	36,00	1,00	1,00	1,00	1,00
19	35,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	34,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	35,00	0,00	0,00	1,00	0,00

Fonte: (Autora)

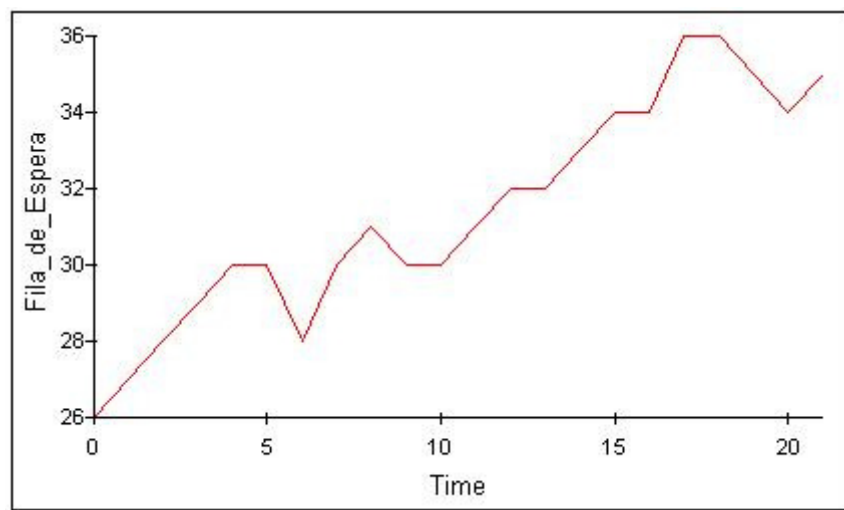


Figura 20: Gráfico do comportamento da fila gerado pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com dois guichês

Fonte: (Autora)

As equações referentes a este modelo se encontram no anexo VI.

4.2.3. Modelo de simulação para fila com três guichês

Após ter compreendido os modelos para a fila funcionando com um guichê e com dois guichês será mais fácil entender a simulação da fila real, funcionando com três guichês.

A estrutura da fila funcionando com três guichês pode ser vista na figura 5 do capítulo III.

4.2.2.3. Modelo com dados reais

Para a simulação com os dados reais serão utilizados todos os dados coletados durante o período de três horas (vide anexo I).

De posse dos dados foi desenvolvido o modelo apresentado na figura 21.

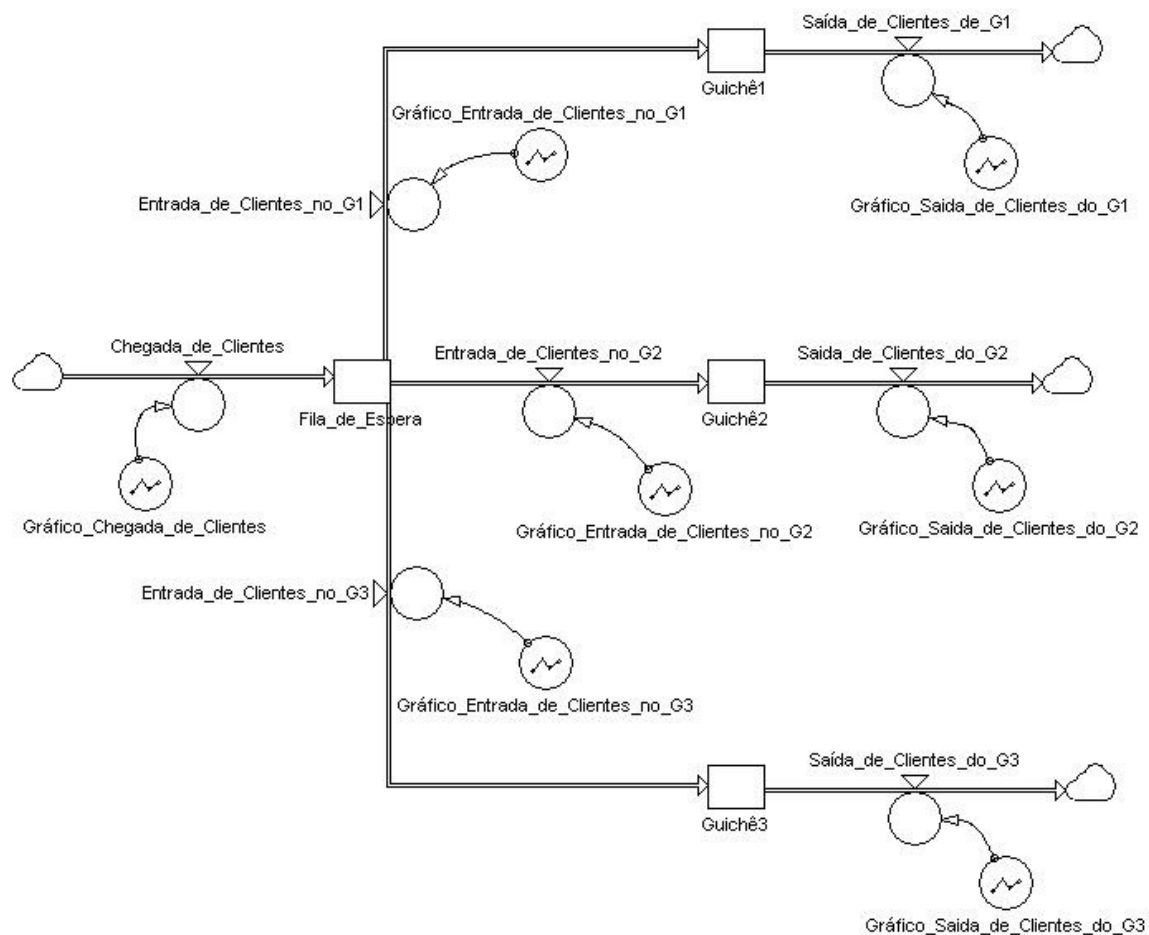


Figura 21: Modelo com dados reais para fila com três guichês

Fonte: (Autora)

Simulando este modelo tem-se as tabelas 14, 15 e 16 e a figura 22.

Tabela 14: Dados referentes ao G1 gerados pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com três guichês

Time	Fila de Espera	Entrada de Clientes no G1	Guichê1	Saída de Clientes de G1
164	22,00	0,00	1,00	0,00
165	22,00	0,00	1,00	0,00
166	21,00	1,00	1,00	1,00
167	23,00	0,00	1,00	0,00
168	24,00	1,00	1,00	1,00
169	24,00	1,00	1,00	1,00
170	23,00	0,00	1,00	0,00
171	22,00	0,00	1,00	0,00
172	22,00	1,00	1,00	1,00
173	21,00	0,00	1,00	0,00
174	21,00	1,00	1,00	1,00
175	20,00	0,00	1,00	0,00
176	21,00	0,00	1,00	0,00
177	20,00	1,00	1,00	1,00
178	19,00	0,00	1,00	0,00
179	19,00	0,00	1,00	0,00
180	20,00	1,00	1,00	1,00
181	19,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: (Autora)

Tabela 15: Dados referentes ao G2 gerados pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com três guichês

Time	Fila de Espera	Entrada de Clientes no G2	Guichê2	Saída de Clientes do G2
164	22,00	0,00	1,00	0,00
165	22,00	0,00	1,00	0,00
166	21,00	0,00	1,00	0,00
167	23,00	1,00	1,00	1,00
168	24,00	0,00	1,00	0,00
169	24,00	0,00	1,00	0,00
170	23,00	0,00	1,00	0,00
171	22,00	1,00	1,00	1,00
172	22,00	0,00	1,00	0,00
173	21,00	0,00	1,00	0,00
174	21,00	1,00	1,00	1,00
175	20,00	0,00	1,00	0,00
176	21,00	1,00	1,00	1,00
177	20,00	0,00	1,00	0,00
178	19,00	1,00	1,00	1,00
179	19,00	0,00	1,00	0,00
180	20,00	0,00	1,00	0,00
181	19,00	0,00	1,00	0,00

