

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Natacha Maria de Carvalho Oliveira

**SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS PARA A
REDUÇÃO DO TEMPO DE ESPERA EM UM
RESTAURANTE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção

Área de Concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Fábio Favaretto

Co-orientador: Prof. Dr. José Arnaldo B. Montevechi

**Dezembro de 2013
Itajubá – MG**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Natacha Maria de Carvalho Oliveira

**SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS PARA A
REDUÇÃO DO TEMPO DE ESPERA EM UM
RESTAURANTE**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 19 de dezembro de 2013, conferindo ao autor o título de *Mestre em Engenharia de Produção*.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fábio Favaretto (Orientador)

Prof. Dr. José Arnaldo B. Montevechi (Co-orientador)

Prof. Dr. Antônio Augusto Chaves (UNIFESP/SJC)

Prof.^a Dr.^a Josiane Palma Lima (UNIFEI)

Itajubá 2013

DEDICATÓRIA

A Deus, único digno de toda honra, glória, louvor e poder. Ao meu marido Ronan, amor, amigo e companheiro, meu filho amado Jonathan e a minha mãe e amiga Fátima.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus por me proporcionar esta oportunidade, pelas inúmeras alegrias e vitórias alcançadas, por me amparar e me capacitar para superar os obstáculos e dificuldades enfrentadas neste período.

Um agradecimento especial ao Ronan, amor da minha vida, marido amigo e companheiro que sempre esteve ao meu lado me apoiando e incentivando com seu amor e dedicação. Ao meu filho Jonathan que com seu sorriso e alegria me faziam esquecer o cansaço. A minha mãe, Fátima, que com paciência, dedicação e amor me auxiliou nas horas em que mais precisei.

Agradeço ao meu orientador, prof. Favaretto, que sempre teve muita paciência e sempre me incentivou. Ao meu co-orientador, prof. José Arnaldo, pelos conselhos. Ao prof. Fabiano cuja ajuda foi fundamental para este trabalho.

Agradeço a equipe do RA Júnior que sempre esteve pronta a ajudar e colaborar para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço também à equipe do DCF pela compreensão e apoio.

Agradeço ainda a todos meus amigos da UNIFEI, alunos e servidores que de alguma forma me ajudaram e me acompanharam ao longo desses anos.

Por fim, agradeço ao CNPq, ao Programa de Pró-Engenharia da CAPES e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte ao longo dessa pesquisa.

Que Deus abençoe todos vocês.

RESUMO

As diversidades e complexidades que envolvem os sistemas de serviço refletem nos problemas enfrentados pelos gestores. Para auxiliar na solução de alguns destes problemas a simulação a eventos discretos tem sido cada vez mais utilizada. No entanto, sua aplicação no setor de serviço, quando comparada ao setor de manufatura, ainda é bem menor. Neste contexto esta pesquisa busca colaborar na literatura, referente à utilização de simulação a eventos discretos no setor de serviços e no detalhamento da coleta de dados, que embora seja uma fase importante em projetos de simulação, geralmente não é evidenciada nas pesquisas. O objeto de estudo desta pesquisa é o RA Junior (Restaurante Acadêmico Junior da Universidade Federal de Itajubá) cujo problema é referente à capacidade de atendimento devido à implantação do REUNI e PNAES. O objetivo deste trabalho é verificar alternativas para redução do tempo de espera do cliente utilizando simulação a eventos discretos. Portanto, um projeto de simulação foi elaborado (aplicando o método de modelagem e simulação) seguindo a estrutura proposta por Montevechi *et. al* (2010) e foram propostos quatro cenários para reduzir o tempo de espera. Na etapa de concepção, foi elaborado e validado o modelo conceitual utilizando a técnica IDEF-SIM. Foi descrito detalhes do planejamento da coleta dos dados de entrada e validação. O modelo computacional, na etapa de implementação, foi elaborado e validado utilizando o *software* ProModel® e uma biblioteca gráfica personalizada, criada a partir da planta baixa do Centro de Convivência da UNIFEI. Na etapa de análise foram verificados os tempos de espera do cliente, identificando o cliente com comanda (C.03) o que permanece mais tempo em espera. Na análise das filas, identificou-se a fila da mesa térmica a que proporciona maior espera e a mesa térmica como o gargalo do sistema. Os quatro cenários propostos visaram reduzir o tempo de espera sugerindo modificações no leiaute e acréscimo de locais de atendimento, explorando o gargalo do sistema. Cada cenário apresenta o mapa IDEF-SIM, leiaute e análise das filas, tempo de espera e capacidade dos locais de atendimento ao cliente. Esta pesquisa apresenta os seguintes resultados: análise comparativa dos cenários, método para coleta de dados por meio de um fluxograma; análise comparativa, descrevendo as vantagens e desvantagens das técnicas utilizadas para coletar os dados nesta pesquisa (cronometro e filmagem) e a descrição do tempo gasto neste projeto de simulação. Conclui-se que todos os cenários proporcionaram redução no tempo de espera dos clientes, evidenciando o Cenário 04 o que proporciona maior redução, chegando a reduzir em 78% o tempo de espera. Identificou-se, na comparação das técnicas de coleta de dados, a filmagem como a mais vantajosa por permitir capturar detalhes do sistema que a utilização apenas do cronômetro não permite. O passo, na elaboração do modelo, que requereu maior dedicação foi de coleta de dados com 42% do tempo gasto. Este passo compõe a etapa de concepção do modelo que totalizou 52% do tempo total necessário para elaboração deste projeto de simulação. Corroborar-se que a etapa de concepção de um modelo é crucial e de vital importância para os resultados alcançados em um projeto de simulação.

