UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BERNARDO DIAS GRANATO

SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE SERVIÇO EM UM RESTAURANTE

Orientador: D. Sc. Fernando Marques de Almeida Nogueira
Co-Orientador: D. Sc. Roberto Malheiros Moreira Filho

JUIZ DE FORA
2014
BERNARDO DIAS GRANATO

SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE SERVIÇO EM UM RESTAURANTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: D. Sc. Fernando Marques de Almeida Nogueira

JUIZ DE FORA

2014

BERNARDO DIAS GRANATO

SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE SERVIÇO EM UM RESTAURANTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovado em 22 de julho de 2014.

BANCA EXAMINADORA

D.Sc. Fernando Marques de Almeida Nogueira
Universidade Federal de Juiz de Fora

D.Sc. Roberto Malheiros Moreira Filho
Universidade Federal de Juiz de Fora

D.Sc. Marcos Martins Borges

Universidade Federal de Juiz de Fora

SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE SERVIÇO EM UM RESTAURANTE

Bernardo Dias Granato

RESUMO

O presente trabalho utiliza técnicas de simulação de eventos discretos em um restaurante. Inicialmente foi observada a situação real de funcionamento e os principais problemas inerentes no processo. Tal cenário foi então modelado e indicadores tais como, tempo de permanência do cliente no sistema, quantidade de clientes que entram no sistema, tempo de aguardo em fila, ocupação média dos recursos, foram quantificados. A partir dos resultados obtidos, novos cenários foram criados, com variações de parâmetros e processos com o intuito de quantifica-los para fins de comparações com o cenário atual. Os resultados obtidos mostraram que pequenas alterações nos tempos de serviços de alguns processos, assim como a variação de seus respectivos recursos impactam de maneira considerável no processo do restaurante como um todo.

Palavras-chave: Restaurante, Simulação Computacional, Arena.

Juiz de Fora

2014

SIMULATION SYSTEM SERVICE IN A RESTAURANT

Bernardo Dias Granato

ABSTRACT

The present work uses the techniques of discrete event simulation in a restaurant. Initially the actual operating situation and the main problems inherent in the process were observed. Such a scenario was then modeled and indicators such as time spent on the client system, number of customers entering the system, waiting time in queue, average occupancy of resources, were quantified. The results obtained from the new scenarios were created with parameter variations and processes in order to quantify them for purposes of comparison with the current scenario. The results showed that small changes in the times of some process services, as well as the variation in their resource impact considerably on the restaurant as a whole process.

KEYWORDS: RESTAURANT, COMPUTER SIMULATION, ARENA.

Juiz de Fora

2014

EQUAÇÕES

Equação 1 – Função distribuição exponencial.....17
Equação 2 – Modelo de fila generalizado de Poisson.....18
Equação 3 – Fórmula para determinar P_N.....18

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – *Lay Out* do Restaurante.....12
Figura 2 – Estrutura de modelo de filas.....16
Figura 3 – Mudanças de estado em modelos discretos.....20
Figura 4 – Processo do cliente tipo 1.....22
Figura 5 – Processo do cliente tipo 2.....23
Figura 6 – Processo do cliente tipo 3.....24
Figura 7 – Cliente tipo 1 25
Figura 8 – Cliente tipo 2.....25
Figura 9 – Cliente tipo 3 26
Figura 10 – Início do processo 1.....26
Figura 11 – Sequencia lógica que um cliente tipo 1 segue no sistema.....27
Figura 12 – Sequencia lógica que um cliente tipo 2 segue no sistema.....28
Figura 13 – Sequencia lógica que um cliente tipo 3 segue no sistema.....29
Figura 14 – Modelo teórico completo construído no Arena.....31
Figura 15 – Histograma dos dados do cliente tipo 1.....33
Figura 16 – Histograma dos dados do cliente tipo 2.....33
Figura 17 – Histograma dos dados do cliente tipo 2.....34
Figura 18 – Histograma dos dados de atendimento do caixa.....35
Figura 19 – Histograma dos dados de atendimento do garçom.....36
Figura 20 – Histograma dos dados dos clientes “comendo”.....37
Figura 21 – Histograma dos dados do processamento da cozinha.....37
Figura 22 – Histograma dos clientes segundo dados coletados “.....40
Figura 23 – Histograma dos clientes segundo dados coletados “.....41
Figura 24 – Gráfico de melhorias nos cenários.....42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma de Desenvolvimento do Trabalho.....14
Tabela 2 – Dados coletados chegadas do cliente tipo 1.....53
Tabela 3 – Dados coletados chegadas do cliente tipo 2.....54
Tabela 4 – Dados coletados chegadas do cliente tipo 3.....55
Tabela 5 – Tempos de atendimento do caixa em minutos..... 56
Tabela 6 – Tempos de atendimento do garçom em segundos..... 56
Tabela 7 – Tempos do cliente "comendo".....57
Tabela 8 – Tempos de processamento da cozinha.....57
Tabela 9 – Tempo de permanência médio do cliente no sistema.....39
Tabela 10 – Tempo de permanência médio do cliente no sistema gerado pelo ARENA.....40
Tabela 11 – Tempo de permanência médio do cliente no sistema.....42
Tabela 12 – Quantidade de clientes no sistema por dia.....43
Tabela 13 – Tempo de aguardo médio no sistema (fila).....43
Tabela 14 – Ocupação média dos recursos.....44
Tabela 15 – Total de processos realizados por recurso.....44
Tabela 16 - Variando os parâmetros.....46
Tabela 17 – Tempos de processamento de 2 caixas 48
Tabela 18 – Tempos de processamento do novo processo melhorado.....49
Tabela 19 – Tempos de processamento do novo processo melhorado.....50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....11
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....11
1.2 JUSTIFICATIVA.....12
1.3 ESCOPO DO TRABALHO.....12
1.4 FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES.....13
1.5 ELABORAÇÃO DE OBJETIVOS.....13
1.6 ESCOPO DO TRABALHO.....13

2. REVISÃO DE LITERATURA.....15
2.1 TEORIAS DAS FILAS.....15
2.2 ELEMENTOS DE UM MODELO DE FILAS.....15
2.3 TERMINOLOGIA E NOTAÇÃO DO SISTEMA DE FILAS.....17
2.4 O PAPEL DA DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL.....17
2.5 MODELO GENERALIZADO DE FILA DE POISSON.....18
2.6 MODELAGEM POR SIMULAÇÃO.....18
2.6.1 INTRODUÇÃO.....18
2.6.2 ELEMENTOS DA SIMULAÇÃO.....19
2.7 SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS.....20
2.8 ARENA.....21

3. DESENVOLVIMENTO.....22
3.1 O PROCESSO.....22
3.1.1 PEDIDO FEITO NA MESA.....22
3.1.2 PEDIDO FEITO ATRAVÉS DO TELEFONE PARA ENTREGA.....23
3.1.3 PEDIDO FEITO DIRETO NA COZINHA PARA LEVAR PRA CASA.....24
3.2. MODELAGEM E SIMULAÇÃO.....25
3.2.1 CONSTRUÇÃO DO MODELO.....25
3.2.2 PROCESSO 1 – “PEDIDO FEITO NA MESA” - MODELADO NO ARENA.....26
3.2.3 PROCESSO 2 – “PEDIDO FEITO DIRETO NA COZINHA PARA LEVAR PRA CASA” - MODELADO NO ARENA 28
3.2.4 PROCESSO 3 – “PEDIDO FEITO ATRAVÉS DO TELEFONE PARA ENTREGA” – MODELADO NO ARENA.....29

3.2.5 DISPOSE 2.....30
3.2.6 PROCESSO COMPLETO.....30
3.3 COLETA DE DADOS E DETERMINAÇÃO DAS DISTRIBUIÇÕES ESTATÍSTICAS.....32
3.3.1 TEMPO DE CHEGADA ENTRE CLIENTE TIPO 1.....33
3.3.2 TEMPO DE CHEGADA ENTRE CLIENTE TIPO 2.....33
3.3.3 TEMPO DE CHEGADA ENTRE CLIENTE TIPO 3.....34
3.3.4 TEMPOS DE ATENDIMENTO CAIXA.....35
3.3.5 TEMPOS DO PROCESSO "COZINHA".....35
3.3.6 TEMPOS DO CLIENTE "COMENDO".....36
3.3.7 TEMPOS DE ATENDIMENTO GARÇOM.....37

4.RESULTADOS.....38
4.1 ANÁLISE DE ADERÊNCIA.....38
4.2 AVALIAÇÃO DO RESULTADO E INDICADORES DE DESEMPENHO DO SISTEMA.....41
4.2.1 TEMPO DE PERMANENCIA NO SISTEMA.....42
4.2.2 QUANTIDADE DE CLIENTES NO SISTEMA.....43
4.2.3 TEMPO DE AGUARDO EM FILA.....43
4.2.4 OCUPAÇÃO MEDIA DOS RECURSOS.....43
4.3. CRIAÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS.....44
4.3.1 VARIAÇÃO DE PARÂMETROS.....44
4.3.2 VARIAÇÃO DE PROCESSOS.....45
4.3.2.1 MELHORIA NO PROCESSO "CAIXA".....47
4.3.2.2 CRIANDO UM NOVO PROCESSO COZINHA PARA O RESTAURANTE.....47
4.4.COMPARANDO OS CENÁRIOS.....50

5. CONCLUSÕES.....51

6. BIBLIOGRAFIA.....52

7, ANEXOS.....53

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Sistema de serviço de um restaurante muitas vezes é projetado mediante as situações observadas no dia-a-dia, o cenário a ser vivenciado pelo estabelecimento geralmente não é estudado previamente trazendo consequências como ineficiências e filas.

As filas são parte do dia-a-dia, consequentemente pessoas e processos, aguardam em filas para as atividades mais cotidianas tais como ir ao cinema, fazer um depósito bancário, pedir um sanduíche em uma lanchonete, entre outros.

Além de pessoas aguardando em filas, grandes prejuízos também podem ocorrer como, por exemplo, deixar máquinas quebradas a espera para serem reparadas resultando em perdas de produção, navios e caminhões aguardando para serem descarregados atrasando os descarregamentos seguintes, aviões aguardando para pousar ou decolar afetando horários dos próximos voos, ordens de produção aguardando para serem realizadas afetando a produção de lotes seguintes, entre outros. (HILLIER & LIBERMAN, 2013).

A teoria das filas é o estudo de aguardo em todas as formas. Esta utiliza modelos matemáticos para representar um sistema de fila Esses modelos são muito úteis para quantificar indicadores que descrevem a eficiência de um sistema. (HILLIER & LIBERMAN, 2013).

Porém muitos sistemas não podem ser representados por modelos existentes na teoria das filas, isto devido, principalmente, as características altamente restritivas dos modelos existentes, tais como, obrigatoriedade dos sistemas serem Markovianos, não sequenciais, entre outras características facilmente encontradas em sistemas reais.

Devido essa fragilidade da Teoria das Filas em não conseguir modelar a maioria dos sistemas complexos/reais é que utiliza-se a Simulação de Eventos Discretos.

A simulação de Eventos Discretos é uma técnica que possibilita quantificar os mesmo indicadores normalmente empregados na Teoria das Filas para descrever a eficiência de um sistema, porém, para sistemas mais genéricos e complexos, podendo ser descrito este fato como a principal vantagem da Simulação de Eventos Discretos em relação a Teoria das Filas.

A principal desvantagem da Simulação de Eventos Discretos em relação a Teoria das Filas é que esta é uma técnica numérica, sendo necessário realizar normalmente uma grande

quantidade de experimentos, que por sua veza carreta em alto custo computacional, afim de obter resultados precisos.

1.2 JUSTIFICATIVA

No objeto de estudo deste trabalho, observou-se intuitivamente uma baixa eficiência no processo. A execução deste trabalho justifica-se para comprovar está observação, porém de maneira sistemática e quantificada e ainda sendo possível propor e avaliar novos cenários para a empresa.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O trabalho será realizado em um restaurante local, de médio porte, constituído por apenas uma unidade Toda coleta de dados foi realizada no local no período de 11:00 até 14:00 ao longo de duas semanas. Será considerada a demanda de clientes ao longo do mês estudado, não sendo considerada a variação mês a mês.

O restaurante é composto por 17 mesas, 2 garçons, 5 funcionários na cozinha, 1 a 2 *motoboys* e 1 caixa (gerência), conforme apresentado do *layout* abaixo.