Fonte: (Autora)

Tabela 16: Dados referentes ao G2 gerados pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com três guichês

Time	Fila de Espera	Entrada de Clientes no G3	Guichê3	Saída de Clientes do G3
164	22,00	0,00	1,00	0,00
165	22,00	1,00	1,00	1,00
166	21,00	0,00	1,00	0,00
167	23,00	0,00	1,00	0,00
168	24,00	1,00	1,00	1,00
169	24,00	0,00	1,00	0,00
170	23,00	1,00	1,00	1,00
171	22,00	0,00	1,00	0,00
172	22,00	1,00	1,00	1,00
173	21,00	0,00	1,00	0,00
174	21,00	0,00	1,00	0,00
175	20,00	1,00	1,00	1,00
176	21,00	0,00	1,00	0,00
177	20,00	0,00	1,00	0,00
178	19,00	0,00	1,00	0,00
179	19,00	0,00	1,00	0,00
180	20,00	1,00	1,00	1,00
181	19,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: (Autora)

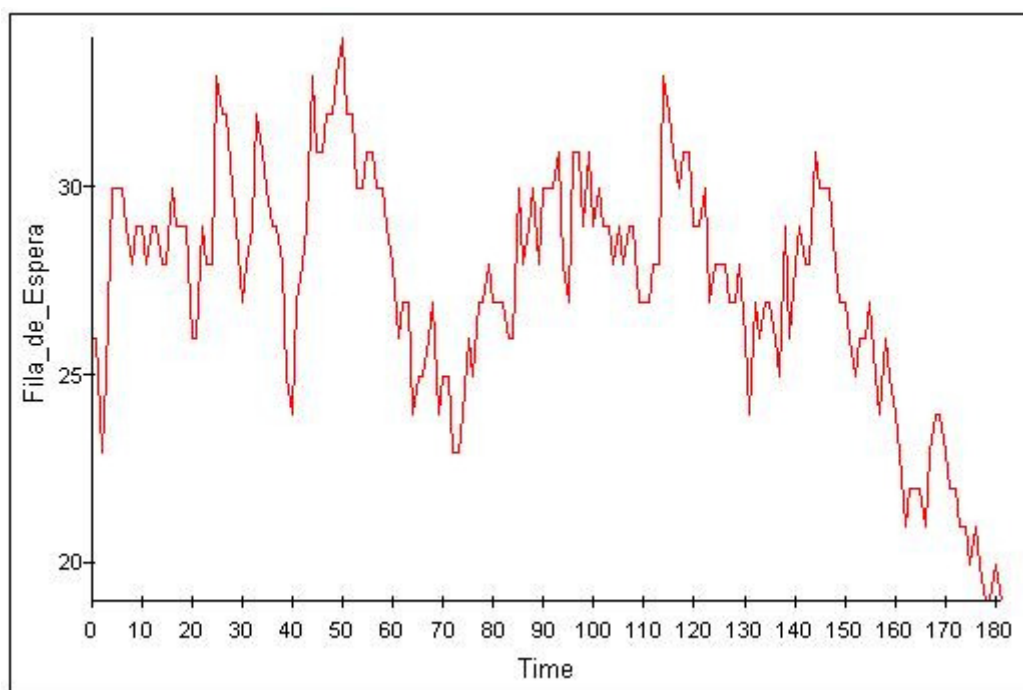


Figura 22: Gráfico do comportamento da fila gerado pela simulação do modelo com os dados reais para a fila com três guichês

Fonte: (Autora)

As equações referentes a este modelo se encontram no anexo VII.

4.2.2.4. Modelo utilizando o Método Monte Carlo

Para o desenvolvimento do modelo utilizando o MMC foram calculadas as frequências relativas para:

- Número de pessoas que entram na fila;
- Número de pessoas que entram no Guichê 1;
- Número de pessoas que saem do Guichê 1;
- Número de pessoas que entram no Guichê 2;
- Número de pessoas que saem do Guichê 2;
- Número de pessoas que entram no Guichê 3;
- Número de pessoas que saem do Guichê 3.

Estas frequências são mostradas nas tabelas 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23.

Tabela 17: Frequência da chegada de clientes

Número de pessoas que entram na fila	Repetição	Frequência (%)
0	69	$69 / 180 = 0,383333333$
1	52	$52 / 180 = 0,288888889$
2	41	$41 / 180 = 0,227777778$
3	7	$7 / 180 = 0,038888889$
4	5	$5 / 180 = 0,027777778$
5	3	$3 / 180 = 0,016666667$
6	3	$3 / 180 = 0,016666667$

Fonte: (Autora)

Tabela 18: Frequência da entrada de clientes no guichê 1

Número de pessoas que entram no G1	Repetição	Frequência (%)
0	105	$105 / 180 = 0,583333333$
1	75	$75 / 180 = 0,416666667$
2	0	0

Fonte: (Autora)

Tabela 19: Freqüência da saída de clientes do guichê 1

Número de pessoas que saem do G1	Repetição	Freqüência (%)
0	106	$107 / 180 = 0,588888889$
1	74	$74 / 180 = 0,411111111$
2	0	0

Fonte: (Autora)

Tabela 20: Freqüência da entrada de clientes no guichê 2

Número de pessoas que entram no G2	Repetição	Freqüência (%)
0	113	$113 / 180 = 0,627777778$
1	67	$67 / 180 = 0,372222222$
2	0	0

Fonte: (Autora)

Tabela 21: Freqüência da saída de clientes do guichê 2

Número de pessoas que saem do G2	Repetição	Freqüência (%)
0	114	$114 / 180 = 0,633333333$
1	66	$66 / 180 = 0,366666667$
2	0	0

Fonte: (Autora)

Tabela 22: Freqüência da entrada de clientes no guichê 3

Número de pessoas que entram no G3	Repetição	Freqüência (%)
0	109	$109 / 180 = 0,605555556$
1	69	$69 / 180 = 0,383333333$
2	2	$2 / 180 = 0,011111111$

Fonte: (Autora)

Tabela 23: Freqüência da saída de clientes do guichê 3

Número de pessoas que saem do G3	Repetição	Freqüência (%)
0	110	$110 / 180 = 0,611111111$
1	68	$68 / 180 = 0,377777778$
2	2	$2 / 180 = 0,011111111$

Fonte: (Autora)

Empregando a mesma tática do modelo da fila com um guichê e dois guichês, ou seja, utilizando a mesma frequência para entrada e saída do guichê 1, a mesma frequência para entrada e saída do guichê 2 e a mesma frequência para entrada e saída do guichê 3 foi desenvolvido o modelo mostrado na figura 23.