Palavras-chave: simulação; coleta de dados; restaurantes; gestão da capacidade; gestão de serviços.

ABSTRACT

Diversities and complexities involving service systems reflect the problems faced by managers. To assist in solving some of these problems to discrete event simulation has been used increasingly. However, its application in the service sector compared to the manufacturing sector, it is still much lower. In this context, this research seeks to collaborate in the literature concerning the use of discrete event simulation in the service sector and the details of data collection, which although an important phase in simulation projects is generally not evident in quantitative research. The object of this research is the Junior RA (Restaurant Junior Scholar at the Federal University of Itajubá) whose problem is related to service capacity due to deployment REUNI and PNAES. The objective of this work is to check alternatives for reducing the waiting time of the client using discrete event simulation. Therefore, a simulation project was prepared (using the method of modeling and simulation) following the structure proposed by Montevechi et. al (2010) and four scenarios have been proposed to reduce the waiting time. In the design phase, was developed and validated the conceptual model using the IDEF -SIM technique. Was described in detail the planning of collecting input data and validating the computational model. The computational model, the implementation phase, was developed and validated using ProModel ® software and a custom graphic library, created from the floor plan Living Center UNIFEI. In the analysis stage were checked timeouts client, identifying the client commands (C.03) which remains longer on hold. The queues were also assessed, identifying the queue thermal table that provides greater thermal table as expected and the system bottleneck. The proposed four scenarios aimed at reducing the waiting time suggesting changes in layout and adding service locations, exploring the system bottleneck. Each scenario presents the map IDEF-SIM, layout and analysis of queues, waiting time and capacity of local customer service. This research presents the following results: comparative analysis of scenarios method for collecting data through a flowchart; comparative analysis, describing the advantages and disadvantages of the techniques used to collect data in this research (timer and shoot) and the description of the time spent this simulation project. It is concluded that all scenarios further reduction in waiting time for customers, highlighting the Scenario 04 which provides greater reduction, reaching 78% reduction in the waiting time. It was identified in the comparison of the techniques of data collection , the shoot as the most advantageous for allowing capture details of the system that using only the stopwatch does not. The step in the models, which required greater dedication was to collect data with 42% of time spent. This step comprises the step of designing the model that totaled 52% of the total time needed to prepare this simulation project . Corroborates that the step of designing a model is crucial and vitally important to the results achieved in a simulation project.