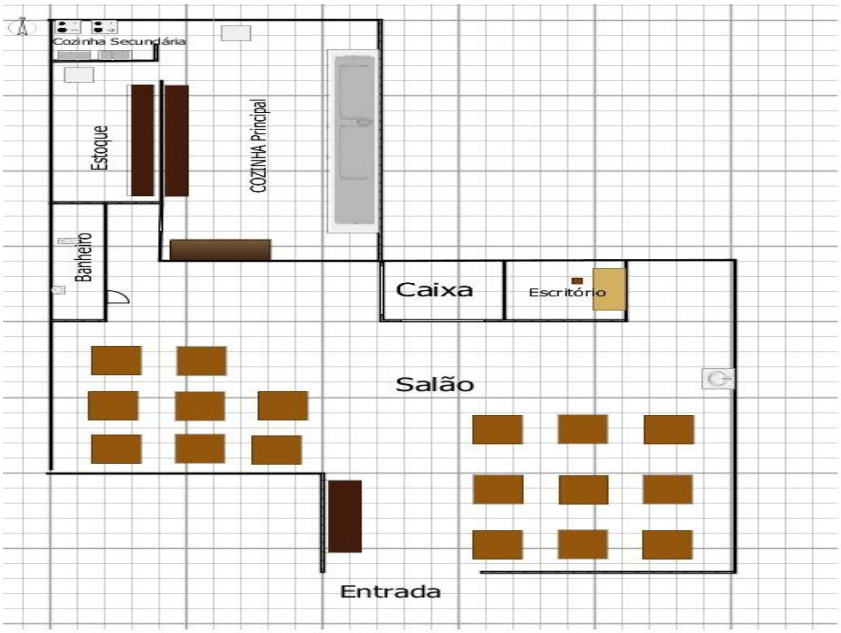

Figura 1– Layout do restaurante

1.4 FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES

Considerando que:

- Os pedidos entram na fila da cozinha e na do caixa, porém só o "pedido feito na mesa" sobrecarrega o garçom;
- O sistema do restaurante tem problemas para atender a toda sua demanda;
- O processo é através do sistema "*a La carte*"

Numa tentativa de otimizar os pontos levantados acima, tais hipóteses podem ser criadas:

- Variação do número de mesas, garçons e caixas e como estes interferem no funcionamento do sistema.
- Criação ou variação dos processos existentes e como estes influenciam no funcionamento do sistema.

1.5 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho é:

- Criar e analisar cenários possíveis para o sistema através de modelagem e simulação de eventos discretos, variando os parâmetros e os processos;

1.6 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

Para a metodologia de desenvolvimento do trabalho, inicialmente criou-se um planejamento de atividades, seguido de uma pesquisa explanatória com toda a teoria necessária para realizar esse estudo. O próximo passo foi a coleta de dados no restaurante, os dados coletados foram:

- Tempo de atendimento da cozinha;
- Tempo de atendimento do caixa;

- Tempo de atendimento do garçom;
- Tempo do cliente dentro do sistema (almoçando);
- Taxa de chegada de clientes na mesa (C1);
- Taxa de pedidos de clientes para entrega (C2);
- Taxa de chegada de clientes para levar (C3);

De posse dos dados, os mesmos foram tratados no software *Input Analyzer* a fim de se descobrir qual distribuição estatística e com quais parâmetros estes seguiam. A próxima etapa foi criar o restaurante no software Arena utilizando como *input* as distribuições obtidadas e observações para descrever a sequência lógica dos processos.

O processo foi então simulado, e indicadores de ineficiência obtidos. A partir dos resultados obtidos novos cenários foram criados e os novos processos simulados gerando novos indicadores.

A última parte consistiu de comparar todos os cenários envolvidos através de seus indicadores identificando o melhor cenário para o restaurante.

O estudo seguiu o cronograma abaixo:

Tabela 1 – Cronograma de Desenvolvimento do Trabalho

	2013						**2014**											
ETAPA	**Nov**		**Dez**		**Jan**		**Fev**		**Mar**		**Abr**		**Mai**		**Jun**		**Jul**	
	1ª	**2ª**	**1ª**	**2ª**	**1ª**	**2ª**	**1ª**	**2ª**	**1ª**	**2ª**	**1ª**	**2ª**	**1ª**	**2ª**	**1ª**	**2ª**	**1ª**	**2ª**
0. Qualificação do TCC	X	X	X	X	X	X												
1. Revisão de Literatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Coleta de dados									X	X								
3. Análise de Dados										X	X	X	X					
4. Compilação de Resultados												X	X	X	X	X		
5. Conclusões																X	X	X

2. REVISÃO DE LITERATURA

Foram revisados: elementos de um modelo de filas, terminologia e notação, modelo generalizado de fila de Poisson, modelagem por simulação.

2.1 TEORIAS DAS FILAS

A teoria das filas analisa e avalia o comportamento das filas que se formam no decorrer de um serviço, em geral a taxa de chegada de clientes é maior que a taxa de atendimento. (SHIMIZU, 2006).

2.2 ELEMENTOS DE UM MODELO DE FILAS

Os principais elementos de uma fila são o cliente e o servidor. Clientes são gerados por uma fonte. Os clientes ao chegarem em uma instalação de serviço podem iniciar o serviço imediatamente ou aguarda em um fila se a instalação de serviço estiver ocupada. Quando a instalação conclui o serviço esta chama automaticamente um cliente que está a espera na fila. Se a fila estiver vazia a instalação fica ociosa. (TAHA, 2013)

Para a análise de filas, a chegada entre clientes é representada pelo intervalo de tempo entre clientes sucessivos, e o atendimento é o tempo de serviço por cliente. Os tempos de chegadas entre cliente e os tempos de atendimento podem ser probabilísticos (pessoas chegando a uma agência bancária) ou determinísticos (pessoas chegando a um consultório médico). (TAHA, 2013)

O tamanho da fila que tem importância na análise de filas, pode ser finito como sistemas que permitem um número máximo de clientes na fila ou infinito como uma restaurante universitário por exemplo. A disciplina da fila representa a ordem na qual os clientes são retirados da filam, sendo a mais comum é a primeiro a chegar, primeiro a ser servido (FCFS – *first come, first served*). Mas também existe último a chegar, primeiro a ser servido (LCFS – *last come, first served*). Ainda outra possível disciplina de fila é (SIRO – *service in randon order*). Clientes também podem ser selecionados com alguma prioridade como por exemplo serviços de urgência, estes têm prioridade. (TAHA, 2013)

O projeto de instalação pode organizar os servidores de formas de fila simples (como em agência bancárias), onde se forma uma fila e todos os servidores são responsáveis por

aquela fila, ou então de forma paralela como em supermercados onde os servidores são cada um responsável por sua fila. (TAHA, 2013)

A fonte a qual os clientes são gerados podem ser finitas, limitando o numero de clientes de chegadas para um serviço ou infinitas (TAHA, 2013)

Segundo Hiller & Liberman (2013), o processo básico pela maioria dos sistemas de filas é: uma fonte de entrada geram clientes que necessitam de atendimento, esses entram no sistema de filas, aguardam um intervalo de tempo em fila e são de acordo com a disciplina de fila atendidos. Após o atendimento o cliente deixa o sistema de filas. Este processo é representado na figura 1:

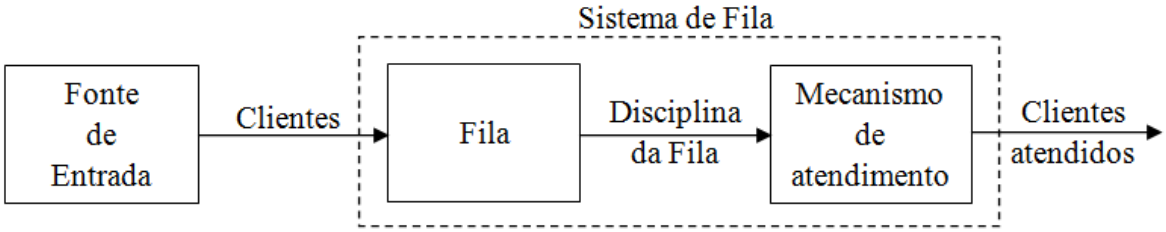

Figura 2 – Estrutura de modelo de filas

Fonte: (HILLIER & LIBERMAN, 2013)

Variações nos elementos de filas representados na Figura 2, como a fonte, disciplina da filam mecanismo de atendimento, entre outros, dão origem a certa quantidade de modelos de fila. (TAHA, 2013). Entretanto, FREITAS FILHO (2001) alerta que os resultados obtidos através dos cálculos dos indicadores somente podem ser considerados em longos períodos de observação. Em períodos curtos, é possível um considerável distanciamento entre o comportamento real do sistema e os valores obtidos por meio analítico.

2.3 TERMINOLOGIA E NOTAÇÃO DO SISTEMA DE FILAS

Nesse estudo será adotado o seguinte padrão em terminologia e notação:

- Estado do sistema = número de clientes dentro do sistema.
- Comprimento da fila = número de clientes que o início de seu atendimento.
  = (estado do sistema – número de clientes sendo atendimentos).
- N(t) = número de clientes no sistema de filas no instante t.
- s = número de atendentes (prestadores de serviços em paralelos) no sistema.
- λ_n = taxa média de chagada de novos clientes quando n se encontram no sistema
- μ_n = taxa média de atendimento para o sistema global quando n clientes estão no sistema.

2.4 O PAPEL DA DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL

Segundo Taha (2013), em várias situações de filas, a chegada de clientes ocorre de forma aleatória, isto significa que a chegada de um cliente ou a conclusão de um atendimento não é influenciada pela chegada anterior ou pela final do atendimento anterior. Intervalos entre chegadas aleatórias e tempos entre serviços são descritos quantitativamente em um modelo de filas pela distribuição exponencial, que é dada pela função:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \ , t > 0 \qquad (1)$$

Sendo λ a taxa por unidade de tempo na qual são gerados eventos (chegadas ou partidas) e t o tempo.

2.5 MODELO GENERALIZADO DE FILA DE POISSON

Para o modelo generalizado de Poisson os intervalos entre o tempo de chegadas e os tempos de serviço seguem a distribuição exponencial. O modelo é baseado no comportamento de equilíbrio que o sistema atinge no longo prazo. (TAHA, 2013)

O modelo generalizado considera que as taxas de chegada e de partidas dependem do estado, o que significa que depende do número de clientes no sistema.

A expressão que determina P_n para um modelo de fila generalizado de Poisson é dada por:

$$\mathbf{P_n} = \left(\frac{\boldsymbol{\lambda}(n-1)\ \boldsymbol{\lambda}(n-2) \ldots \boldsymbol{\lambda_o}}{\boldsymbol{\mu_n}\ \boldsymbol{\mu}(n-1) \ldots \boldsymbol{\mu_1}} \right) \mathbf{P_o} \qquad (2)$$

E o valor de P_o é determinado com base na equação:

$$\sum_{n}^{\infty} \mathbf{P_n} = \mathbf{1} \qquad (3)$$

2.6 MODELAGEM POR SIMULAÇÃO

2.6.1 INTRODUÇÃO

Simulação trata de uma imitação computadorizada do comportamento aleatório de um sistema real, com finalidade de medir seu desempenho. Winston (1993) define que um sistema é um conjunto de entidades que interagem com um determinado objetivo.

Basicamente a simulação trata uma situação real como um fila de espera em uma instalação de atendimento. Com o uso da simulação, pode-se coletar dados estatísticos pertinentes, como, tempo de espera e comprimento de fila. A tarefa de utilizar simulação começa com desenvolvimento de um modelo lógico computacional de um modo que permitirá coletar dados necessários. (TAHA, 2013).

Sakurada (2009), diz que simulação é uma técnica utilizada tanto para projetos e novos sistemas, como para reconfiguração física ou mudança no controle de regras de operações de sistemas existentes. Hillier & Liberman (2013) citam o exemplo da simulação

de voo de um avião em túnel de vento, as regras físicas podem ser aplicadas para se obter informações sobre desempenho da aeronave a medida que um parâmetro é alterado.

Segundo Hillier & Liberman (2013), para preparar a simulação de um sistema, um modelo de simulação precisa ser formulado para descrever a operação do sistema e como ele deve ser simulado. Um modelo de simulação tem blocos construtivos básicos:

1) Uma definição do estado do sistema (por exemplo, o número de clientes em sistema de filas);
2) Identificar os possíveis estados do sistema que podem ocorrer;
3) Identificar os possíveis eventos (por exemplo, chegadas e términos de atendimento em um sistema de filas) que mudariam o estado do sistema;
4) Uma provisão para um relógio simulado, localizado no mesmo endereço do programa de simulação, que registrará a passagem do tempo (simulado);
5) Um método para gerar eventos aleatoriamente de diversos tipos;
6) Uma fórmula para identificar as transições de estado que são geradas pelos diversos tipos de eventos.

Normalmente, a simulação é usada quando o sistema estocástico envolvido for muito complexo para ser adaptado a um modelo matemático como por exemplo os modelos de filas. (HILLIER & LIBERMAN, 2013).