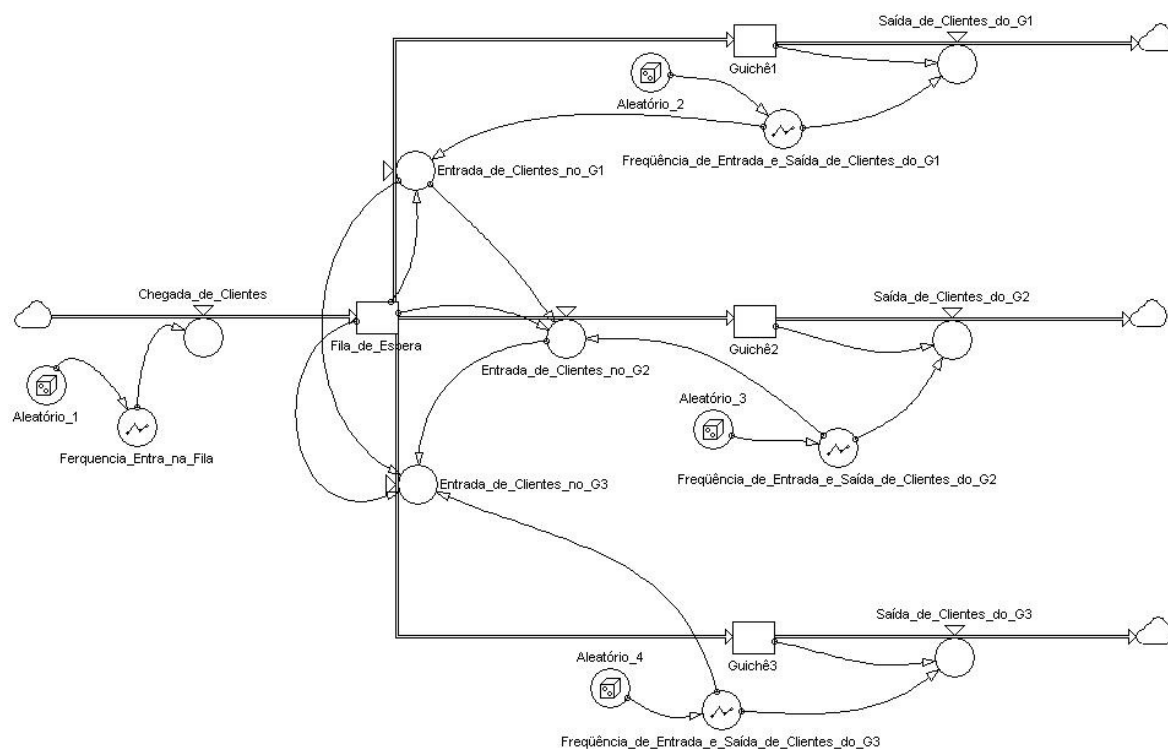


Figura 23: Modelo utilizando o MMC para fila com três guichês

Fonte: (Autora)

Simulando este modelo obtém-se as tabelas 24, 25 e 26 e a figura 24.

Tabela 24: Dados referentes ao G1 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com três guichês

Time	Fila de Espera	Frequência de Entrada e Saída de Clientes do G1	Entrada de Clientes no G1	Guichê1	Saída de Clientes do G1
164	22,00	0,00	0,00	1,00	0,00
165	21,00	1,00	1,00	1,00	1,00
166	23,00	1,00	1,00	1,00	1,00
167	22,00	1,00	1,00	1,00	1,00
168	20,00	1,00	1,00	1,00	1,00
169	24,00	1,00	1,00	1,00	1,00
170	23,00	0,00	0,00	1,00	0,00
171	22,00	1,00	1,00	1,00	1,00
172	20,00	1,00	1,00	1,00	1,00
173	18,00	1,00	1,00	1,00	1,00
174	17,00	1,00	1,00	1,00	1,00
175	18,00	0,00	0,00	1,00	0,00
176	20,00	1,00	1,00	1,00	1,00
177	19,00	1,00	1,00	1,00	1,00
178	21,00	0,00	0,00	1,00	0,00
179	21,00	1,00	1,00	1,00	1,00
180	19,00	1,00	1,00	1,00	1,00
181	18,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: (Autora)

Tabela 25: Dados referentes ao G2 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com três guichês

Time	Fila de Espera	Frequência de Entrada e Saída de Clientes do G2	Entrada de Clientes no G2	Guichê2	Saída de Clientes do G2
164	22,00	0,00	0,00	1,00	0,00
165	21,00	0,00	0,00	1,00	0,00
166	23,00	0,00	0,00	1,00	0,00
167	22,00	1,00	1,00	1,00	1,00
168	20,00	0,00	0,00	1,00	0,00
169	24,00	0,00	0,00	1,00	0,00
170	23,00	1,00	1,00	1,00	1,00
171	22,00	0,00	0,00	1,00	0,00
172	20,00	0,00	0,00	1,00	0,00
173	18,00	0,00	0,00	1,00	0,00
174	17,00	1,00	1,00	1,00	1,00
175	18,00	0,00	0,00	1,00	0,00
176	20,00	0,00	0,00	1,00	0,00
177	19,00	0,00	0,00	1,00	0,00
178	21,00	0,00	0,00	1,00	0,00
179	21,00	0,00	0,00	1,00	0,00
180	19,00	0,00	0,00	1,00	0,00
181	18,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: (Autora)

Tabela 26: Dados referentes ao G2 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com três guichês

Time	Fila de Espera	Frequência de Entrada e Saída de Clientes do G3	Entrada de Clientes no G3	Guichê3	Saída de Clientes do G3
164	22,00	1,00	1,00	2,00	1,00
165	21,00	0,00	0,00	2,00	0,00
166	23,00	0,00	0,00	2,00	0,00
167	22,00	0,00	0,00	2,00	0,00
168	20,00	0,00	0,00	2,00	0,00
169	24,00	0,00	0,00	2,00	0,00
170	23,00	0,00	0,00	2,00	0,00
171	22,00	1,00	1,00	2,00	1,00
172	20,00	1,00	1,00	2,00	1,00
173	18,00	1,00	1,00	2,00	1,00
174	17,00	0,00	0,00	2,00	0,00
175	18,00	0,00	0,00	2,00	0,00
176	20,00	0,00	0,00	2,00	0,00
177	19,00	1,00	1,00	2,00	1,00
178	21,00	0,00	0,00	2,00	0,00
179	21,00	1,00	1,00	2,00	1,00
180	19,00	0,00	0,00	2,00	0,00
181	18,00	0,00	0,00	2,00	0,00

Fonte: (Autora)

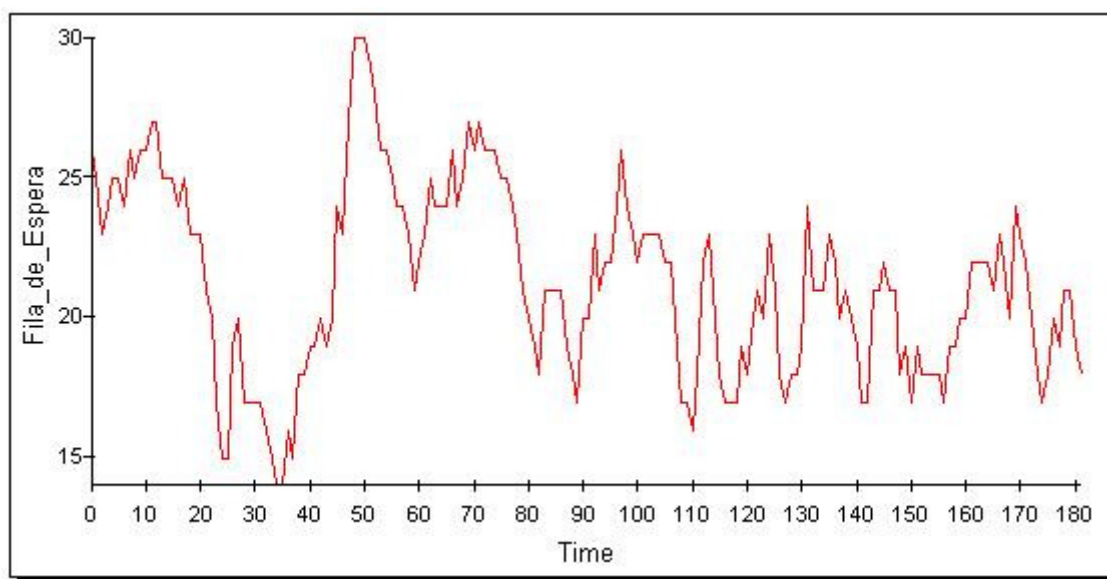


Figura 24: Gráfico do comportamento da fila gerado pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com três guichês

Fonte: (Autora)

As equações referentes a este modelo se encontram no anexo VIII.

4.2.4. Modelo de simulação para fila com quatro guichês

Uma sugestão para diminuir o número de pessoas na fila é acrescentar um guichê, ou seja, a fila funcionar com quatro guichês. A figura 25 mostra a estrutura básica da fila funcionando com quatro guichês.