Keywords: simulation, data collection; restaurants, capacity management, service management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Composição do PIB e evolução nos últimos 10 anos	15
Figura 1.2 – Distribuição percentual das empresas prestadoras de serviços	16
Figura 1.3 – Quantidade de alunos na UNIFEI nos anos de 2007 a 2012.....	19
Figura 1.4 – Quantidade de servidores ativos na UNIFEI nos anos de 2007 a 2012	19
Figura 2.1 – Disposições de filas de espera.....	33
Figura 2.2 – Arranjos da instalação de serviço.....	34
Figura 3.1 – Sequência de passos para a simulação.	42
Figura 3.2 – Sequência de passos para o projeto de simulação.....	43
Figura 4.1 – Foto do restaurante na mesa térmica.....	54
Figura 4.2 – Planta baixa do RA Júnior	54
Figura 4.3 – Desenho obtido com a utilização do <i>software Sweet Home 3D</i>	55
Figura 4.4 – Modelo conceitual do sistema de prestação de serviço (IDEF-SIM) parte 01.....	57
Figura 4.5 – Modelo conceitual do sistema de prestação de serviço (IDEF-SIM) parte 2.....	57
Figura 4.6 – Identificação dos locais em que os dados podem ser coletados.....	65
Figura 4.7 – Filmagem dos Caixas 01 e 02 utilizando a câmera de segurança	66
Figura 4.8 – Filmagem da mesa térmica (cubas frias) com a câmera menor	66
Figura 4.9 – Filmagem da mesa térmica (cubas quentes) câmera menor.....	67
Figura 4.10 – Filmagem das Balanças 01 e 02 sobre o balcão.....	67
Figura 4.11 – Filmagem das Balanças 03 e 04 fora do balcão	68
Figura 4.12 – Exemplo da realização da 1ª coleta de dados.....	69
Figura 4.13 – Exemplo de planilha para coleta de dados	70
Figura 4.14 – Exemplos de planilha para coleta de dados de validação	71
Figura 4.15 – Resultado do teste de hipótese realizado para as balanças e caixas.....	73
Figura 4.16 – Modelo computacional – Tela do ProModel®.....	78
Figura 4.17 – Dados do ProModel® extraídos para Excel®.....	80
Figura 4.18 – Quantidade de pessoas nas filas da mesa térmica no horário do almoço.....	81
Figura 4.19 – Teste ANOVA para quantidade de pessoas na fila da mesa térmica	81
Figura 4.20 – Teste de hipótese ANOVA	82
Figura 4.21 – Tempo médio e máximo de espera nas filas (em minutos).....	84
Figura 4.22 – Tempo máximo e médio de espera nas filas por tipo de cliente (em minutos)..	84
Figura 4.23 – Percentual do tempo gasto pelo cliente no restaurante	85
Figura 4.24 – Tempo de espera dos clientes nas filas ao longo do período do almoço.....	86

Figura 4.25 – Análise da capacidade dos locais no sistema atual	87
Figura 4.26 – Mapeamento IDEF-SIM do Cenário 01	90
Figura 4.27 – Leiaute do Cenário 01	91
Figura 4.28 – Cenário 01- Tempo médio e máximo de espera nas filas (em minutos).....	92
Figura 4.29 – Cenário 01 - Tempo máximo e médio de espera por cliente (em minutos)	92
Figura 4.30 – Cenário 01 – Gráfico da análise da capacidade dos locais.....	93
Figura 4.31 – Cenário 01 – Análise do percentual do tempo dos clientes no restaurante.....	94
Figura 4.32 – Leiaute do Cenário 02	95
Figura 4.33 – Cenário 02 – Tempo médio e máximo de espera nas filas (em minutos)	95
Figura 4.34 – Cenário 02 – Gráfico da análise da capacidade dos locais.....	96
Figura 4.35 – Leiaute do Cenário 03	97
Figura 4.35 – Mapa IDEF-SIM do Cenário 03.....	98
Figura 4.37 – Cenário 03 – Tempo médio e máximo de espera nas filas (em minutos)	99
Figura 4.38 – Cenário 03 – Tempo máximo e médio de espera por tipo de cliente (em minutos).....	99
Figura 4.39 – Cenário 03 – Percentual do tempo de espera e consumo dos clientes	100
Figura 4.40 – Cenário 03 – Gráfico da análise da capacidade dos locais.....	101
Figura 4.41 – Mapa IDEF-SIM do Cenário 04.....	102
Figura 4.42 – Leiaute do Cenário 04	103
Figura 4.43 – Cenário 04 – Tempo de espera máximo e médio em cada local.....	104
Figura 4.44 – Cenário 04 – Tempo de espera de cada tipo de cliente	104
Figura 4.45 – Cenário 04 – Percentual do tempo gasto por cada tipo de cliente	105
Figura 4.46 – Cenário 04 – Gráfico da análise da capacidade dos locais.....	106
Figura 5.1 – Fluxograma das atividades de coleta de dados – Parte 1	108
Figura 5.2 – Fluxograma das atividades de coleta de dados – Parte 2	109
Figura 5.3 – Comparação dos tempos máximos de espera por cenário.....	114
Figura 5.4 – Comparação dos tempos médios de espera por cenário.....	115
Figura 5.5 – Comparação dos tempos máximos de espera para cada tipo de cliente	116
Figura 5.6 – Comparação dos tempos médios de espera para cada tipo de cliente	116
Figura 5.7 – Tempo gasto no projeto de simulação.....	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Exemplos de sistemas e seus componentes	36
Quadro 3.1 – Simbologia utilizada na técnica proposta IDEF-SIM.....	45
Quadro 4.1 – Tipos de clientes e suas características.....	52
Quadro 4.2 – Informações obtidas na entrevista com os gestores.....	53
Quadro 4.3 – Dados de entrada do modelo computacional para tempos de atendimento	59
Quadro 4.4 – Descrição dos dados identificados na Figura 4.6 (continua)	60
Quadro 4.4 – Descrição dos dados identificados na Figura 4.6 (continua)	61
Quadro 4.4 – Descrição dos dados identificados na Figura 4.6 (continua)	62
Quadro 4.4 – Descrição dos dados identificados na Figura 4.6 (continua)	63
Quadro 4.4 – Descrição dos dados identificados na Figura 4.6 (conclusão).....	64
Quadro 4.5 – Tipos de clientes e suas características	72
Quadro 4.6 – Resultado da modelagem dos dados	74
Quadro 4.7 – Locais cadastrados no sistema	76
Quadro 4.8 – Entidades do sistema	77
Quadro 4.9 – Descrição comparativa das modificações dos cenários com o sistema atual	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Dados modelados para alimentação do modelo computacional.....	75
Tabela 4.2 – Dados modelados para alimentação do modelo computacional.....	75
Tabela 4.3 – Tempos de espera nas filas em minutos	83
Tabela 4.4 – Custo aproximado para implantação dos cenários.....	89
Tabela 5.1 – Comparativo do tempo total máximo de espera	117