2.6.2 ELEMENTOS DA SIMULAÇÃO

De acordo com GARCIA (2006) e LAMARCA (2009), uma simulação pode ser vista como um conjunto de partes que se organizam e interagem para formar a estrutura do modelo. Os autores estabelecem ainda parte destes elementos, sendo os principais definidos abaixo de acordo a terminologia utilizada por FREITAS (2008):

1) Variáveis de Estado: são as variáveis cujos valores determinam o estado do sistema;
2) Evento: são os acontecimentos, programados ou não, que quando ocorrem alteram o estado do sistema;
3) Entidades e atributos: entidades são as pessoas ou objetos envolvidos no modelo estudado e podem ser dinâmicos ou estáticos. Cada entidade é

definida por uma série de características próprias chamadas atributos. Entidades do mesmo tipo têm os mesmos atributos, embora os valores destes sejam normalmente diferentes;

4) Recursos e filas de recursos: os recursos podem ser considerados uma entidade estática que fornece serviço às dinâmicas. Sempre que uma entidade dinâmica não puder acessar um recurso ela aguardará por ele numa fila;
5) Atividade: período de tempo predeterminado que uma vez iniciado, seu final pode ser programado.

2.7 SIMULAÇÃO POR EVENTOS DISCRETOS

Segundo Borshchev e Filippov (2004), abrangem sistema com média a alto nível de detalhamento. Conforme Hillier & Liberman (2013) a simulação por eventos discretos é aquela em que as mudanças no estado do sistema ocorrem instantaneamente em pontos aleatórios no tempo como consequência de um evento discreto. Exemplo, num sistema de filas o estado discreto é o número de clientes na fila, a mudança é a chegada ou saída de um cliente da fila. A seguir a Figura 5 exemplificando como ocorre a mudança de estado em um sistema discreto

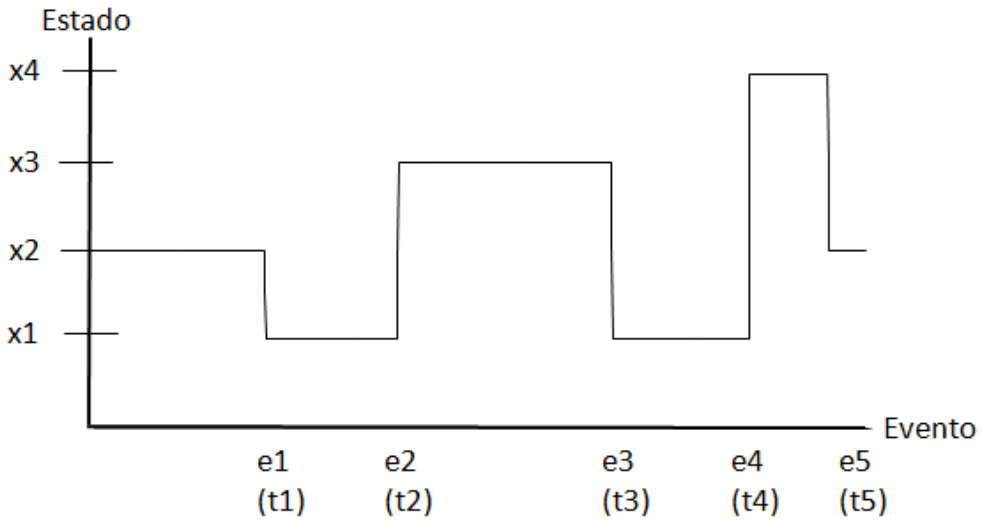

Figura 3- Mudanças de estado em modelos discretos

2.8 ARENA®

O ARENA foi lançado pela empresa americana Systems Modeling em 1993 e é sucessor de dois outros produtos da empresa: SIMAN e CINEMA, *softwares* de simulação e animação respectivamente. Este conjunto foi de SIMAN e CINEMA foi melhoram e, a partir de 1993, os dois programas foram unificados em um *software*, o ARENA. (PRADO, 1999)

O ARENA visualiza o sistema a ser modelado basicamente como um conjunto de estações de trabalho que prestam serviços a entidades que se movem através do sistema. O movimento pode ser feito pela própria entidade ou transportadores (empilhadeiras, por exemplo).

O software foi constantemente aprimorado desde seu lançamento, encontrando-se hoje na versão 14.0. Além da versão profissional, utilizada para fins comerciais e no qual é possível utilizar todo potencial do software, também é disponibilizada a versão estudante, que apesar de gratuita, possui limitação de 150 entidades no modelo.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 O PROCESSO

O processo de atendimento do restaurante funciona da seguinte maneira, restaurante realiza três tipos de atendimentos:

1) Pedido feito no restaurante para consumo no mesmo;
2) Pedido feito através de telefone para entrega fora do restaurante;
3) Pedido feito no restaurante para consumo fora do restaurante.

3.1.1 PEDIDO FEITO NO RESTAURANTE PARA CONSUMO NO MESMO

O atendimento na mesa é feito através dos garçons, que repassam o pedido pra cozinha. A cozinha prepara o pedido e repassa para o garçom, que leva até a mesa. Em seguida, o cliente faz sua refeição e por fim o cliente faz o acerto no caixa, enquanto o garçom prepara a mesa para um próximo cliente, conforme o fluxograma a seguir:

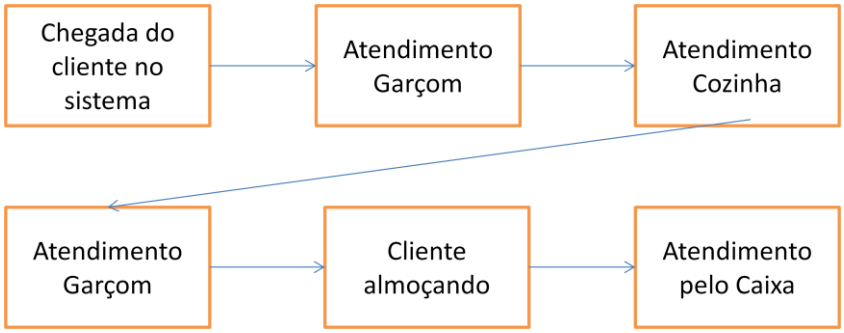

Figura 4 – Processo do cliente tipo 1

Esporadicamente o garçom volta em qualquer uma da etapa para realizar atendimento ao cliente, mas essa atividade foi desconsiderada ao simular o processo, Consequentemente o processo foi modelado no ARENA exatamente como descrito na Figura acima.

3.1.2 PEDIDO FEITO ATRAVÉS DO TELEFONE PARA ENTREGA FORA DO RESTAURANTE

Quando o pedido pelo telefone é feito, o caixa repassa o pedido para a cozinha, que prepara o pedido e repassa para o *motoboy*. Esse, por sua vez, realiza a entrega do pedido, recolhe o dinheiro referente e, ao final do dia, repassa para o caixa todo o dinheiro recolhido com as entregas daquele dia. Dessa forma, o caixa não se ocupa com as entregas do motoboy durante o momento de pico, conforme o fluxograma abaixo:

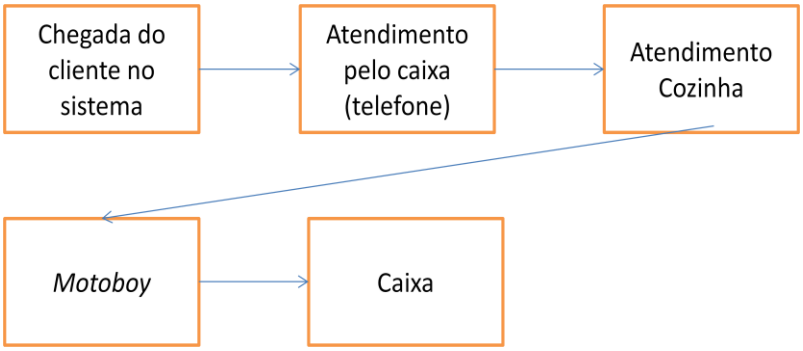

Figura 5 – Processo do cliente tipo 2

Nesse pedido observar que o consumo é feito fora do sistema, logo o cliente não ocupa mesa do sistema, consequentemente sobrecarregando menos o sistema.

3.1.3 PEDIDO FEITO NO RESTAURANTE PARA CONSUMO FORA DO RESTAURANTE

É feito pelo próprio cliente direto na cozinha, e esse pedido é realizado ao lado do caixa, conforme descrito no layout. O cliente aguarda o pedido ficar pronto, e em seguida o pagamento é feito no caixa, conforme o fluxograma a seguir:

Figura 6 – Processo do cliente tipo3

É importante observar que os três tipos de pedidos entram na fila da cozinha, porém só o da mesa sobrecarrega o garçom e, no momento de pico, o pedido de entrega através do motoboy não sobrecarrega o caixa. O desafio de modelar em sistema está nas particularidades dos atendimentos que não são feitos apenas uma vez nesse sistema. Há três demandas diferentes que devem ser coletadas. Um cliente ao se submeter ao sistema está entregue a no mínimo duas filas (cozinha e caixa) e às vezes a do garçom, ou a do motoboy.

3.2 MODELAGEM E SIMULAÇÃO

O restaurante estudado não se adapta aos modelos de filas existentes. Para isso foi construído um modelo através da utilização do *Software* Arena.

3.2.1 CONSTRUÇÃO DO MODELO

A construção do modelo do restaurante no Arena, foi iniciada a partir da observação do sistema e dos processos previamente descritos, as caixas, conforme a Figura 7, 8 e 9, representam onde os clientes são gerados e são denominados de "Create", essas caixas são as responsáveis por gerar entidades para o sistema, na criação do restaurante 3 tipos de clientes foram gerados no sistema:

1) Cliente tipo 1: o cliente que passa pelo processo: "pedido feito no restaurante para consumo no mesmo", este no Arena foi denominado "ClienteMesa";

Figura 7– Cliente tipo 1

2) Cliente tipo 2: o cliente que passa pelo processo: "pedido feito através do telefone para entrega fora do restaurante", no Arena foi denominado "ClienteLevar"

Figura 8– Cliente tipo 2

.

3) Cliente tipo 3: o cliente que passsa pelo processo: “pedido feito no restaurante para consumo fora do restaurante” , o cliente gerado nesse create foi denominado no arena de “ClienteTelefone”;

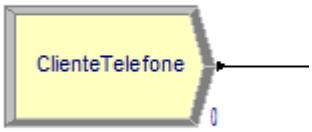

Figura 9– Cliente tipo 3

3.2.2 PROCESSO 1 – “PEDIDO FEITO NA MESA” – MODELADO NO ARENA:

Conforme observado no sistema real, o Processo 1 começa quando o cliente 1 é gerado através do “ClienteMesa”, a seguir utilizou-se a caixa “Seize” para capturar o cliente na mesa e este só ser liberado após ter terminado de se alimentar. O “Seize” acontece na caixa “OcupaMesa” esta que tem capacidade de 17 lugares, na sequência o pedido ocupa o garçom que é denominado no sistema como “GarcomLevando”, este que por sua vez leva pra outro processo: o “Cozinha” que tem capacidade de até 4 pedidos em paralelos conforme foi observado no sistema real:

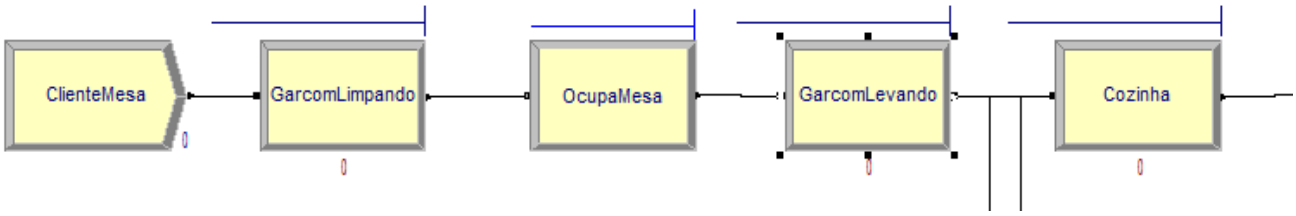

Figura 10– Início do processo 1

Após os processos iniciais a cozinha precisa decidir qual pedido está processando se for o cliente tipo 1 o pedido deve ser entregado novamente ela para o garçom, este retorna o pedido para a mesa que foi representado através de um “Delay” denominado “Comendo” , que ali fica pelo tempo que o cliente demorar pra realizar sua refeição. Após o término desse *delay* acontece a liberação da mesa na caixa “OcupaMesa”, através de um “Release” chamado “Libera mesa”. O cliente 1 segue para o processo caixa que por sua vez decide com qual

pedido está lidando, se for o pedido 1 ele realiza sua operação e em seguida encaminha o cliente para a dispersão final. A seguir destacado a parte do processo descrita no texto anterior:

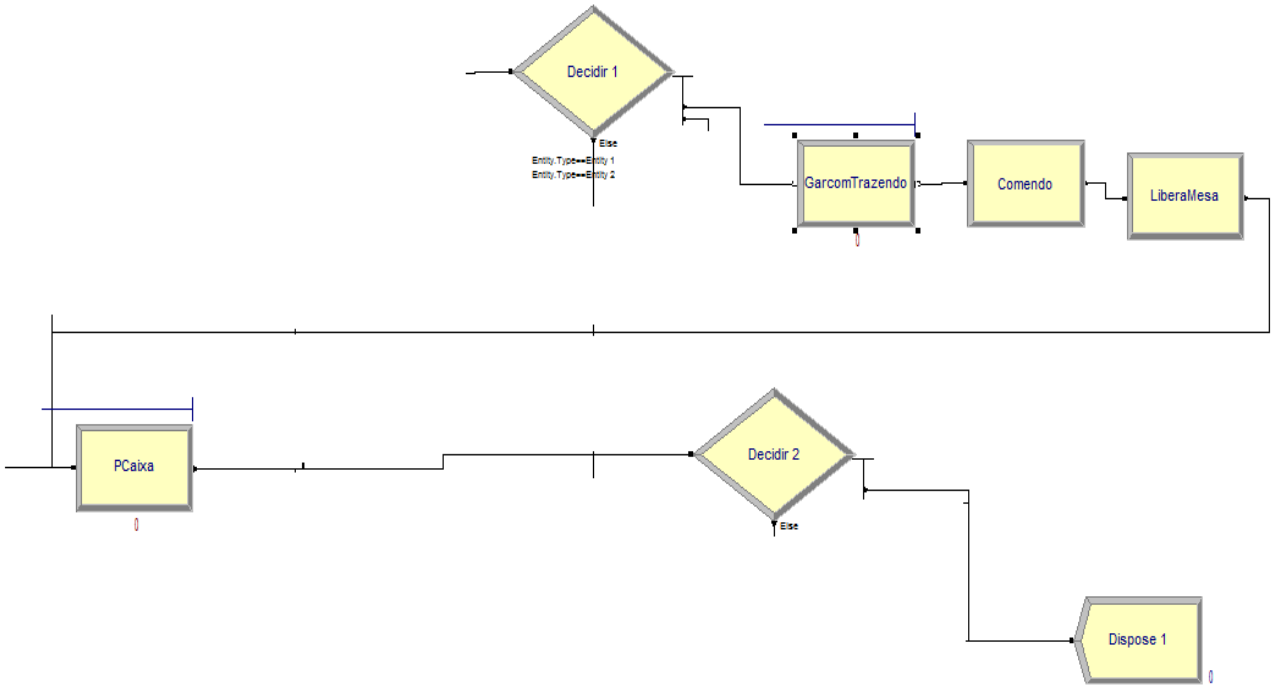

Figura 11– Finalização do processo 1 – sequência lógica que um cliente tipo 1 segue no sistema

3.2.3 PROCESSO 2 – “PEDIDO FEITO DIRETO NA COZINHA PARA LEVAR PRA CASA” – MODELADO NO ARENA:

Conforme observado no sistema real, o Processo 2 começa quando o cliente é gerado através do “ClienteLevar”, este tipo de cliente já se direciona diretamente na cozinha onde realiza direto o pedido. A seguir a cozinha precisa decidir qual pedido está processando se for o cliente tipo 2 o pedido é entregue ao cliente e este é direcionado novamente ao caixa, onde ocorre o faturamento e pagamento. Após o faturamento o cliente 2 é direcionado a dispersão. A seguir o “processo 2” representado:

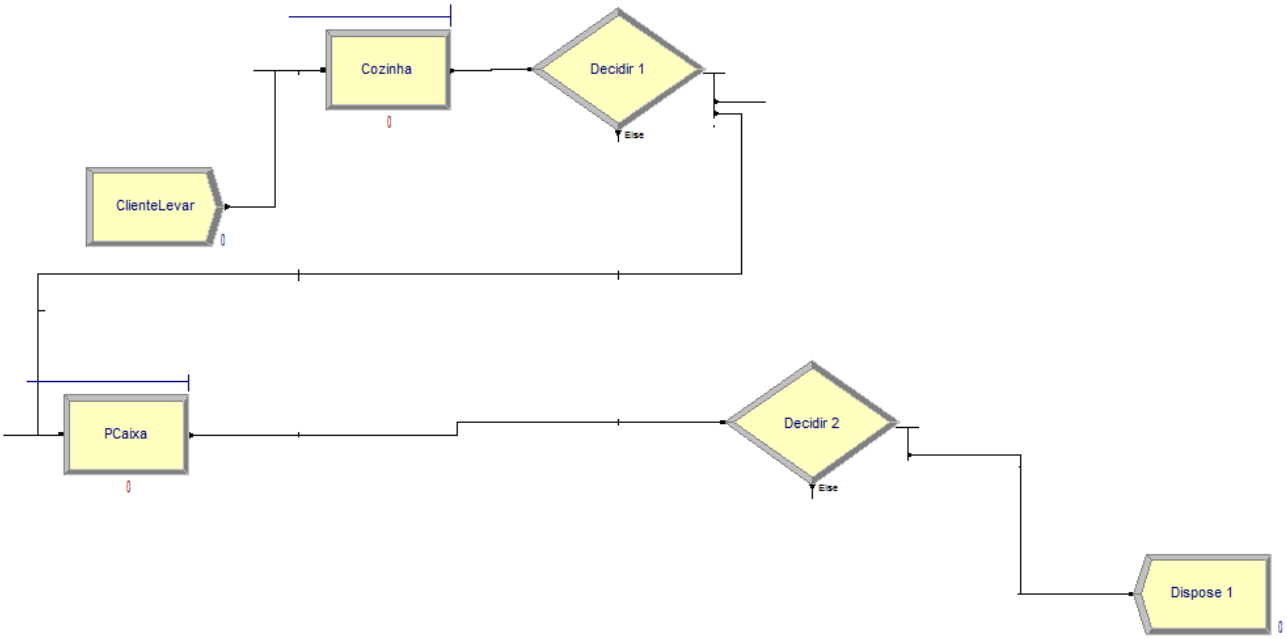

Figura 12 – Representação do processo 2 – sequência lógica que um cliente tipo 2 segue no sistema

3.2.4 PROCESSO 3 – “PEDIDO FEITO ATRAVÉS DO TELEFONE PARA ENTREGA” – MODELADO NO ARENA:

Conforme observado no sistema real, o Processo 3 começa quando o cliente é gerado através do “ClienteTelefone”, este tipo de cliente é atendido primeiramente pelo Caixa que a seguir através de um “Decide 2” identifica que o cliente é do tipo 3, e encaminha o pedido para a cozinha que identifica que é um pedido do tipo 3 e encaminha para a dispersão esquema a seguir:

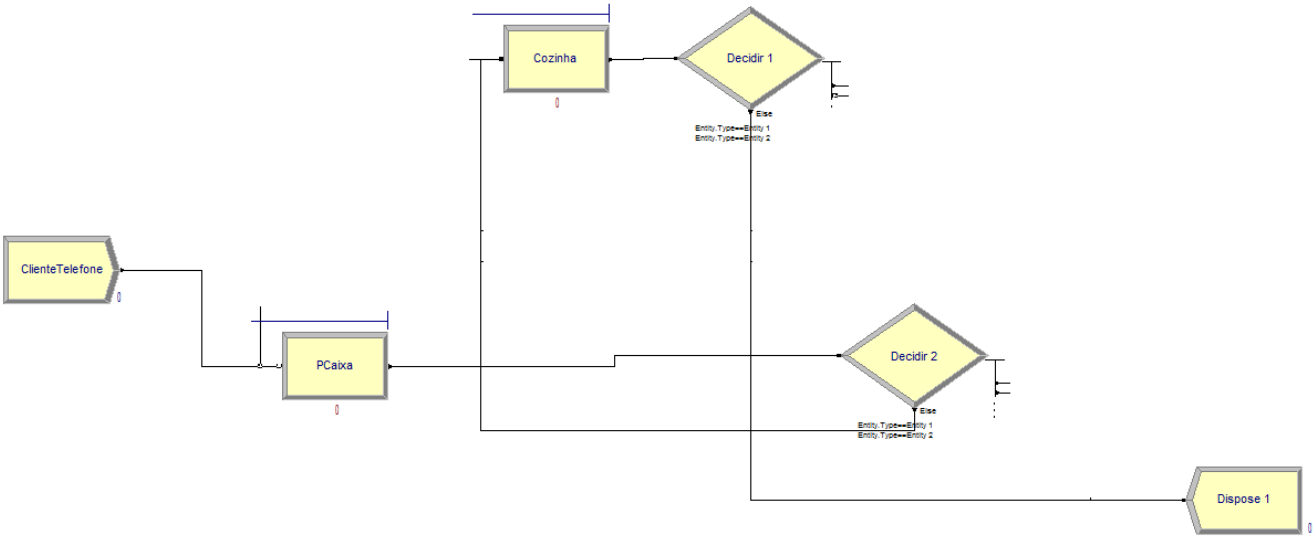

Figura 13 – Representação do processo 3 – sequência lógica que um cliente tipo 3 segue no sistema

3.2.5 DISPOSE 2

A Partir das 14:00 todos os clientes gerados são direcionados ao “Dispose 2” para que estes não ocupem mais os recursos do sistema e aproxime mais ainda a simulação da realidade. O “Dispose 2” foi a forma encontrada de fazer que o sistema continue funcionando por mais uma hora para liberar os recursos do mesmo.

3.2.6 PROCESSO COMPLETO:

O modelo no ARENA de funcionamento do restaurante acontece através da iteração dos 3 processos descritos previamente e unidos em um sistema só. Conforme representado na figura na página a seguir:

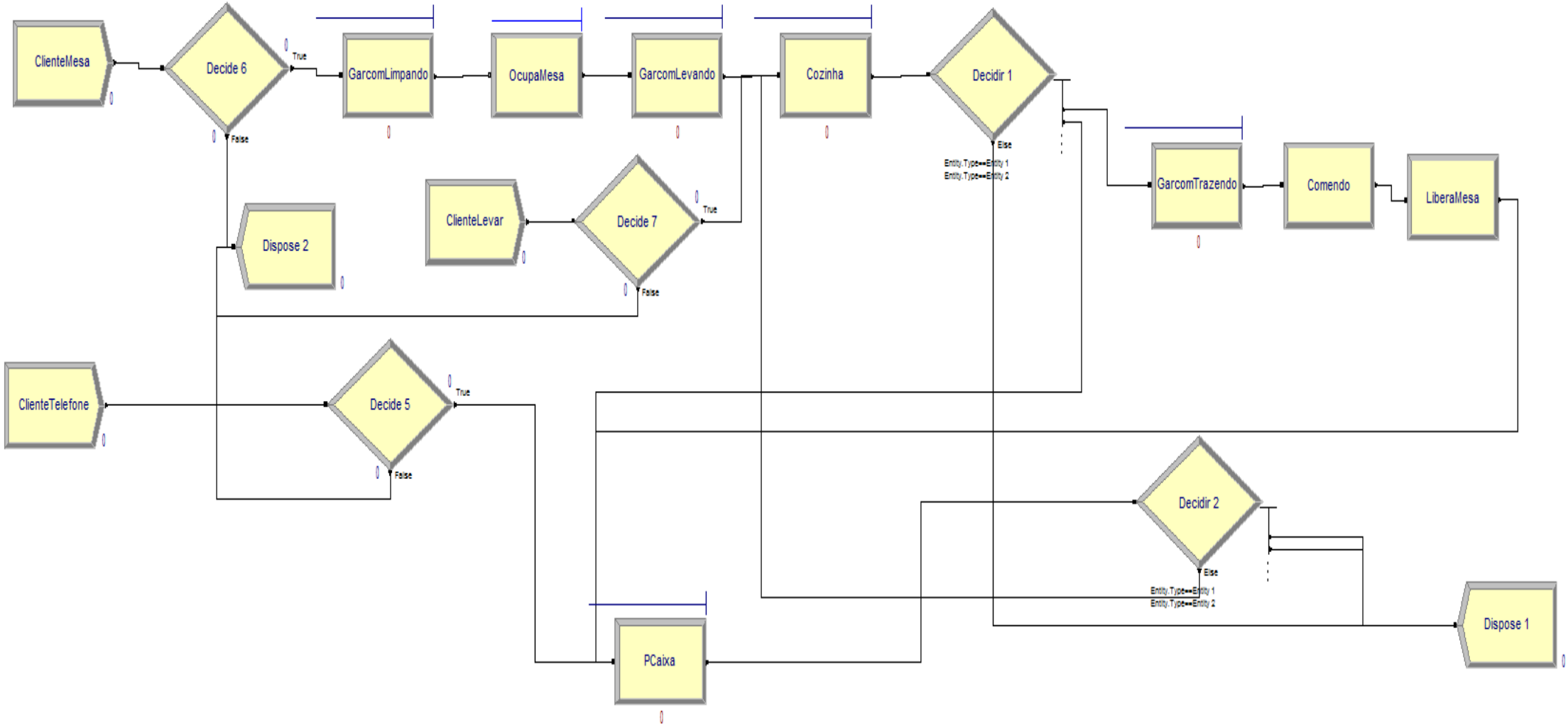

Figura 14 – Modelo teórico completo construído no Arena

3.3 COLETAS DE DADOS E DETERMINAÇÃO DAS DISTRIBUIÇÕES ESTATÍSTICAS:

A coleta de dados durou 7 dias úteis e a cada dia um dado diferente foi coletado, a coleta iniciou as 11:00 e terminou as 14:00 conforme descrito previamente no escopo do trabalho. Dos clientes foram coletados o tempo de chegada entre os mesmos, variando a amostragem entre os tipos de clientes, mas mantendo o tempo de coleta para todos fixo. Já para os tempos de atendimento para todos foram coletados uma amostragem de 30 devido a ser um número de significância estatística.