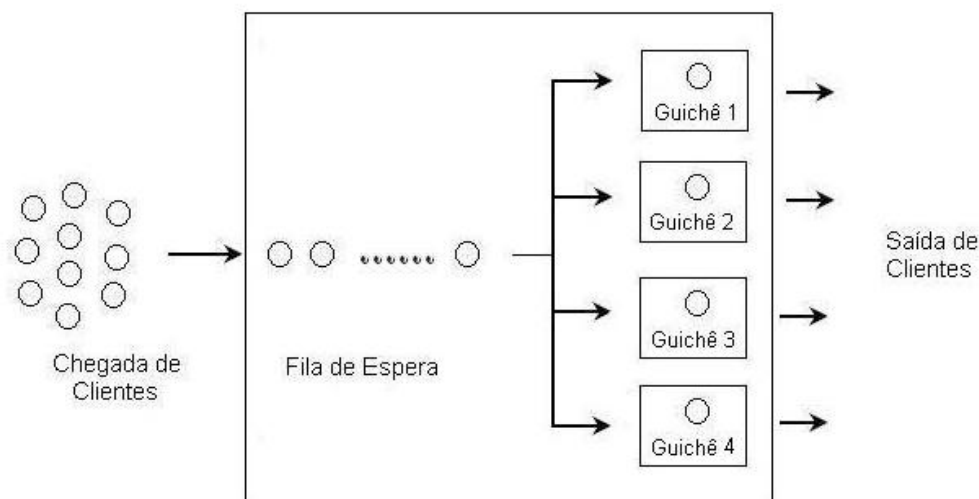


Figura 25: Estrutura da fila com quatro guichês

Fonte: (Autora)

4.2.2.5. Modelo utilizando o Método Monte Carlo

Como a fila estudada só possui três guichês não tem como desenvolver um modelo com os dados reais para a fila funcionando com o quatro guichês.

As frequências relativas do número de pessoas que entram na fila, do número de pessoas que entram e saem do guichê 1, do número de pessoas que entram e saem do guichê 2 e do número de pessoas que entram e saem do guichê 3 serão as mesmas utilizadas no modelo utilizando o MMC para fila com três guichês.

As frequências relativas do número de pessoas que entram e saem do guichê 4, foram calculadas com base nas frequências de entrada e saída dos guichês 1, 2 e 3.

A tabela 27 mostra a frequência calculada para o número de pessoas que entram no guichê 4 e a tabela 28 mostra a frequência calculada para o número de pessoas que saem do guichê 4.

Tabela 27: Freqüência da entrada de clientes no guichê 4

Número de pessoas que entram no G1, G2 e G3	Repetição	Freqüência (%)
0	$105 + 113 + 109 = 327$	$327 / 540 = 0,605555556$
1	$75 + 67 + 69 = 211$	$211 / 540 = 0,390740741$
2	$0 + 0 + 2 = 2$	$2 / 540 = 0,003703704$

Fonte: (Autora)

Tabela 28: Freqüência da saída de clientes do guichê 4

Número de pessoas que saem do G1, G2 e G3	Repetição	Freqüência (%)
0	$106 + 114 + 110 = 330$	$330 / 540 = 0,611111111$
1	$74 + 66 + 68 = 208$	$208 / 540 = 0,385185185$
2	$0 + 0 + 2 = 2$	$2 / 540 = 0,003703704$

Fonte: (Autora)

Como pode-se perceber as freqüências relativas de entrada e saída do guichê 4 também são bem semelhantes. Assim será adotada a tática utilizada nos outros modelos, ou seja, uma freqüência para entrada e saída de pessoas do guichê 4.

De posse dos dados foi desenvolvido o modelo (Figura 26) de sugestão de melhoria da fila, uma fila funcionando com quatro guichês.

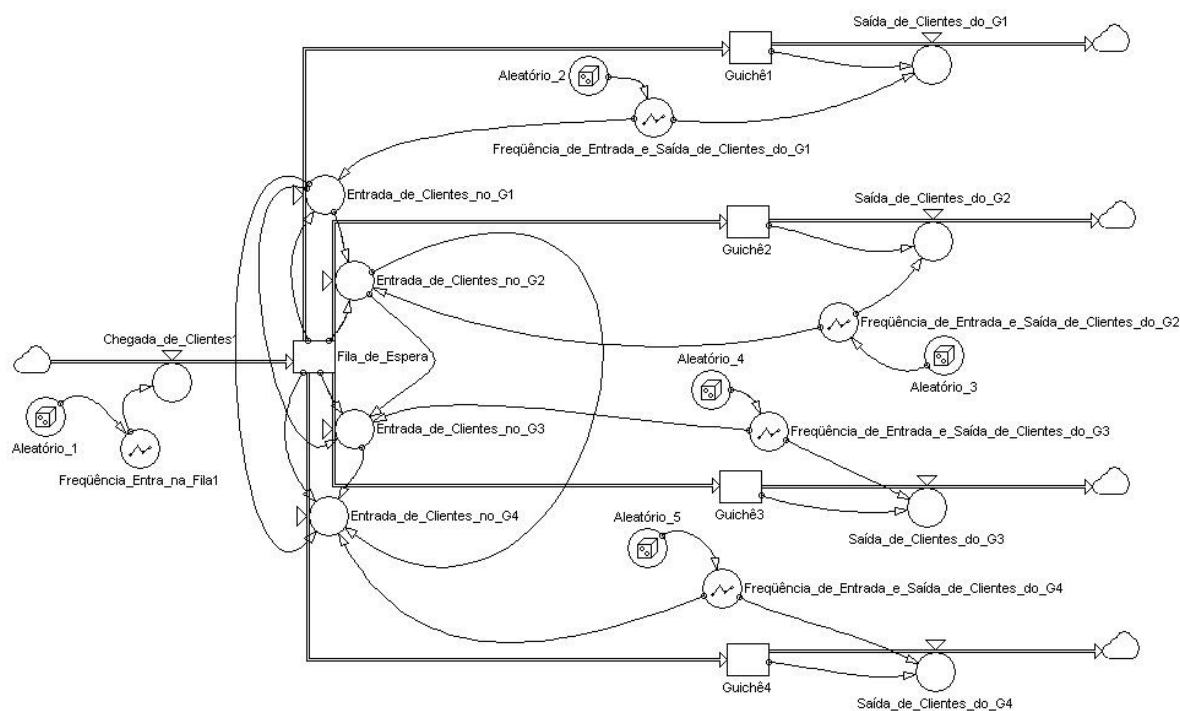


Figura 26: Modelo utilizando o MMC para fila com quatro guichês

Fonte: (Autora)

Simulando este modelo tem-se as tabelas 29, 30, 31 e 32 e a figura 27.

Tabela 29: Dados referentes ao G1 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com quatro guichês

Time	Fila de Espera	Frequência de Entrada e Saída de Clientes do G1	Entrada de Clientes no G1	Guichê1	Saída de Clientes do G1
164	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
165	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
166	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
167	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
168	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
169	4,00	0,00	0,00	1,00	0,00
170	5,00	0,00	0,00	1,00	0,00
171	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00
172	6,00	0,00	0,00	1,00	0,00
173	8,00	0,00	0,00	1,00	0,00
174	7,00	1,00	1,00	1,00	1,00
175	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00
176	9,00	0,00	0,00	1,00	0,00
177	8,00	0,00	0,00	1,00	0,00
178	6,00	0,00	0,00	1,00	0,00
179	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00
180	5,00	0,00	0,00	1,00	0,00
181	4,00	0,00	0,00	1,00	0,00

Fonte: (Autora)

Tabela 30: Dados referentes ao G2 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com quatro guichês

Time	Fila de Espera	Frequência de Entrada e Saída de Clientes do G2	Entrada de Clientes no G2	Guichê2	Saída de Clientes do G2
164	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
165	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
166	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
167	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
168	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
169	4,00	0,00	0,00	1,00	0,00
170	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00
171	6,00	0,00	0,00	1,00	0,00
172	6,00	0,00	0,00	1,00	0,00
173	8,00	1,00	1,00	1,00	1,00
174	7,00	0,00	0,00	1,00	0,00
175	6,00	0,00	0,00	1,00	0,00
176	9,00	0,00	0,00	1,00	0,00
177	8,00	0,00	0,00	1,00	0,00
178	6,00	0,00	0,00	1,00	0,00
179	5,00	0,00	0,00	1,00	0,00
180	5,00	0,00	0,00	1,00	0,00
181	4,00	0,00	0,00	1,00	0,00