LISTA DE ABREVIATURAS

C.01	Cliente da lanchonete
C.01A	Cliente da lanchonete que paga com dinheiro
C.01B	Cliente da lanchonete que paga com cartão
C.02	Cliente com cartão
C.02A	Cliente com cartão que consome apenas refeição
C.02B	Cliente com cartão que consome refeição e outros produtos
C.03	Cliente com comanda ou sem cartão
C.03A	Cliente com comanda que consome apenas refeição
C.03B	Cliente com comanda que consome refeição e outros produtos
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFES	Instituições Federais de Ensino Superior
PAS	Pesquisa Anual de Serviços
PIB	Produto Interno Bruto
PNAES	Programa Nacional de Assistência Estudantil
RA	Restaurante Acadêmico
REUNI	Programa de Apoio aos Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais
UNIFEI	Universidade Federa de Itajubá

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Contextualização.....	14
1.2. Justificativa e motivação da pesquisa.....	15
1.3. Problema.....	18
1.4. Objetivos e resultados esperados.....	19
1.5. Estrutura do trabalho.....	20
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1. Considerações iniciais.....	22
2.2. Conceito e característica de serviços.....	22
2.3. Gestão da capacidade.....	25
2.4. Gestão de serviços e filas de espera.....	30
2.5. Modelagem e simulação.....	35
2.5.1. Simulação a eventos discretos.....	35
2.5.2. Vantagens e desvantagens da simulação computacional.....	38
3. MÉTODO DE PESQUISA.....	41
3.1. Considerações iniciais.....	41
3.2. Modelagem e simulação – pesquisa quantitativa experimental.....	41
3.3. Sequência para elaboração da pesquisa de modelagem e simulação.....	41
3.3.1. Concepção.....	44
3.3.1.1. Modelo conceitual.....	44
3.3.1.2. Validação do modelo conceitual.....	46
3.3.1.3. Modelagem dos dados em simulação: coleta e tratamento.....	47
3.3.2. Implementação.....	48
3.3.2.1. Verificação e validação.....	48
3.3.3. Análise.....	49
4. APLICAÇÃO DO MÉTODO.....	50
4.1. Considerações iniciais.....	50
4.2. Concepção.....	50
4.2.1. Objetivo e definição do modelo.....	50
4.2.1.1. Simplificações do modelo.....	55
4.2.2. Construção do modelo conceitual.....	56
4.2.3. Validação do modelo conceitual.....	58
4.2.4. Modelagem dos dados de entrada.....	58

4.2.4.1. Coleta de dados.....	58
4.2.4.2. Tratamento dos dados de entrada	71
4.3. Implementação.....	75
4.3.1. Construção do modelo computacional.....	75
4.3.2. Verificação e validação do modelo computacional	78
4.3.3. Validação do modelo computacional.....	79
4.4. Análise	83
4.4.1. Experimento – definição e execução	88
4.4.1.1. Considerações iniciais	88
4.4.1.2. Cenário 01	89
4.4.1.3. Cenário 02.....	94
4.4.1.4. Cenário 03.....	97
4.4.1.5. Cenário 04.....	101
5. RESULTADOS	107
5.1. Considerações iniciais	107
5.2. Sugestão de método para coleta de dados.....	107
5.2.1. Comparação das técnicas de coleta de dados.....	111
5.3. Análise e comparação dos cenários	113
5.4. Tempo gasto no projeto de simulação	117
6. CONCLUSÃO	119
REFERENCIAL TEÓRICO	121

1. Introdução

1.1. Contextualização

O setor de serviços é composto por atividades diversas e complexas, seja comparando atividades diferentes, como serviços educacionais com serviços de transporte, por exemplo, ou atividades semelhantes, como restaurantes *fast food* com restaurantes *self-service*, esta disparidade dificulta muitas vezes sua análise e estudo.