Esta coleta foi realizada para determinar quais distribuições estatísticas e seus respectivos parâmetros os seguintes itens possuem:

1) Taxa de chegada de clientes na mesa (C1);
2) Taxa de pedidos de clientes para entrega (C2);
3) Taxa de chegada de clientes para levar (C3);
4) Tempo de atendimento do caixa;
5) Tempo de atendimento do garçom;
6) Tempo do cliente dentro do sistema (almoçando);

A partir dos dados coletados foi utilizado o Software “Input Analyzer” no qual os dados coletados foram lançados e um resultado foi gerado e consequentemente foi introduzido no modelo.

3.3.1 TEMPO DE CHEGADA ENTRE CLIENTE TIPO 1

Os dados entres chegadas do clientes tipo 1, foram coletados ao longo de um dia completo de funcionamento e os dados foram coletados conforme a Tabela 2 (anexo 1). De posse da tabela 2, o seguinte histograma foi gerado:

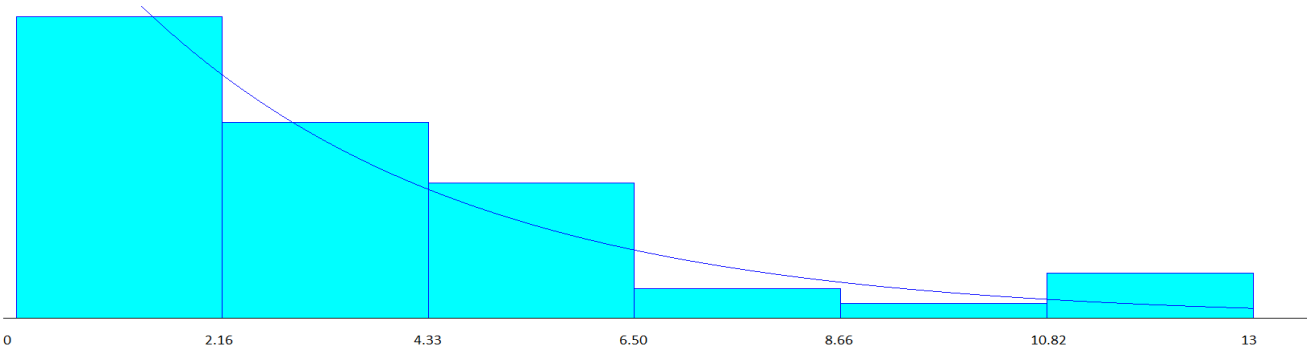

Figura 15 – Histograma dos dados do cliente tipo 1

Os dados coletados possuem distribuição exponencial com parâmetro igual 3.41 segundo o software que utiliza critério de mínimos quadrados. Esses dados foram introduzidos no ARENA relativo aos clientes 2 e está dentro da caixa “ClienteMesa”.

3.3.2 TEMPO DE CHEGADA ENTRE CLIENTE TIPO 2

Os dados entres chegadas do clientes tipo 2, foram coletados ao longo de um dia completo de funcionamento e os dados foram coletados conforme a Tabela 3 (anexo 2). De posse da tabela 3, o seguinte histograma foi gerado:

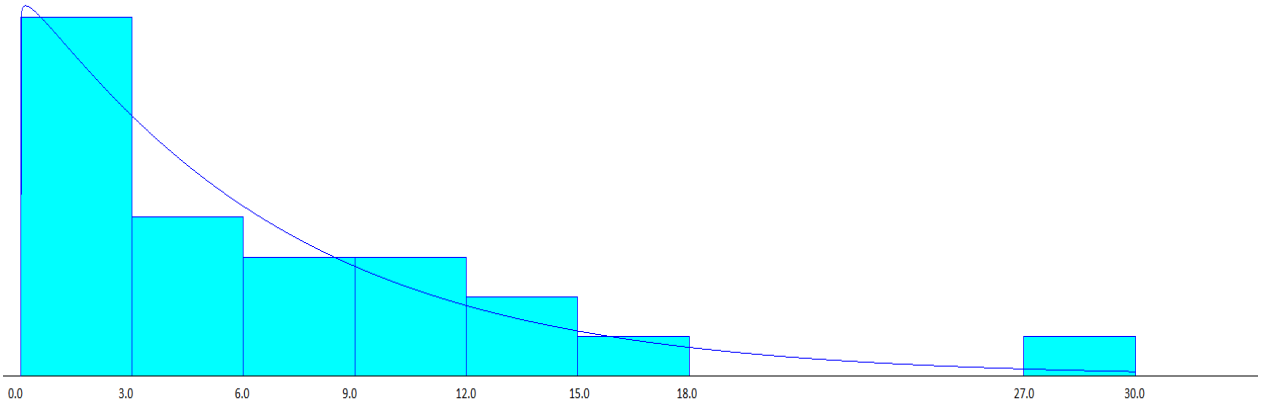

Figura 16 – Histograma dos dados do cliente tipo 2

Os dados coletados possuem distribuição exponencial com parâmetro igual 6.56. Esses dados foram introduzidos no ARENA relativo aos clientes 2 e está dentro da caixa “ClienteLevar”.

3.3.3 TEMPO DE CHEGADA ENTRE CLIENTE TIPO 3

Os dados entres chegadas do clientes tipo 3, foram coletados ao longo de um dia completo de funcionamento e os dados foram coletados conforme a Tabela 4 (anexo 3). De posse da tabela 3, o seguinte histograma foi gerado:

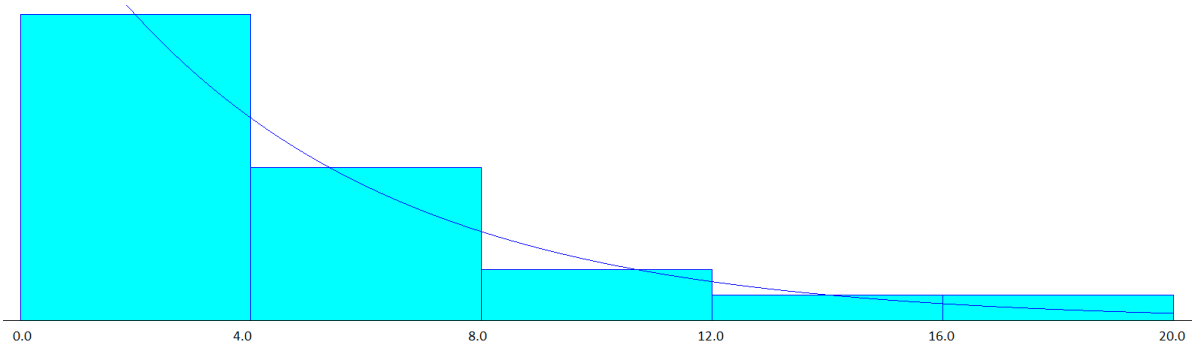

Figura 17 – Histograma dos dados do cliente tipo 3

Os dados coletados possuem distribuição exponencial com parâmetro igual 4.63, acrescido de uma unidade. Esses dados foram introduzidos no ARENA relativo aos clientes 3 e está dentro da caixa “ClienteTelefone”.

3.3.4 TEMPOS DE ATENDIMENTO CAIXA

Os tempos de atendimento do caixa foram coletados ao longo de um dia indiferente de qual tipo de cliente estivesse sendo atendido pelo caixa. Os tempos de atendimentos foram coletados de acordo com a tabela 5 (anexo 4). De posse da tabela 4, o seguinte histograma foi gerado:

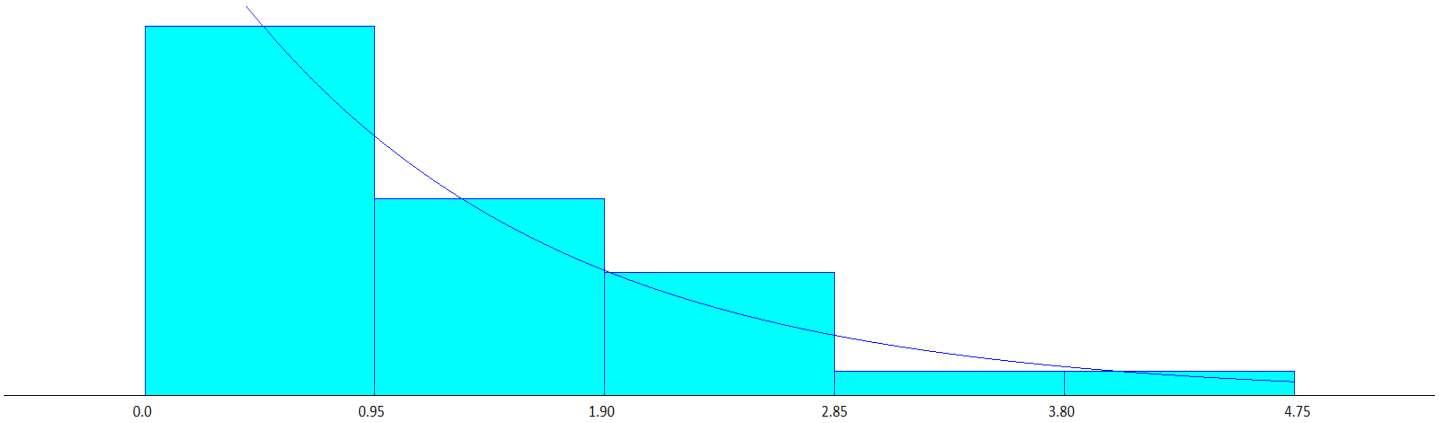

Figura 18 – Histograma dos dados de atendimento do caixa

Os dados coletados possuem distribuição exponencial com parâmetro igual 1.38. Esses dados foram introduzidos no ARENA relativo ao caixa e está dentro da caixa “PCaixa”.

3.3.5 TEMPOS DE ATENDIMENTO GARÇOM

Os tempos de atendimento do garçom foram coletados ao longo de um dia independente de qual processo ele estivesse realizando, o garçom podia estar atendendo, limpando ou até levando o pedido. Os tempo de atendimento foram coletados de acordo com a tabela 6 (anexo 5). De posse da Tabela 4, o seguinte histograma foi gerado:

De posse da tabela 5, e através do uso do software “Input Analyzer” pode-se escrever qual distribuição segue o tempo de atendimento do garçom e com qual parâmetro e gerar o seguinte histograma:

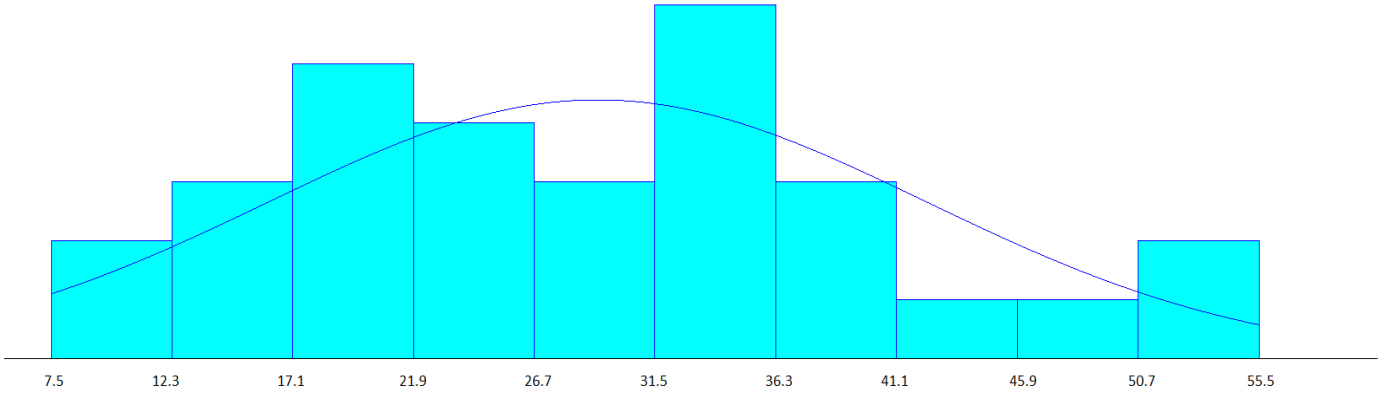

Figura 19 – Histograma dos dados de atendimento do garçom

Os dados coletados possuem distribuição normal com média 29.2 e desvio padrão de 13.1. Esses dados foram introduzidos no ARENA relativo ao garçom e está dentro da caixa “GarçomLimpando”, “GarçomLevando”, “GarçomTrazendo”.