Fonte: (Autora)

Tabela 31: Dados referentes ao G3 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com quatro guichês

Time	Fila de Espera	Frequência de Entrada e Saída de Clientes do G3	Entrada de Clientes no G3	Guichê3	Saída de Clientes do G3
164	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
165	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
166	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
167	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
168	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
169	4,00	1,00	1,00	0,00	0,00
170	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00
171	6,00	0,00	0,00	1,00	0,00
172	6,00	0,00	0,00	1,00	0,00
173	8,00	0,00	0,00	1,00	0,00
174	7,00	0,00	0,00	1,00	0,00
175	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00
176	9,00	0,00	0,00	1,00	0,00
177	8,00	1,00	1,00	1,00	1,00
178	6,00	0,00	0,00	1,00	0,00
179	5,00	0,00	0,00	1,00	0,00
180	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00
181	4,00	0,00	0,00	1,00	0,00

Fonte: (Autora)

Tabela 32: Dados referentes ao G4 gerados pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com quatro guichês

Time	Fila de Espera	Frequência de Entrada e Saída de Clientes do G4	Entrada de Clientes no G4	Guichê4	Saída de Clientes do G4
164	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
165	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
166	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
167	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
168	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
169	4,00	0,00	0,00	1,00	0,00
170	5,00	0,00	0,00	1,00	0,00
171	6,00	0,00	0,00	1,00	0,00
172	6,00	0,00	0,00	1,00	0,00
173	8,00	0,00	0,00	1,00	0,00
174	7,00	0,00	0,00	1,00	0,00
175	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00
176	9,00	1,00	1,00	1,00	1,00
177	8,00	1,00	1,00	1,00	1,00
178	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00
179	5,00	0,00	0,00	1,00	0,00
180	5,00	0,00	0,00	1,00	0,00
181	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: (Autora)

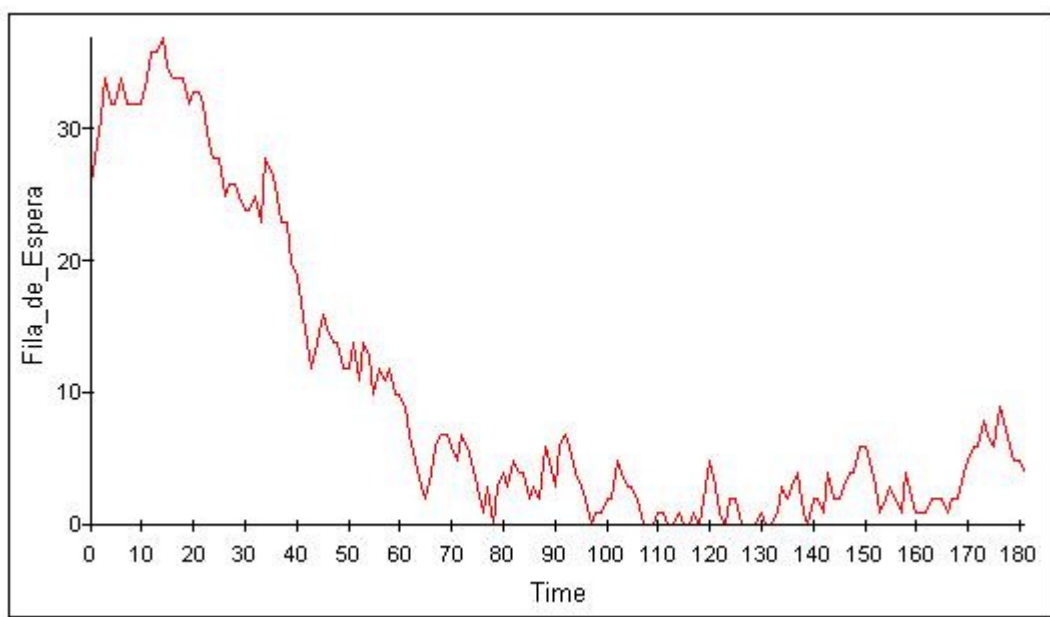


Figura 27: Gráfico do comportamento da fila gerado pela simulação do modelo utilizando o MMC para a fila com quatro guichês

Fonte: (Autora)

As equações referentes a este modelo se encontram no anexo IX.

4.3. Experimentações na fila

Utilizando os modelos apresentados nas figuras 14, 19, 23 e 26 é possível analisar o comportamento da fila para cada situação, ou seja, analisar o comportamento da fila funcionando com um guichê, dois guichês, três guichês e quatro guichês.

Para isso foi adotado a mesma frequência de chegada de clientes na fila para todos os modelos. Além disso, foi utilizado uma mesma frequência de entrada e saída de clientes para todos os guichês 1, uma mesma frequência de entrada e saída de clientes para todos os guichês 2 e uma mesma frequência de entrada e saída de clientes para todos os guichês 3. O guichê 4 só é utilizado no modelo mostrado na figura 26 .

Através da simulação é obtido o gráfico (figura 28) que mostra o comportamento da fila funcionando com um guichê, dois guichês, três guichês e quatro guichês.

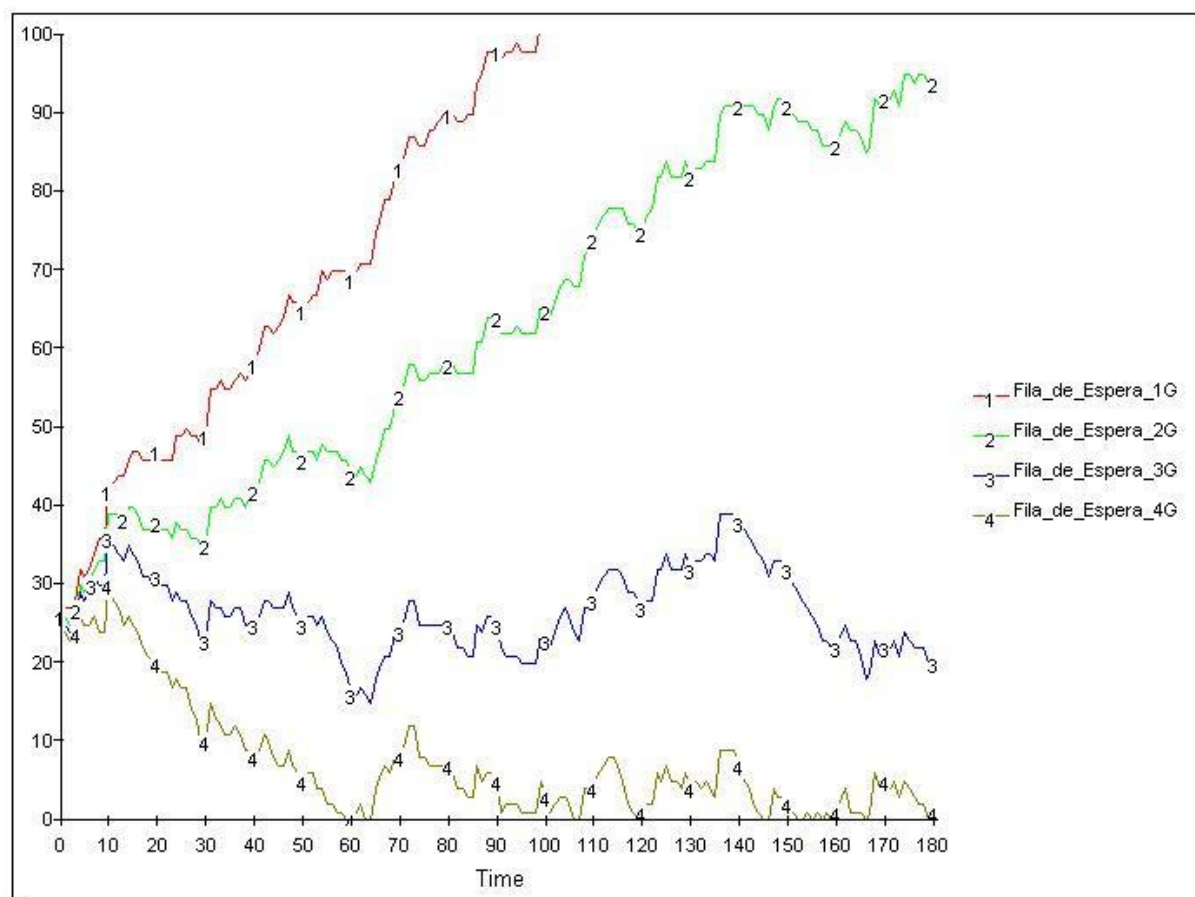


Figura 28: Gráfico do comportamento da fila funcionando com um, dois, três e quatro guichês