Entretanto, o mercado competitivo desafia os gestores a oferecer, diante de um cliente cada vez mais exigente e cujo tempo é precioso, um serviço cada vez mais rápido, eficiente, sem, no entanto, afetar a qualidade e também a produtividade.

Inserido neste contexto, entre as atividades que compõem o setor de serviços alimentícios, estão os restaurantes universitários, que são infraestruturas importantes para as universidades federais, pois proporcionam aos alunos, servidores e comunidade local, alimentos e refeições a um preço acessível, além de gerar empregos diretos e indiretos.

Aliado as dificuldades impostas pelo mercado os gestores dos restaurantes universitários também enfrentam os desafios impostos pelo Governo. Com o Programa de Apoio aos Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI, instituído pelo Governo Federal, o número de alunos e servidores nas universidades federais em todo país aumentou gradualmente, majorando, conseqüentemente a demanda dos restaurantes universitários.

Diante deste fato, a gestão da capacidade é um tema de grande relevância, pois o planejamento das operações de acordo com o processo pode garantir que o cliente receba o que está esperando, com qualidade e eficiência. (GRÖNROOS, 2009).

Em organizações de serviços alimentícios são utilizadas várias estratégias para tomada de decisão a respeito da capacidade. Um atendimento rápido e de qualidade é um dos fatores determinantes no mercado competitivo (HWANG, GAO, JANG, 2010). Davis, Aquilano e Chase (2001) argumentam que oferecer serviços cada vez mais rápidos, com o objetivo de chegar a um tempo de espera igual a zero é algo que tem recebido especial atenção por parte das organizações, devido às exigências dos clientes cujo padrão de vida está aumentando e o tempo tem se tornado algo de grande valor.

A fim de gerir o tempo de espera do cliente, algumas ferramentas são sugeridas no planejamento da gestão da capacidade e também das filas em sistemas de serviços. Dentre

Capítulo 1 – Introdução

estas ferramentas encontra-se a simulação que auxilia os gestores na tomada de decisões em problemas complexos (RITZMAN e KRAJEWSKI, 2004; CORRÊA e CAON, 2002; KRAJEWSKI, RITZMAN e MALHOTRA, 2009; DAVIS, AQUILANO e CHASE, 2001).

O objeto de estudo desta pesquisa é o restaurante acadêmico da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), denominado RA Empreendimentos Junior ou RA Junior. Este restaurante, segundo informações do seu site oficial¹, “funciona como um novo modelo de laboratório universitário”. É uma empresa constituída e administrada pelos alunos matriculados em cursos de graduação da UNIFEI.

1.2. Justificativa e motivação da pesquisa

A importância do setor de serviços vem se reafirmando na economia mundial nos últimos anos. Na economia brasileira, em uma análise da composição do PIB brasileiro nos anos de 2002 a 2012, conforme a Figura 1.1, o setor de serviços não só se destaca dos demais setores como também seus resultados vem aumento a cada ano quando comparado a outros setores (IBGE, 2013).