3.3.6 TEMPOS DO CLIENTE “COMENDO”

Os tempos de permanência dos clientes no processo comendo, foram coletados independente do número de pessoas na mesa, esse tempo corresponde ao tempo de ocupação da mesa a partir do momento que o pedido chega na mesa até a liberação da mesa feita pelo cliente. Os dados foram coletados e dispostos conforme a Tabela 7 (anexo6). De posse da Tabela 7, o seguinte histograma foi gerado:

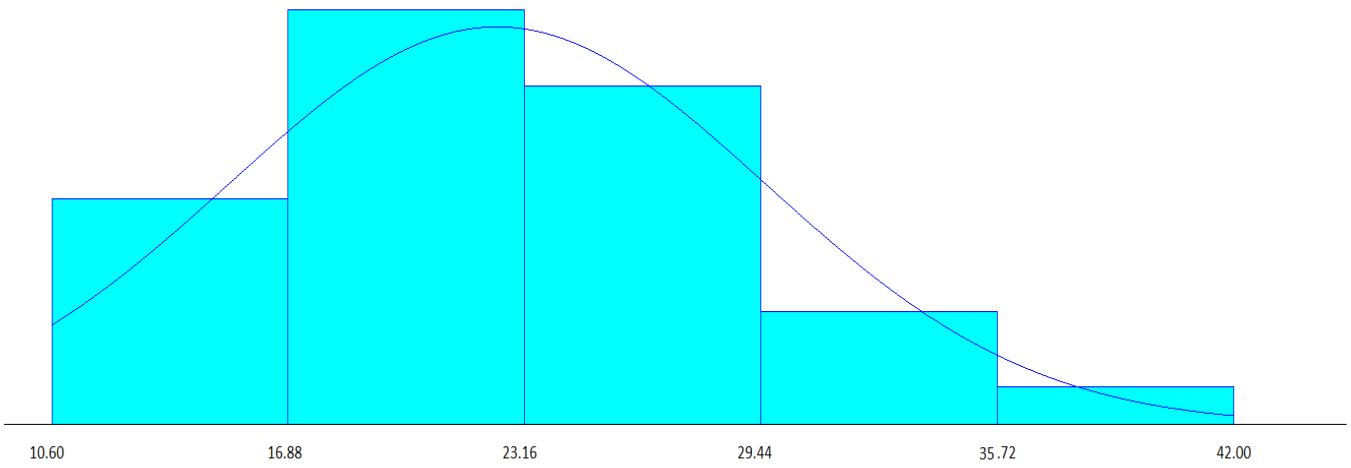

Figura 20 – Histograma dos dados dos clientes “comendo”

Os dados coletados possuem distribuição normal com média 22.1 e desvio padrão de 7.25. Esses dados foram introduzidos no ARENA relativo ao cliente comendo está na caixa “Comendo”.

3.3.7 TEMPOS DO PROCESSO “COZINHA”;

Os tempos de permanência dos clientes no processo “comendo”, foram coletados independente do número de pessoas na mesa, esse tempo corresponde ao tempo de ocupação da mesa a partir do momento que o pedido chega na mesa até a liberação da mesa feita pelo cliente. Os dados foram coletados e dispostos conforme a Tabela 8 (anexo7). De posse da Tabela 8, o seguinte histograma foi gerado:

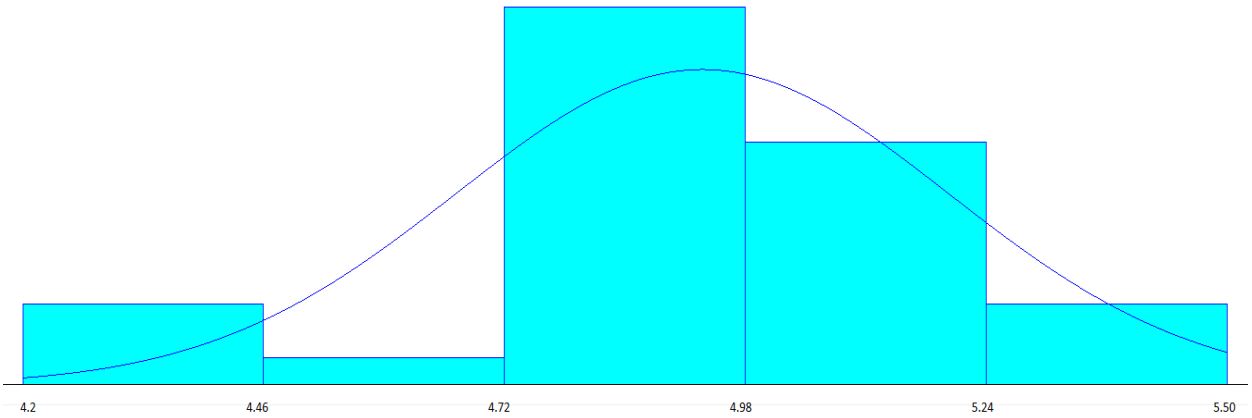

Figura 21 – Histograma dos dados do processamento da cozinha

Os dados coletados possuem distribuição normal com média 4.94 e desvio padrão de 0.324,. Esses dados foram introduzidos no ARENA relativo ao cliente comendo está na caixa “Comendo”.

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DE ADERÊNCIA

Ao simular o processo no ARENA é importante analisar se o processo possui aderência com a realidade. Para isso, foi feita uma análise de aderência através do “INPUT ANALYZER”.

Inicialmente foi considerado a seguinte tabela abaixo com dados coletados em relação ao tempo de permanência total dos clientes no sistema:

Tabela 9: Tempo de permanência médio do cliente no sistema

CLIENTE	TEMPO "COMENDO" (min)	TEMPO "COZINHA" (min)	TEMPO SERVIÇO TOTAL-GARÇOM (min)	TEMPO SERVIÇO - CAIXA (min)	TOTAL (min)
1	20,8	5,0	1,3	1,5	28,6
2	30,0	4,9	0,8	1,7	37,4
3	24,2	5,4	0,7	0,5	30,8
4	22,3	5,1	0,7	2,0	30,1
5	12,5	4,3	1,7	2,1	20,6
6	15,0	4,5	1,0	0,2	20,7
7	20,0	4,7	1,3	3,3	29,3
8	17,7	5,5	0,4	0,8	24,4
9	25,5	5,1	1,4	0,3	32,3
10	20,5	5,2	1,2	1,2	28,0
11	19,0	5,0	1,8	1,0	26,8
12	10,6	5,1	1,2	2,5	19,4
13	12,8	4,9	1,2	0,8	19,7
14	17,0	4,8	0,3	0,9	23,0
15	24,0	5,0	0,6	1,0	30,6
16	34,5	5,1	1,8	1,5	42,9
17	27,8	4,9	1,2	0,2	34,0
18	25,7	4,8	1,5	1,9	33,9
19	14,4	5,0	0,5	2,4	22,3
20	17,3	5,1	1,2	1,3	24,9
21	23,0	5,2	1,0	1,6	30,8
22	42,0	5,3	0,6	4,8	52,6
23	18,0	5,2	0,7	2,5	26,4
24	12,0	5,0	0,8	0,7	18,5
25	25,8	4,7	0,7	0,8	32,1
26	35,0	4,3	0,6	0,3	40,3
27	29,2	5,5	1,0	2,1	37,8
28	17,5	4,2	1,1	0,8	23,6
29	26,7	4,8	0,8	0,2	32,5
30	20,8	4,9	0,9	0,5	27,1

Após colocar os dados no Input Analyzer foi obtido uma distribuição normal com o seguinte histograma:

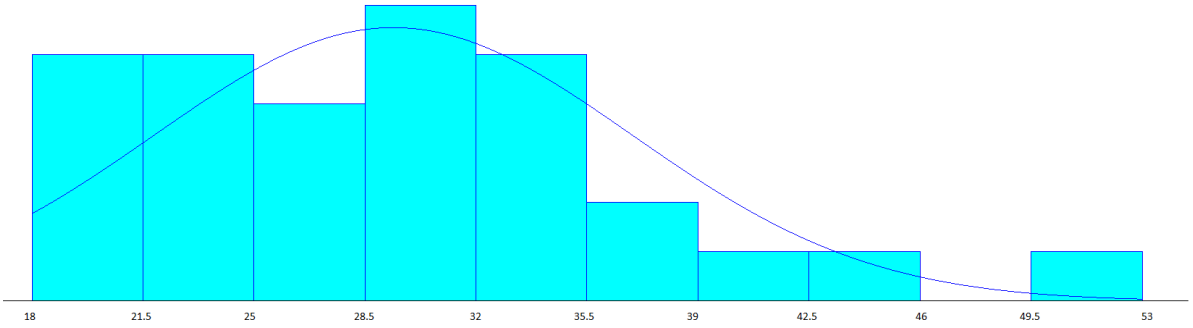

Figura 22 – Histograma dos clientes segundo dados coletados”

Essa distribuição Normal apresenta os seguintes parâmetros:

- Expressão: NORM(29.4, 7.54)
- Square Error: 0.016197

O próximo passo foi analisar os dados gerados pelo ARENA e comparar a aderência nessa curva. No ARENA tivemos os seguintes dados gerados:

Tabela 10: Tempo de permanência médio do cliente no sistema gerado pelo ARENA

CLIENTE	TEMPO TOTAL (min)	CLIENTE	TEMPO TOTAL (min)
1	**31,16**	16	**30,22**
2	**36,08**	17	**27,52**
3	**29,45**	18	**27,08**
4	**28,47**	19	**31,24**
5	**32,72**	20	**34,11**
6	**29,68**	21	**29,40**
7	**31,42**	22	**29,98**
8	**31,88**	23	**30,10**
9	**33,61**	24	**27,80**
10	**33,08**	25	**35,81**
11	**28,38**	26	**34,28**
12	**27,06**	27	**37,98**
13	**35,50**	28	**32,14**
14	**30,04**	29	**36,08**
15	**29,82**	30	**33,25**

Após colocar os dados no Input Analyzer obtivemos uma distruibuição normal com o seguinte histograma:

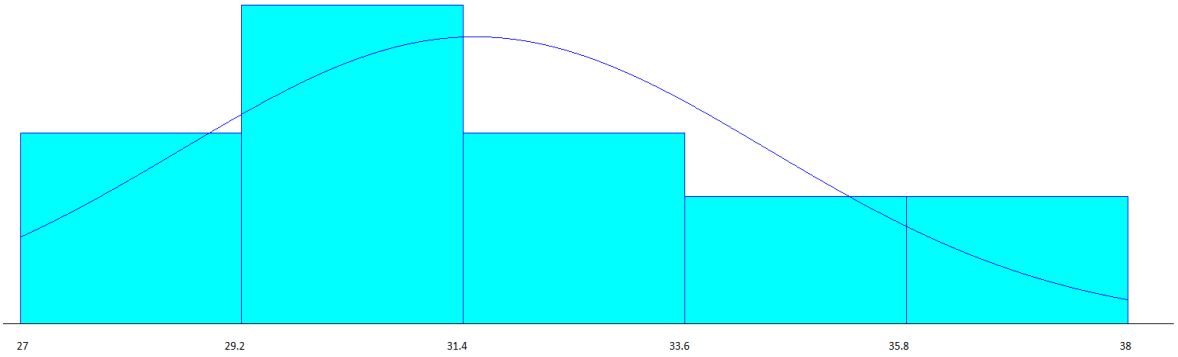

Figura 23 – Histograma dos clientes segundo dados coletados”

Essa distribuição Normal trouxe os seguinte parâmetros:

- Expressão: NORM(31.5, 2,92)
- Square Error: 0.019017

Através do Input Analyzer, pode se analisar se os dados da figura 22 tinha uma aderência aceitável na expressão referente à curva 21, isso foi feito através de um “Chi Square Test” no qual os dados da tabela 10 foram lançados sobre a expressão gerada pelos dados da tabela 9, como consequência foi obtido um correspondente p-valor < 0.005, logo a aderência da curva gerada no ARENA sob a situação real é aceitável. Demonstrando que o sistema criado representa a realidade de maneira aceitável do ponto de vista estatístico.