Fonte: (Autora)

4.4. Análises e Sugestões

É possível perceber através do gráfico (figura 28) que a fila estudada funcionar com um guichê ou dois guichês é totalmente inviável uma vez que a fila crescerá descontroladamente. Nota-se também que a fila funcionar com quatro guichês o número de pessoas na fila de espera sofre uma queda no período entre 0 e 60 minutos e depois, no período de 60 a 180 minutos, o número de pessoas fica entre 0 e 10. Assim, a fila funcionar com os quatro guichês durante as três horas é inviável visto que em vários momentos a fila ficará vazia e os guichês ficarão ociosos, o que acarretará em custo para empresa. Desse modo, a fila funcionando com 3 guichês está bem dimensionada.

No entanto, analisando o gráfico (figura 22) e as tabelas (15 a 17) geradas pela simulação do modelo apresentado na figura 21 nota-se que a fila estudada possui um máximo de 34 pessoas e um mínimo de 19 pessoas, o que é um número relativamente grande.

Para contornar esta situação propõem-se a inclusão de mais um atendente no período entre 0 e 60 minutos. Este atendente seria uma pessoa da própria agência que realizaria tal função apenas durante este período, podendo retomar à sua atividade principal no restante do expediente. De maneira mais ampla seria a inclusão de mais um atendente nos períodos críticos, em que a fila estivesse muito grande, e quando contornada a situação o atendente voltaria para sua atividade principal.

É importante salientar que a análise de uma fila nunca será algo exato, uma vez que esta depende muito da aleatoriedade, como a chegada de clientes na fila e a entrada e saída de clientes do servidor (guichê). Assim, soluções para as filas nunca existirão por completo. Existe a possibilidade de amenizá-las ou torna-las mais agradáveis.

Capítulo V – CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi a elaboração de modelos baseados na metodologia de Dinâmica de Sistemas capazes de simular uma fila em uma Agência de Atendimento. Estes modelos são referentes à fila do serviço de Orientação e Informação de uma Agência da Previdência Social. No entanto, estes modelos podem ser utilizados para filas que apresentam as mesmas características da fila estudada bastando apenas mudar os dados de entrada.

A simulação destes modelos possibilita às pessoas uma compreensão mais ampla do problema ou sistema em estudo e permite testar as consequências de mudanças sem a necessidade de implementá-las no sistema real. O gráfico da figura 28 mostra o comportamento da fila funcionando com um guichê, dois guichês, três guichês e quatro guichês.

Analisando este gráfico nota-se que a fila funcionar com um guichê ou dois guichês é totalmente inviável uma vez que a fila crescerá descontroladamente. Se a fila funcionar com quatro guichês o número de pessoas na fila de espera sofre uma queda no período entre 0 e 60 minutos e depois, no período de 60 a 180 minutos, o número de pessoas fica entre 0 e 10. Assim, a fila funcionar com os quatro guichês durante as três horas é inviável visto que em vários momentos a fila ficará vazia e os guichês ficarão ociosos, o que acarretará em custo para empresa. Desse modo, a fila funcionando com 3 guichês está bem dimensionada, mas esta irá apresentar um pico de 34 pessoas, que é um número relativamente grande. Como sugestão para esta situação propõe-se a inclusão de mais um atendente nos períodos em que a fila estiver muito grande. Este atendente seria uma pessoa da própria agência que realizaria tal função apenas durante este período, podendo retomar à sua atividade principal no restante do expediente.

Cabe ressaltar que o estudo de uma fila depende muito da aleatoriedade, como a chegada de clientes na fila e a entrada e saída de clientes dos servidores (guichês). Assim, soluções para as filas nunca existirão por completo. Existe a possibilidade de amenizá-las ou torna-las mais agradáveis.

A fila estudada neste trabalho não possuía fila especial (idosos, deficientes, gestantes, etc), assim como proposta para futuros trabalhos, propõem-se, a inclusão desta fila especial na elaboração de modelos para simulação de filas. Desse modo o modelo ficaria mais flexível para ser usado na simulação de filas que possuem fila especial e para as que não possuem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, A., LEHFELD, N., 1999, *Projeto de Pesquisa: Propostas Metodológicas*. Petrópolis, Vozes.

BUFFA, E.S., 1972, *Administração da Produção*. 1 ed. Rio de Janeiro, Livros Técnico Científico.

CARDOZO, C.M.F., 2000, *Operação de Sistemas Hidroelétricos em Ambiente Competitivo: Uma abordagem da gestão empresarial via Simulação Estocástica e Dinâmica de Sistemas*. Tese de D.Sc., CPGEE/UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

CORREIA, W., “Seguridade e Previdência Social na Constituição de 1988”, Jus Navigandi, <<<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=1431>>>, (consulta: outubro de 2007).

EHRLICH, P.J., 1985, *Pesquisa Operacional: curso introdutório*. 5 ed. São Paulo, Atlas.

FACHIN, O., 2001, *Fundamentos de metodologia*. 3 ed. São Paulo, Saraiva.

FILHO, J.B., 2001, *Simulação Dinâmica de Modelos Operacionais com Enfoque Aplicado à Engenharia de Projetos*. Tese de M. Sc., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

FORRESTER, J.W., 1961, *Industrial Dynamics*. 1 ed. Cambridge, Productivity Press.

GAVIRA, M.O., 2003, *Simulação Computacional como uma Ferramenta de Aquisição de Conhecimento*. Tese de M. Sc., Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil.

MARTINEZ, W. N., 1992, *A seguridade social na Constituição Federal*. 2. ed. São Paulo, LTr.

MIRSHAWHA, V., 1977, *Elementos da Pesquisa Operacional*. 1ed, São Paulo, Nobel.

PRADO, D., 2004, *Teoria das Filas e da Simulação*. 2 ed. Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial. (Série Pesquisa Operacional, Vol. 2).

PREVIDÊNCIA SOCIAL. Disponível em <<<http://www.previdenciasocial.gov.br>>>, (consulta:10 de outubro de 2007).

SCRAMIM, E.L.C., BATALHA, M.O., 2004, “Método para Análise de Benefícios em Cadeias de Suprimentos: Um Estudo de Caso”, *Gestão e Produção*, v.11, n.3 (Dez), pp. 331-342.

SILVA, C.G.B., MAGALHÃES, M. B., 2005, *Simulação do Atendimento dos Caixas em Agências Bancárias*. Monografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

da SILVA, E.L., MENEZES, E.M., 2005, [Metodologia da Pesquisa e elaboração de Dissertação](#). 4a Ed. UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

VIANA, H., 2003, *Método para Dimensionamento da Quantidade Ótima de Sondas de Produção em um Campo de Petróleo Estudo de Caso*. Tese de M. Sc., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

VILLELA, P.R.C., 2005, *Introdução a Dinâmica de Sistemas*. Apostila., UFJF, Juiz de Fora, MG, Brasil.