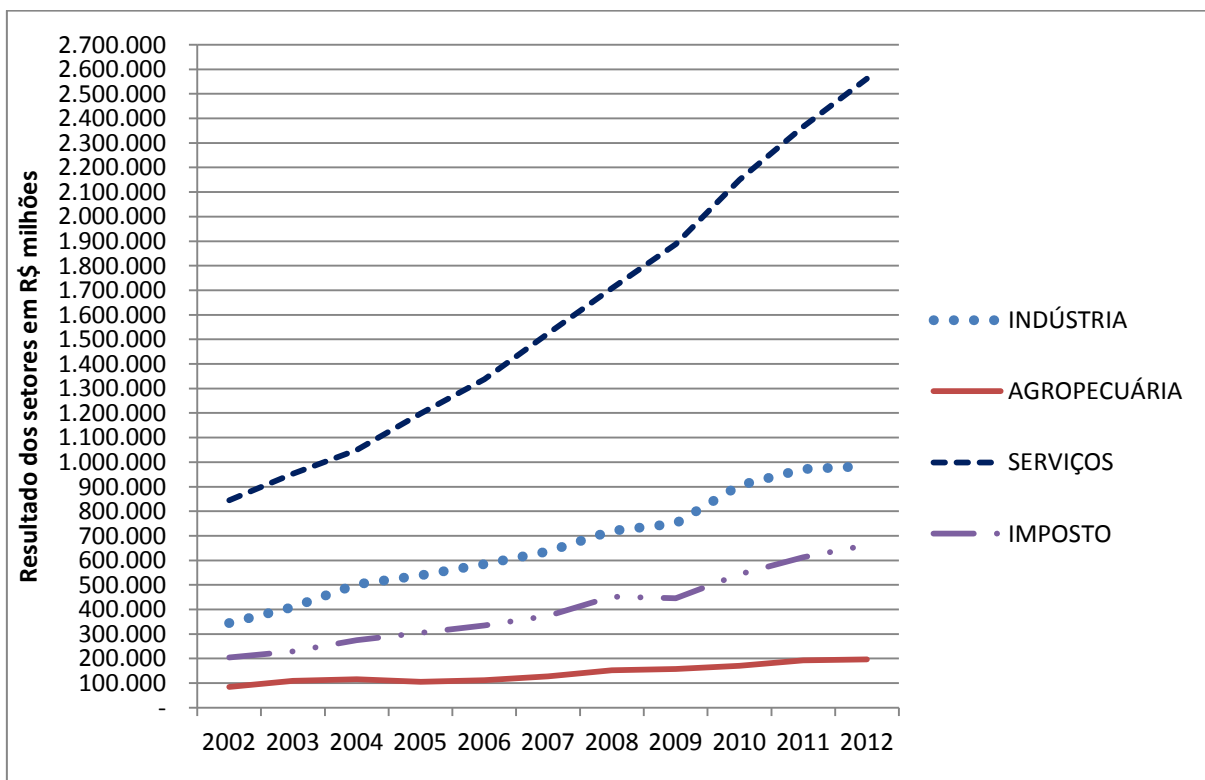


Figura 1.1 – Composição do PIB e evolução nos últimos 10 anos
Fonte: Adaptado de (IBGE, 2013)

1. <http://www.rajunior.com.br/ra/Pagina.do;jsessionid=rfuqwrtr83k?idSecao=6>

Capítulo 1 – Introdução

O setor de serviços é heterogêneo, seja no que se refere à atuação das empresas, como ao nível de integração aos processos de inovação e ao uso de tecnologia, apresentando ainda distintos perfis de ocupação de pessoal (PAS, 2011).

Devido a estas diversidades, o setor possui várias divisões e classes estabelecidas pela Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE 2.0. Uma das subdivisões apresentada na Pesquisa Anual de Serviços 2011 (PAS, 2011) está a de serviços prestados principalmente às famílias que engloba entre outros os serviços de alimentação. Nesta última pesquisa publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), revela que no segmento de serviços prestados principalmente às famílias, em 2011 os serviços de alimentação destacaram-se como as maiores geradoras de receita, salários, pessoal ocupado e também número de empresas conforme Figura 1.2.