4.2 AVALIAÇÃO DO RESULTADO E INDICADORES DE DESEMPENHO DO SISTEMA:

O sistema foi simulado durante 365 dias Foram feitos 365 replicações de 4 horas de funcionamento, os indicadores do sistema foram:

1) Tempo de permanência do cliente no sistema;
2) Quantidade de clientes que entram no sistema;
3) Tempo de aguardo em fila;
4) Ocupação média dos recursos;

4.2.1 TEMPO DE PERMANENCIA NO SISTEMA

O tempo de um cliente no sistema, além de ser um indicador de desempenho, é importante pois muitos clientes se baseiam diretamente na demora ou espera para se motivar a utilizar o serviço. E ainda no caso especifico de restaurantes muitos clientes ainda têm sua hora de almoço restrita num tempo máximo. Do sistema simulado os seguintes dados foram obtidos:

Tabela 11: Tempo de permanência médio do cliente no sistema

CLIENTE TIPO	Tempo cliente ou pedido dentro do restaurante Médio (min)	Valor Máximo (min)
1	48,85	141,60
2	18,61	94,40
3	18,32	97,60

Inicialmente para o cliente tipo 1 é importante observar que o valor médio de 48minutos é aceitável.

O cliente tipo 2, este que unicamente passa pela cozinha e caixa em valores de pico esperara acima de uma hora é inaceitável para a ideia do processo 2, que seria apenas de levar o pedido sem altos tempos de espera. Além do que média de 18 minutos é razoável e deve ser melhorada.

O cliente tipo 3, o que faz o pedido pelo telefone, também é submetido a um tempo grande de espera para que o seu produto saia do restaurante, e este que ainda tem o tempo de entrega somado ao seu pedido, quanto mais rápido sair do restaurante menor será o tempo total de entrega.

Do ponto de vista de uma análise da simulação todos os números, mostram que o modelo retrata de maneira adequada a realidade do sistema.

4.2.3 QUANTIDADE DE CLIENTES NO SISTEMA

A quantidade de clientes que entram no cliente ao longo de um dia de trabalho é importante ao criar cenários, para dimensionar de forma correta os valores de acordo com sua demanda:

Tabela 12: Quantidade de clientes no sistema por dia

CLIENTE TIPO	Média	Mínimo	Máximo
1	53	36	78
2	28	14	49
3	32	21	43

4.2.4 TEMPO DE AGUARDO EM FILA

O tempo de aguardo em fila, é o tempo no qual ele está esperando uma disponibilização de um recurso para utilizar. Após simular o sistema os seguintes dados de espera foram obtidos:

Tabela 13: Tempo de aguardo médio no sistema (fila)

Recurso	Tempo Médio de espera (min)	Pedidos/Clientes Médio esperando
Mesa	0,4	0,1
Cozinha	8,4	4,2
Garçom	0,03	0,5
Caixa	3	1,7

Os dados nos da a informação que os gargalos do sistema estão na cozinha e no caixa, que serão os focos das melhorias para que o sistema tenha uma melhor performance.

4.2.5 OCUPAÇÃO MEDIA DOS RECURSOS

A ocupação média dos recursos é o indicador que retrata o percentual de tempo que aquele recurso do sistema fica utilizado ao longo do dia, esse indicador talvez seja um dos mais importantes, quanto menor o tempo de ocupação do recursos mais rápido será o atendimento do restaurante num todo, pois maior será sua disponibilidade. Os dados simulados trouxeram os seguintes dados:

Tabela 14: Ocupação média dos recursos

Processo	Percentual de ocupação médio	Percentual de ocupação máximo
Mesa	48%	88%
Cozinha	78%	99%
Garçom	16%	24%
Caixa	65%	85%

Outro dado de ocupação média de recursos é a quantidade de clientes ou pedidos processados por aquele recurso ao longo do dia

Tabela 15: Total de processos realizados por recurso

Recurso	Médio Total
Mesa	53
Cozinha	115
Garçom	161
Caixa	115

Quanto aos dados de ocupação é importante se observar que se precisa aumentar o percentual da mesa, pois esse não gasta recurso do sistema e se precisa diminuir o do caixa e da cozinha para que aumente as disponibilidade dos mesmos.

4.3 CRIAÇÃO, ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS:

Uma das principais técnicas para se achar onde a performance do sistema se torna melhor é através da análise e criação de cenários. Para encontrar um cenário ótimo é necessário variar os parâmetros ou os processos do sistema em busca de cenários onde os indicadores se tornam melhores sem que se extrapolem as limitações operacionais do sistema.

No trabalho em questão diversos parâmetros podem ser variados como:

1) Quantidade de caixas;
2) Quantidades de garçons;
3) Quantidade de funcionários na cozinha;

Além da variação de parâmetros, novos processos podem ser criados para que o sistema seja otimizado, a ideia principal é observar processos que se formam gargalos e substituí-los por processos mais eficientes.

4.3.1 VARIAÇÃO DE PARÂMETROS

Um método para variar os parâmetros, é variar parâmetros onde o processo se encontrem em gargalo, ou seja, onde o recurso que atenda este processo está mais escasso e está formando filas demasiadas. Seguindo este princípio alguns parâmetros serão variados:

1) Criação de outro caixa;
2) Contratação de 1 na cozinha, mantendo 1 caixa;
3) Contratação de 2 funcionários na cozinha;
4) Criação de outro caixa e contratação de um funcionário na cozinha;
5) Menos um garçom e mais um cozinheiro e um caixa

O Indicador global a ser melhorado deve ser o tempo de permanência no sistema: Tabela 8. Os parâmetros foram variados e os processos simulados e trouxe a seguinte tabela como resultado:

Tabela 16: Variando os parâmetros:

TIPO TESTE	CLIENTE TIPO	Tempo cliente dentro do restaurante Médio (min)	Melhoria em relação inicial
VALOR INICIAL	1	48,85	-
	2	18,61	-
	3	18,32	-
1	1	39,23	19,6%
	2	15,36	17,4%
	3	15,51	15,3%
2	1	35,68	27,0%
	2	12,00	35,5%
	3	11,57	36,8%
3	1	35,32	27,7%
	2	11,38	38,8%
	3	11,14	39.2%
4	1	31,56	35,4%
	2	7,84	57,8%
	3	7,73	57,8%
5	1	32,14	34,2%
	2	7,84	57,8%
	3	7,73	57,8%

As melhorias foram dispostas graficamente para facilitar a análise:

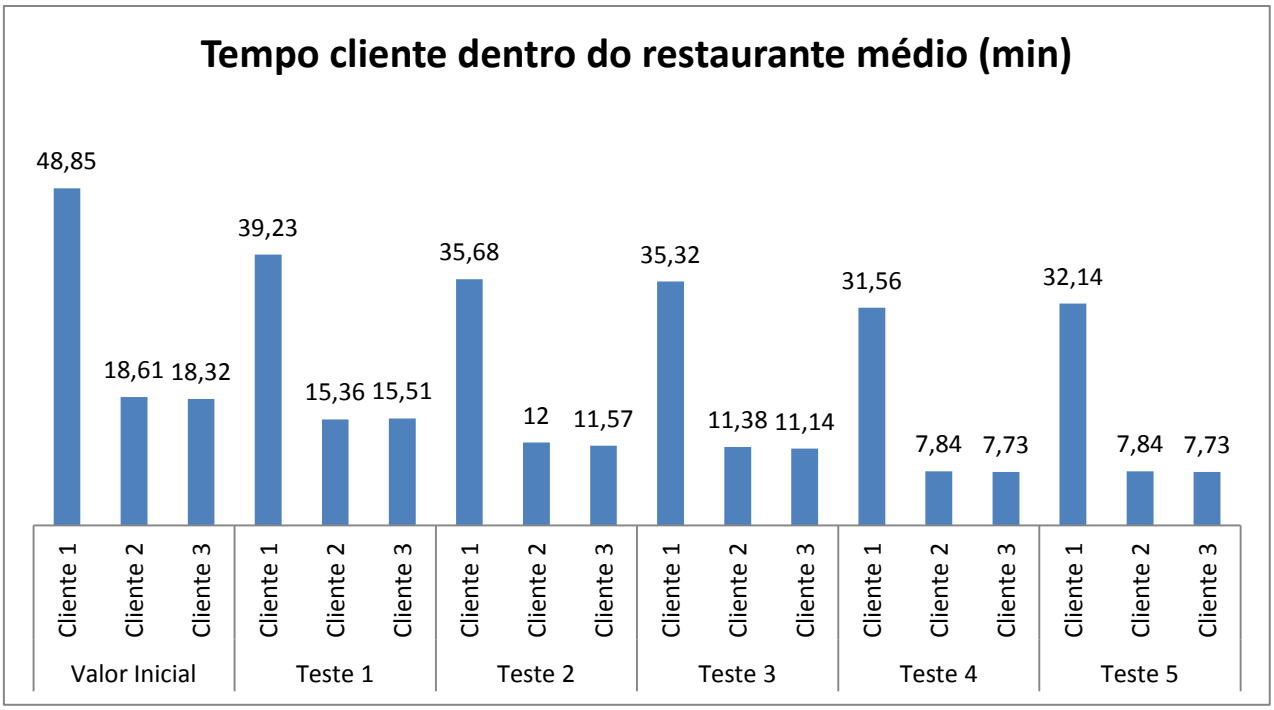

Figura 24– Gráfico de melhorias nos cenários

Ao observar os resultados, primeiramente a situação um, com um caixa a mais a melhoria existiu e foi em comparação ao contratar um cozinheiro, foi pior, então caso se contratar um der preferência para a situação que se contra um cozinheiro do que se contratar outro caixa, ao analisar a situação 3 em relação a 2 percebe-se que praticamente não faz diferença contratar um ou dois cozinheiros, isso acontece devido ao recurso parar de estar escasso, então provavelmente o ideal de acordo com esses processos é a contratação de apenas um cozinheiro. A situação 5 é uma variação da situação 4 na qual se contrata uma pessoa a menos e praticamente não se houve alteração, porém o garçom é necessário que ele tenha uma alta disponibilidade para eventos aleatórios que ocorrem ao longo da permanência do cliente no sistema. Inicialmente a sua ocupação conforme a tabela 11 era de 16% e após a simulação com um a menos a taxa passa para 39% de tempo continuando sendo um valor aceitável. Após essas análises o melhor cenário variando os parâmetros e contratando apenas um funcionário é a opção 5.

4.3.2 VARIAÇÃO DE PROCESSOS

Um método para variar os parâmetros, é variar parâmetros onde o processo se encontrem em gargalo, ou seja, onde o recurso que atenda este processo está mais escasso e está formando filas demasiadas. Seguindo este princípio o primeiro cenário a ser analisado é a alterar o processo da cozinha.

4.3.2.1 MELHORIA NO PROCESSO “CAIXA” – TESTE 6:

Ao contratar um novo caixa as tarefas dos caixas podem ser dividas, um ficaria responsável apenas pelo faturamento e o outro ficaria responsável pelo atendimento do telefone e atendimento dos pedidos para entrega. Em termos de simulação o “Caixa 1” atenderia a demanda de clientes C1 e o caixa 2 atenderia a demanda de clientes C2 e C3.

As distribuições dos tempos de atendimentos dos caixas foram consideradas as mesmas do processo inicial: uma distribuição exponencial como formula e parâmetros a seguinte expressão: EXPO(1.38).

Em termos qualitativos, ao projetar o cenário com um novo caixa se observa as seguintes vantagens:

1) Melhor divisão das tarefas dos caixas;
2) Diminuição no tempo total de atendimento;
3) Maior disponibilidade do caixa.

As principais desvantagens no cenário foram:

1) Contratação de um novo funcionário;
2) Necessidade de investimento em estrutura.

As adaptações foram feitas no ARENA e o novos processos foram simulados e trouxe os seguinte resultados principais:

Tabela 17: Tempos de processamento de 2 caixas

TIPO TESTE	CLIENTE TIPO	Tempo cliente dentro do restaurante Médio (min)	Melhoria em relação inicial
VALOR INICIAL	1	48,85	-
	2	18,61	-
	3	18,32	-
2 Caixas Separados	1	39,23	19,6%
	2	15,36	17,4%
	3	15,51	15,3%

Ao analisar os resultados obtidos se observa um valor idêntico ao obtido na tabela 13 no tipo de teste 1. Tal resultado era esperado a ser próximo, mas foi próximo. Tal fenômeno foi importante para uma análise de gargalo, isso identificou que o caixa para o processo 1 não é um gargalo, ao colocar um caixa para atender o processo 2 e 3, aconteceu a mesma coisa que colocar o caixa para atender os processos 1, 2 e 3. Isso significa que o caixa é gargalo nos processos 2 e 3.