Anexo I – TABELA COM OS DADOS COLETADOS

Tempo	Número de pessoas que entram na fila	Número de pessoas que entram no G1	Número de pessoas que saem do G1	Número de pessoas que entram no G2	Número de pessoas que saem do G2	Número de pessoas que entram no G3	Número de pessoas que saem do G3
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0
2	2	0	0	0	0	0	0
3	5	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	1	1
5	1	0	0	0	0	1	1
6	1	1	1	0	0	1	1
7	1	1	1	1	1	0	0
8	2	0	0	0	0	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0
10	1	0	0	1	1	1	1
11	2	0	0	0	0	1	1
12	1	1	1	0	0	0	0
13	1	0	0	1	1	1	1
14	0	0	0	0	0	0	0
15	2	0	0	0	0	0	0
16	0	1	1	0	0	0	0
17	1	1	1	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
19	0	1	1	1	1	1	1
20	1	0	0	1	1	0	0
21	3	0	0	0	0	0	0
22	0	1	1	0	0	0	0
23	1	0	0	1	1	0	0
24	6	1	1	0	0	0	0
25	2	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	0	0	0	0
27	1	1	1	1	1	1	1
28	2	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1	1
30	2	1	1	0	0	0	0
31	2	1	1	0	0	0	0
32	5	0	0	1	1	1	1
33	0	1	1	0	0	0	0
34	0	1	1	0	0	0	1
35	0	0	0	0	0	1	0
36	1	0	1	1	1	0	0
37	0	1	0	0	0	0	0
38	0	1	1	1	1	1	1
39	0	0	0	1	1	0	0
40	4	0	0	0	0	1	1
41	2	0	0	1	1	0	0
42	1	0	0	0	0	0	0

43	6	0	0	0	0	2	2
44	0	1	1	1	1	0	1
45	1	0	0	0	0	1	0
46	3	1	1	0	0	1	1
47	0	0	0	0	0	0	0
48	4	1	1	1	1	1	1
49	1	0	0	0	0	0	0
50	0	1	1	1	1	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0
52	0	1	1	0	0	1	1
53	0	0	0	0	0	0	1
54	2	0	0	0	0	1	0
55	2	1	1	1	1	0	0
56	0	0	0	0	0	1	1
57	2	1	1	1	1	0	0
58	0	0	0	1	1	0	0
59	1	1	1	1	1	0	0
60	0	1	1	1	1	0	0
61	2	0	0	0	0	1	1
62	0	0	0	0	0	0	0
63	0	1	1	1	1	1	1
64	1	0	0	0	0	0	0
65	1	1	1	0	0	0	0
66	2	0	0	1	1	0	0
67	2	0	0	0	0	1	1
68	0	1	1	1	1	1	1
69	1	0	0	0	0	0	0
70	1	1	1	0	0	0	0
71	0	0	0	1	1	1	1
72	0	0	0	0	0	0	0
73	4	1	1	1	1	1	1
74	2	0	0	0	0	0	0
75	0	1	1	0	0	0	0
76	2	0	0	0	0	0	0
77	2	0	0	1	1	1	1
78	2	1	1	0	0	0	0
79	0	0	0	0	0	1	1
80	1	0	0	1	1	0	0
81	1	1	1	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0	1	1
83	2	1	1	1	1	0	0
84	5	0	0	0	0	1	1
85	0	1	1	1	1	0	0
86	1	0	0	0	0	0	0
87	3	0	0	1	1	1	1
88	0	1	1	0	0	1	1
89	2	0	0	0	0	0	0
90	2	1	1	1	1	0	0
91	2	0	0	0	0	2	2
92	1	0	0	0	0	0	0
93	0	1	1	1	1	1	1
94	0	1	1	0	0	0	0

95	4	0	0	0	0	0	0
96	1	0	0	0	0	1	1
97	0	1	1	1	1	0	0
98	2	0	0	0	0	0	0
99	0	1	1	0	0	1	1
100	2	0	0	1	1	0	0
101	0	1	1	0	0	0	0
102	2	0	0	1	1	1	1
103	0	0	0	1	1	0	0
104	1	0	0	0	0	0	0
105	2	1	1	1	1	1	1
106	1	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	1	1	0	0
109	1	0	0	0	0	1	1
110	2	1	1	1	1	0	0
111	2	0	0	0	0	1	1
112	0	0	0	0	0	0	0
113	6	0	0	1	1	0	0
114	0	1	1	0	0	0	0
115	1	0	0	1	1	1	1
116	0	0	0	0	0	1	1
117	2	1	1	0	0	0	0
118	0	0	0	0	0	0	0
119	1	1	1	1	1	1	1
120	0	0	0	0	0	0	0
121	1	0	0	0	0	0	0
122	0	1	1	1	1	1	1
123	1	0	0	0	0	0	0
124	1	1	1	0	0	0	0
125	1	0	0	1	1	0	0
126	0	0	0	0	0	1	1
127	2	1	1	1	1	0	0
128	1	0	0	0	0	0	0
129	0	1	1	0	0	1	1
130	0	1	1	1	1	0	0
131	3	0	0	0	0	0	0
132	0	0	0	0	0	1	1
133	2	1	1	0	0	0	0
134	1	0	0	1	1	0	0
135	1	1	1	0	0	1	1
136	0	0	0	1	1	0	0
137	4	0	0	0	0	0	0
138	0	1	1	1	1	1	1
139	2	0	0	0	0	0	0
140	2	0	0	0	0	1	1
141	0	0	0	1	1	0	0
142	2	1	1	0	0	1	1
143	3	0	0	0	0	0	0
144	0	0	0	1	1	0	0
145	1	1	1	0	0	0	0
146	1	0	0	0	0	1	1

147	0	1	1	1	1	0	0
148	1	0	0	1	1	1	1
149	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	1	0	0	1	1
151	0	0	0	1	1	0	0
152	2	0	0	0	0	1	1
153	2	0	0	1	1	1	1
154	1	0	0	0	0	0	0
155	0	1	1	0	0	1	1
156	0	0	0	1	1	0	0
157	3	0	0	0	0	1	1
158	1	1	1	1	1	0	0
159	0	0	0	0	0	1	1
160	0	0	0	0	0	1	1
161	0	1	1	1	1	0	0
162	2	0	0	0	0	1	1
163	1	1	1	0	0	0	0
164	0	0	0	0	0	0	0
165	0	0	0	0	0	1	1
166	3	1	1	0	0	0	0
167	2	0	0	1	1	0	0
168	2	1	1	0	0	1	1
169	0	1	1	0	0	0	0
170	0	0	0	0	0	1	1
171	1	0	0	1	1	0	0
172	1	1	1	0	0	1	1
173	0	0	0	0	0	0	0
174	1	1	1	1	1	0	0
175	2	0	0	0	0	1	1
176	0	0	0	1	1	0	0
177	0	1	1	0	0	0	0
178	1	0	0	1	1	0	0
179	1	0	0	0	0	0	0
180	1	1	1	0	0	1	1
Total	208	75	74	67	66	73	72
Número Inicial de Pessoas na Fila: 26							

Anexo II – EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM REFERENTES AO MODELO COM OS DADOS REAIS PARA A FILA COM UM GUICHÊ

- ☐ Fila_de_Espera
 - INIT** 26
 - ~~+~~dt*Chegada_de_Clientes
 - dt*Entrada_de_Clientes_no_G1
- ☐ Guichê1
 - INIT** 0
 - ~~+~~dt*Saída_de_Clientes_do_G1
 - +dt*Entrada_de_Clientes_no_G1
- ☒ Chegada_de_Clientes
 - = Gráfico_Chegada_de_Clientes
- ☒ Entrada_de_Clientes_no_G1
 - = Gráfico_Entrada_de_Clientes_no_G1
- ☒ Saída_de_Clientes_do_G1
 - = Gráfico_Saída_de_Clientes_do_G1
- ☐ Gráfico_Chegada_de_Clientes
 - = GRAPH(TIME,0,1,[0,0,2,5,1,1,1,1,2,0,1,2,1,1,0,2,0,1,0,0,1"Min:0;Max:5"])
- ☐ Gráfico_Entrada_de_Clientes_no_G1
 - = GRAPH(TIME,0,1,[0,1,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,0,1,0"Min:0;Max:1"])
- ☐ Gráfico_Saída_de_Clientes_do_G1
 - = GRAPH(TIME,0,1,[0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,0,1,0"Min:0;Max:1"])