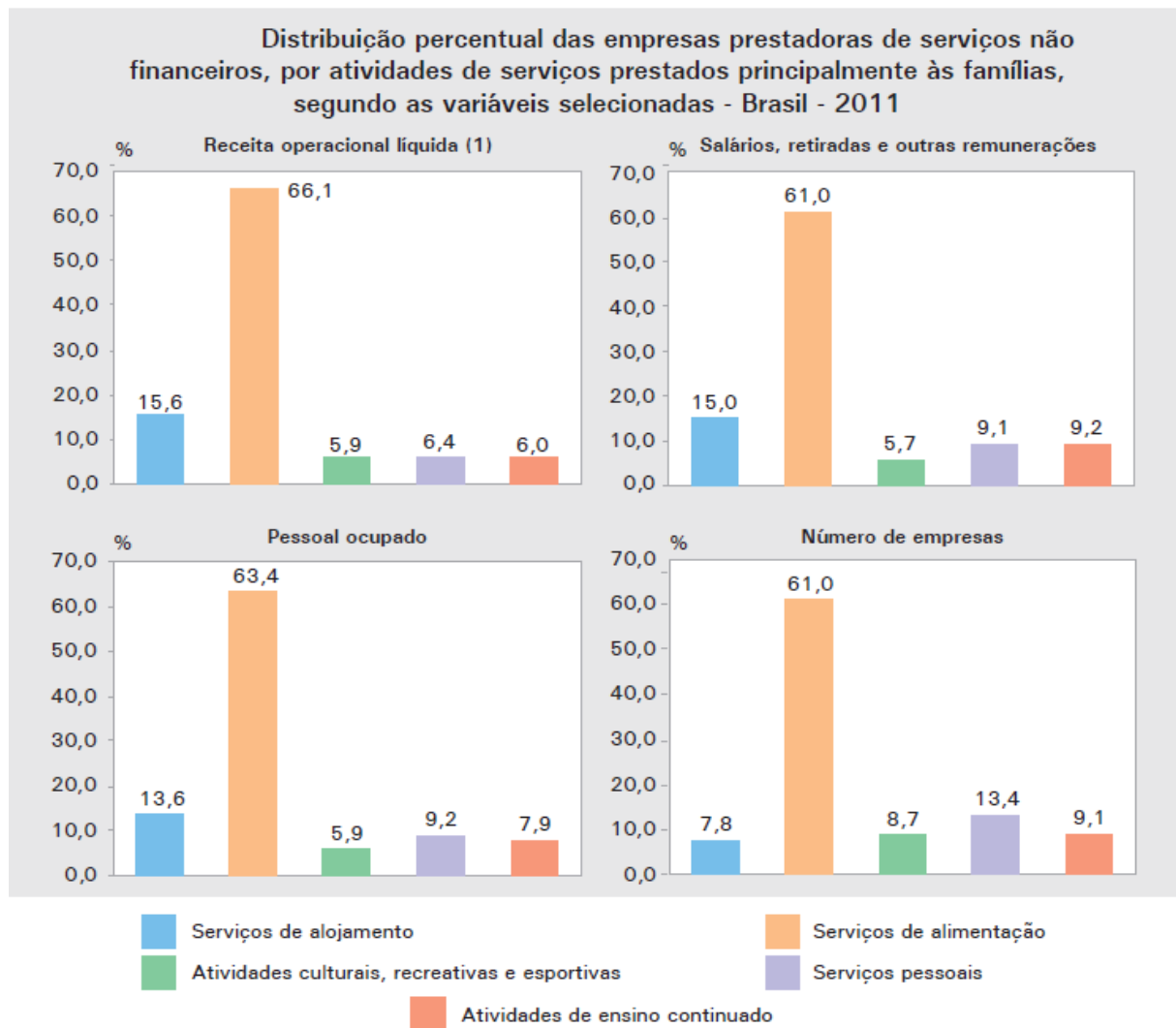


Figura 1.2 – Distribuição percentual das empresas prestadoras de serviços
Fonte: (PAS, 2011)

Capítulo 1 – Introdução

Fazendo parte do segmento de serviços alimentícios se encontram os restaurantes universitários. Coutinho, Moreira e Silva (2005) afirmam que os restaurantes universitários que oferecem refeições a baixo custo ou gratuitas são importantes mecanismos de inclusão social para estudantes de carência econômica, facilitando a permanência destes alunos no campus e viabilizando a conclusão dos seus cursos.

O Governo Federal, com o objetivo de estender o ensino superior para mais pessoas no Brasil, instituiu em 2007, por meio do Decreto nº 6.096 de 24 de Abril de 2007, o Programa de Apoio aos Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais - REUNI. As ações do plano contemplavam o aumento da oferta de cursos, a ampliação do número de vagas nos cursos de graduação e entre outras ações, o combate à evasão.

Neste mesmo ano, por meio da Portaria Normativa nº 39 de 12 de Dezembro de 2007, o Ministério da Educação criou o Programa Nacional de Assistência Estudantil – PNAES, proporcionando aos estudantes de baixa renda, matriculados em cursos de graduação presencial das Instituições Federais de Ensino Superior – IFES, assistências, como por exemplo, a de alimentação, para ampliar as condições de acesso e permanência nestas instituições.

Este cenário veio a contribuir para o aumento da demanda nos restaurantes universitários que são infraestruturas importantes para estas ações governamentais. Coutinho, Moreira e Silva (2005) lembram também que em 1992, o Ministério da Educação e Cultura extinguiu as verbas destinadas aos restaurantes, repassando para as Instituições de Ensino Superior a responsabilidade de incentivo e da manutenção desses estabelecimentos.