Apesar de o cenário criado não ser um cenário ótimo foi importante para análise geral do sistema.

4.3.2.2 CENÁRIOS PARA O PROCESSO “COZINHA” – TESTE 7:

Como já observado anteriormente a cozinha é um grande gargalo no processo simulado. Uma nova ideia para analisar cenário seria variar o processo da cozinha de forma que melhorasse o tempo de atendimento da cozinha que no cenário atual tem NORM(4.94, 0.324), ou seja, distribuição normal com média 4,94 minutos e desvio padráo 0,324. Realizando testes de tal forma que essa média melhorasse em 25% jogando a expressão para NORM(3,70, 0.243), tal forma buscada com pedidos pré prontos para otimizar os tempos, obtivemos as seguintes vantagens iniciais:

1) Melhora no tempo de atendimento da cozinha;
2) Diminuição no tempo total de atendimento;

As principais desvantagens no cenário foram:

3) Necessidade de padronizar os processos internos da cozinha;
4) Risco de perda de alimentos ao pré-preparar caso não haja demanda;
5) Pedidos foram do padrão não se encaixam e levariam o mesmo tempo.

Sob-hipótese de no estabelecimento cerca de 50% dos pedidos são o convencional sem alterações. Para esses tipo de pedido é possível baixar o tempo de atendimento então novos processos foram introduzidas no ARENA e o novo cenário foi simulado e trouxe o seguinte resultado:

Tabela 18: Tempos de processamento do novo processo melhorado

TIPO TESTE	CLIENTE TIPO	Tempo cliente dentro do restaurante Médio (min)	Melhoria em relação inicial
VALOR INICIAL	1	48,85	-
	2	18,61	-
	3	18,32	-
Nova Cozinha	1	30,40	37,7%
	2	6,48	65,1%
	3	6,40	65,0%

Ao analisar a tabela 16 se percebe como uma melhoria no tempo de preparo influencia drasticamente no resultado do sistema. Uma melhoria de desempenho da cozinha no tempo de atendimento de cerca de 25% sobre 50% dos pedidos, ou seja, de 12,5% no

tempo total de atendimento da cozinha, trouxe uma melhoria geral no sistema os clientes 1, 2 e 3 ficaram consequentemente 37,7%, 65,1% e 65% menos tempo no sistema respectivamente. Há alguns riscos nessa forma de atuar pois algumas vezes pedidos pré prontos não terão demanda no momento e podem esfriar ou até mesmo perder o pedido. Porém ao analisar qualitativamente o custo total e o risco disso acontecer compensa tal esforço.

4.4 COMPARANDO OS CENÁRIOS

.

Os cenários que se destacaram foram os TESTE 5, o qual se contrata apenas um funcionário e este entra na cozinha e um da cozinha passa a ser um segundo caixa e o TESTE 7 onde se propõe uma melhora no processo interno da cozinha. Comparando os 2 cenários temos em resumo a seguinte tabela

Tabela 19: Tempos de processamento do novo processo melhorado

TIPO TESTE	Principais Vantagens	Principais Desvantagens
TESTE 5	Fácil implantação, pois não altera os processos da cozinha; Sem riscos de perda de produtos prontos; Grande diminuição no tempo total de atendimento	Contratar um funcionário;
TESTE 7	Não contrata funcionário; Grande diminuição no tempo total de atendimento	Difícil implantação, pois altera o processo da cozinha; Risco de perda de pedidos prontos.

Como resultado do estudo os dois cenários foram satisfatórios o diferencial na decisão cabe ao gestor, que pode ser a dificuldade de implantação ou então o custo total para decisão entre o cenário do TESTE 5 ou do TESTE 7. No caso do restaurante em questão a alternativa

foi o cenário TESTE 7, onde não se contrata funcionário e apenas uma mudança no processo interno da cozinha culminou na drástica melhoria do sistema.

5. CONCLUSÕES

Ao realizar o trabalho em simulação de processos discretos com modelagem computacional no ARENA foram estabelecidas as seguintes conclusões

1) Para o restaurante estudado o melhor cenário foi o correspondente ao teste 7, o qual, o tempo de atendimento da cozinha foi otimizado gerando uma consequente melhoria no processo total do restaurante sem impactar em aumento de custos de contratação.
2) Criar cenários através de simulação computacional é fundamental na otimização do processo completo do negócio;
3) Não é solução para o negócio melhorar o gargalo do processo totalmente porque a partir de certo ponto ele deixa de ser o gargalo;
4) Ao criar a realidade em modo computacional tem que se abrir mão de certos perfeccionismos, pois é impossível retratar a realidade completa de forma como ele é;

.

6. BIBLIOGRAFIA

BORSHCHEV, A.; FILIPPOV, A. From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE SYSTEM DYNAMICS SOCIETY, 22, 2004.**Proceedings...** Oxford, England: Keble College, 2004.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**, 1ª ed. Florianópolis: Visual Books, 2001.

GARCIA, Leonardo Claro. **Dimensionamento de recursos de atendimento móvel de urgência da região metropolitana II do estado do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2006.

HILLIER, Frederick S. e LIEBERMAN, Gerald J. (2013). **Introdução à Pesquisa Operacional**, 8ª ed. São Paulo: McGraw-Hill.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. 2 ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

LAMARCA, Braz Rafael da Costa. **Utilização da simulação para avaliação de equipes cirúrgicas de revascularização miocárdica em relação ao Australian National Diagnosis Related Group (AN-DRG) em um hospital privado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2008.

PRADO, Darci Santos do. **Usando o ARENA em simulação.** . 3ª Ed. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda – 2004.

SAKURADA, Nelson; MIYAKE, Dario Ikuo. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Gest. Prod.**, São Carlos , v. 16, n. 1, mar. 2009 .

SHIMIZU, Tamio. **Decisão nas organizações**. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2006.

TAHA, Hamdy A. (2013). **Pesquisa operacional**. 2ª ed. São Paulo: Person Prendice Hall.

WINSTON, W. L. **Operations research:** applications and algorithms. 3 ed. California: Duxbury Press, 1993.

7. ANEXO 1 – TABELA 2: dados coletados chegadas do cliente tipo 1

Tabela 2: dados coletados chegadas do cliente tipo 1

Cliente	Hora da Chegada	Tempo Entre Chegadas
1	11:09:15	
2	11:16:00	00:06:45
3	11:20:20	00:04:20
4	11:25:20	00:05:00
5	11:25:49	00:00:29
6	11:31:00	00:05:11
7	11:33:55	00:02:55
8	11:34:30	00:00:35
9	11:35:52	00:01:22
10	11:36:15	00:00:23
11	11:38:38	00:02:23
12	11:41:10	00:02:32
13	11:47:00	00:05:50
14	11:51:10	00:04:10
15	11:54:05	00:02:55
16	12:05:05	00:11:00
17	12:06:20	00:01:15
18	12:07:30	00:01:10
19	12:08:44	00:01:14
20	12:10:40	00:01:56
21	12:11:50	00:01:10
22	12:12:24	00:00:34
23	12:12:46	00:00:22
24	12:17:30	00:04:44
25	12:20:00	00:02:30
26	12:22:52	00:02:52
27	12:24:40	00:01:48
28	12:26:59	00:02:19
29	12:29:20	00:02:21
30	12:29:30	00:00:10
31	12:32:20	00:02:50
32	12:34:00	00:01:40
33	12:34:30	00:00:30
34	12:45:30	00:11:00
35	12:47:10	00:01:40
36	12:52:00	00:04:50
37	12:52:40	00:00:40
38	12:54:40	00:02:00
39	13:00:00	00:05:20

40	13:05:40	00:05:40
41	13:10:40	00:05:00
42	13:14:09	00:03:29
43	13:14:57	00:00:48
44	13:18:40	00:03:43
45	13:27:35	00:08:55
46	13:32:00	00:04:25
47	13:44:07	00:12:07
48	13:45:02	00:00:55
49	13:53:06	00:08:04

8. ANEXO 2 – TABELA 3: dados coletados chegadas do cliente tipo 2

Tabela 3: dados coletados chegadas do cliente tipo 2

Cliente	Hora da Chegada	Tempo Entre Chegadas
1	11:00:00	
2	11:01:30	00:01:30
3	11:03:13	00:01:43
4	11:06:10	00:02:57
5	11:12:00	00:05:50
6	11:16:30	00:04:30
7	11:16:35	00:00:05
8	11:30:55	00:14:20
9	11:32:00	00:01:05
10	11:34:00	00:02:00
11	11:41:05	00:07:05
12	11:48:32	00:07:27
13	12:03:38	00:15:06
14	12:05:05	00:01:27
15	12:09:05	00:04:00
16	12:10:54	00:01:49
17	12:15:00	00:04:06
18	12:16:45	00:01:45
19	12:30:50	00:14:05
20	12:32:30	00:01:40
21	12:43:50	00:11:20
22	12:54:10	00:10:20
23	13:22:15	00:28:05
24	13:32:26	00:10:11
25	13:37:20	00:04:54

9. ANEXO 3 – TABELA 4: dados coletados chegadas do cliente tipo 3

Tabela 4: dados coletados chegadas do cliente tipo 3

Cliente	Hora da Chegada	Tempo Entre Chegadas
1	11:18:11	
2	11:21:10	00:02:59
3	11:24:25	00:03:15
4	11:25:48	00:01:23
5	11:27:55	00:02:07
6	11:32:20	00:04:25
7	11:41:15	00:08:55
8	11:43:45	00:02:30
9	11:48:32	00:04:47
10	11:53:33	00:05:01
11	12:01:44	00:08:11
12	12:08:10	00:06:26
13	12:13:26	00:05:16
14	12:16:16	00:02:50
15	12:35:50	00:19:34
16	12:39:45	00:03:55
17	12:45:40	00:05:55
18	12:47:30	00:01:50
19	12:49:30	00:02:00
20	12:58:55	00:09:25
21	13:05:22	00:06:27
22	13:09:30	00:04:08
23	13:22:01	00:12:31

10. ANEXO 4 – TABELA 5: tempos de atendimentos do caixa em minutos

Tabela 5: Tempos de atendimento do caixa em minutos

ATENDIMENTO	TEMPO SERVIÇO - CAIXA (min)	ATENDIMENTO	TEMPO SERVIÇO - CAIXA (min)
1	1,5	16	1,5
2	1,7	17	0,15
3	0,5	18	1,9
4	2	19	2,4
5	2,12	20	1,3
6	0,2	21	1,6
7	3,25	22	4,75
8	0,83	23	2,5
9	0,33	24	0,66
10	1,16	25	0,83
11	1	26	0,33
12	2,5	27	2,1
13	0,8	28	0,75
14	0,9	29	0,2
15	1	30	0,5

11. ANEXO 5 – TABELA 6: tempos de atendimentos do garçom em segundos

Tabela 6: Tempos de atendimento do garcom em segundos

ATENDIMENTO	TEMPO SERVIÇO - GARÇOM (seg)	ATENDIMENTO	TEMPO SERVIÇO - GARÇOM (seg)
1	40	16	55
2	25	17	35
3	20	18	45
4	22	19	16
5	50	20	36
6	30	21	30
7	40	22	17
8	11	23	22
9	41	24	24
10	35	25	22
11	55	26	19
12	36	27	30
13	35	28	33
14	10	29	25
15	17	30	26

12. ANEXO 6 – TABELA 7: tempos do cliente “comendo”

Tabela 7: Tempos do cliente “comendo”

CLIENTE	TEMPO "COMENDO"	ATENDIMENTO	TEMPO "COMENDO"
1	20,8	16	34,5
2	30,0	17	27,8
3	24,2	18	25,7
4	22,3	19	14,4
5	12,5	20	17,3
6	15,0	21	23,0
7	20,0	22	42,0
8	17,7	23	18,0
9	25,5	24	12,0
10	20,5	25	25,8
11	19,0	26	35,0
12	10,6	27	29,2
13	12,8	28	17,5
14	17,0	29	26,7
15	24,0	30	20,8

13. ANEXO 7 – TABELA 8: tempos de processamento da cozinha

Tabela 8: Tempos de processamento da cozinha

CLIENTE	TEMPO "COZINHA"	ATENDIMENTO	TEMPO "COZINHA"
1	5	16	5.1
2	4.9	17	4.9
3	5.4	18	4.8
4	5.1	19	5
5	4.3	20	5.1
6	4.5	21	5.2
7	4.7	22	5.3
8	5.5	23	5.2
9	5.1	24	5
10	5.2	25	4.7
11	5	26	4.3
12	5.1	27	5.5
13	4.9	28	4.2
14	4.8	29	4.8
15	5	30	4.9