Anexo III – EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM REFERENTES AO MODELO UTILIZANDO O MMC PARA A FILA COM UM GUICHÊ

- ☐ Fila_de_Espera
 - INIT 26
 - ~~+~~ -dt*Entrada_de_Clientes_no_G1
 - +dt*Chegada_de_Clientes
- ☐ Guichê1
 - INIT 0
 - ~~+~~ -dt*Saída_de_Clientes_do_G1
 - +dt*Entrada_de_Clientes_no_G1
- ☒ Chegada_de_Clientes
 - = Frequencia_de_Entrada_na_Fila
- ☒ Entrada_de_Clientes_no_G1
 - = IF(Frequência_da_Saída_de_Clientes_do_G1>Frequência_de_Entrada_de_Clientes_no_G1,(IF(Fila_de_Espera>Frequência_de_Entrada_de_Clientes_no_G1,Frequência_de_Entrada_de_Clientes_no_G1,Fila_de_Espera)),(IF(Fila_de_Espera>Frequência_da_Saída_de_Clientes_do_G1,Frequência_da_Saída_de_Clientes_do_G1,Fila_de_Espera)))
- ☒ Saída_de_Clientes_do_G1
 - = IF(Guichê1>=Frequência_da_Saída_de_Clientes_do_G1,Frequência_da_Saída_de_Clientes_do_G1,Guichê1)
- ☐ Aleatório_1
 - = RANDOM(0,1)
- ☐ Aleatório_2
 - = RANDOM(0,1)
- ☐ Aleatório_5
 - = RANDOM(0,1)
- ☐ Frequencia_de_Entrada_na_Fila
 - = GRAPHSTEP(Aleatório_1,0,0.05,[0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,1,2,2,2,2,5"Min:0;Max:5"])
- ☐ Frequência_da_Saída_de_Clientes_do_G1
 - = GRAPHSTEP(Aleatório_5,0,1/20,[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1"Min:0;Max:1"])
- ☐ Frequência_de_Entrada_de_Clientes_no_G1
 - = GRAPHSTEP(Aleatório_2,0,1/20,[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1"Min:0;Max:1"])

Anexo IV – EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM REFERENTES AO NOVO MODELO

- ☐ Fila_de_Espera
 - INIT 26
 - ~~IN~~ -dt*Entrada_de_Clientes_no_G1
+dt*Chegada_de_Clientes
- ☐ Guichê1
 - INIT 0
 - ~~IN~~ -dt*Saída_de_Clientes_do_G1
+dt*Entrada_de_Clientes_no_G1
- ☒ Chegada_de_Clientes
 - = Frequência_de_Entrada_na_Fila
- ☒ Entrada_de_Clientes_no_G1
 - = IF(Fila_de_Espera>
Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1,Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1,Fila_de_Espera)
- ☒ Saída_de_Clientes_do_G1
 - = IF(Guichê1>=
Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1,Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1,Guichê1)
- ☐ Aleatório_1
 - = RANDOM(0,1)
- ☐ Aleatório_2
 - = RANDOM(0,1)
- ☐ Frequencia_de_Entrada_na_Fila
 - = GRAPHSTEP(Aleatório_1,0,0.05,[0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,2,2,2,2,5"Min:0;Max:5"])
- ☐ Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1
 - = GRAPHSTEP(Aleatório_2,0,1/20,[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1"Min:0;Max:1"])

**Anexo V - EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM
REFERENTES AO MODELO COM OS DADOS REAIS PARA A FILA COM DOIS
GUICHÊS**

- ☐ Fila_de_Espera
 - INIT** 26
 - ~~dt~~ -dt*Entrada_de_Clientes_no_G2
 - ~~dt~~ -dt*Entrada_de_Clientes_no_G1
 - +dt*Chegada_de_Clientes
- ☐ Guichê1
 - INIT** 0
 - ~~dt~~ -dt*Saída_de_Clientes_do_G1
 - +dt*Entrada_de_Clientes_no_G1
- ☐ Guichê2
 - INIT** 0
 - ~~dt~~ -dt*Saída_de_Clientes_do_G2
 - +dt*Entrada_de_Clientes_no_G2
- ☒ Chegada_de_Clientes
 - = Gráfico_Chegada_de_Clientes
- ☒ Entrada_de_Clientes_no_G1
 - = Gráfico_Entrada_de_Clientes_no_G1
- ☒ Entrada_de_Clientes_no_G2
 - = Gráfico_Entrada_de_Clientes_no_G2
- ☒ Saída_de_Clientes_do_G1
 - = Gráfico_Saída_de_Clientes_do_G1
- ☒ Saída_de_Clientes_do_G2
 - = Gráfico_Saída_de_Clientes_do_G2
- ☐ Gráfico_Chegada_de_Clientes
 - = GRAPH(TIME,0,1,[0,0,2,5,1,1,1,1,2,0,1,2,1,1,0,2,0,1,0,0,1"Min:0;Max:5"])
- ☐ Gráfico_Entrada_de_Clientes_no_G1
 - = GRAPH(TIME,0,1,[0,1,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,0,1,0"Min:0;Max:1"])
- ☐ Gráfico_Entrada_de_Clientes_no_G2
 - = GRAPH(TIME,0,1,[0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1"Min:0;Max:1"])
- ☐ Gráfico_Saída_de_Clientes_do_G1
 - = GRAPH(TIME,0,1,[0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,0,1,0"Min:0;Max:1"])
- ☐ Gráfico_Saída_de_Clientes_do_G2
 - = GRAPH(TIME,0,1,[0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1"Min:0;Max:1"])

Anexo VI – EQUAÇÕES GERADAS PELO SOFTWARE PORVERSIM REFERENTES AO MODELO UTILIZANDO O MMC PARA A FILA COM DOIS GUICHÊS

- ☐ Fila_de_Espera
INIT: 26
~~dt~~ -dt*Entrada_de_Clientes_no_G2
-dt*Entrada_de_Clientes_no_G1
+dt*Chegada_de_Clientes
- ☐ Guichê1
INIT: 0
~~dt~~ -dt*Saida_de_Clientes_do_G1
+dt*Entrada_de_Clientes_no_G1
- ☐ Guichê2
INIT: 0
~~dt~~ -dt*Saida_de_Clientes_do_G2
+dt*Entrada_de_Clientes_no_G2
- ☒ Chegada_de_Clientes
= Frequência_Entra_na_Fila
- ☒ Entrada_de_Clientes_no_G1
= IF(Fila_de_Espera>
Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1,Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1,Fila_de_Espera)
- ☒ Entrada_de_Clientes_no_G2
= IF(Fila_de_Espera-Entrada_de_Clientes_no_G1>
Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G2,Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G2,Fila_de_Espera-Entrada_de_Clientes_no_G1)
- ☒ Saída_de_Clientes_do_G1
= IF(Guichê1>=
Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1,Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1,Guichê1)
- ☒ Saída_de_Clientes_do_G2
= IF(Guichê2>=
Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G2,Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G2,Guichê2)
- ☐ Aleatório_1
= RANDOM(0,1)
- ☐ Aleatório_2
= RANDOM(0,1)
- ☐ Aleatório_3
= RANDOM(0,1)
- ☐ Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G1
= GRAPHSTEP(Aleatório_2,0,0.05,[0,0,0,0,0,0,1,1,1"Min:0;Max:1"])
- ☐ Frequência_de_Entrada_e_Saída_de_Clientes_do_G2
= GRAPHSTEP(Aleatório_3,0,0.05,[0,0,0,0,1,1,1,1,1"Min:0;Max:1"])
- ☐ Frequência_Entra_na_Fila
= GRAPHSTEP(Aleatório_1,0,0.05,[0,0,1,1,1,1,1,2,2"Min:0;Max:5"])

- [illegible]