Diante disto, o RA Júnior da Universidade Federal de Itajubá não só contribui para a permanência do aluno na universidade, oferecendo refeições a preços acessíveis e gratuitos (a alunos de baixa renda contemplados pelo PNAES), como também proporciona a estes alunos, como um laboratório universitário, a oportunidade de ingressar em um projeto que visa aprimorar suas habilidades que dificilmente seriam adquiridas somente em uma sala de aula.

Desta forma, os gestores do RA Júnior, que atuam no presente e os que tomarão posse no futuro, precisam estar munidos de ferramentas que possam auxiliá-los na gestão da capacidade de maneira a atender a demanda crescente de alunos e servidores da UNIFEI.

Na literatura nacional e internacional alguns trabalhos já foram realizados a fim de solucionar problemas comuns aos restaurantes, auxiliando na gestão de operações de serviços como:

- Redução no tempo de atendimento (CURIN; *et al.*, 2005; HWANG, 2008);

Capítulo 1 – Introdução

- Gestão da qualidade centrada na análise do ambiente, conforto das instalações e do atendimento dos funcionários (COUTINHO; MOREIRA e SOUZA, 2005);
- Eficiência dos serviços, focando em reservas (THOMPSON e KWORKTHIK, 2008);
- Gestão de pessoas (OLIVEIRA, LEONE e SOUZA, 2009);
- Análise de funcionamento de um restaurante *Fest Food*, nos Estados Unidos (FARAHMAND e MARTINEZ, 1996);
- Avaliação de filas e satisfação dos clientes (JACOB; *et al.*, 2006).

Embora existam várias ferramentas que auxiliam os gestores nas organizações de serviço, ainda há uma carência na literatura referente à gestão da capacidade neste setor. Anderson (2006) afirma que em relação à gestão das operações de serviços, a literatura é lenta em oferecer respostas, pois o conhecimento ainda é pouco sobre os desafios enfrentados pelos gestores no setor de serviços. Bowen e Ford (2002) já identificavam esta deficiência, afirmando que a literatura é escassa em termos de tratamento abrangente referente às diferenças entre a gestão das organizações de serviços e a gestão das organizações de manufatura.

Chase e Apte (2007) confirmam que embora o setor de serviços seja de evidente valor, seu domínio na economia seja de longa data e o quanto é importante pesquisa em serviços é difícil refutar a conclusão, ao analisar a literatura, que pesquisa e ensino em gestão de operações têm sido direcionados para o setor de manufatura.

Referente à aplicação da técnica de simulação em operações de serviços, estudos realizados por Sakurada e Miyake (2009), revelam que com o crescimento do setor de serviços a realização de pesquisas sobre a aplicação da simulação tem sido estimulada. Entretanto, a aplicação da simulação no setor de serviços é pouco quando comparada em número aos trabalhos publicados nas áreas de manufatura e logística.

1.3. Problema

Devido à expansão da Universidade Federal de Itajubá, motivada pelo REUNI, o número de alunos e servidores cresceu consideravelmente (Figuras 1.3 e 1.4) nos anos de 2007 a 2012 conforme informações dos últimos Relatórios de Gestão da UNIFEI referente ao exercício dos anos de 2011 e 2012.

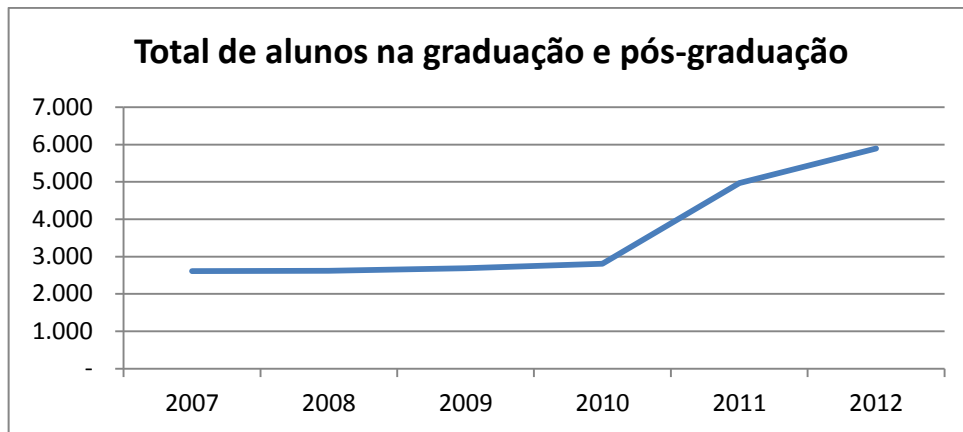


Figura 1.3 – Quantidade de alunos na UNIFEI nos anos de 2007 a 2012
Fonte: Relatório de Gestão (2011 e 2012)

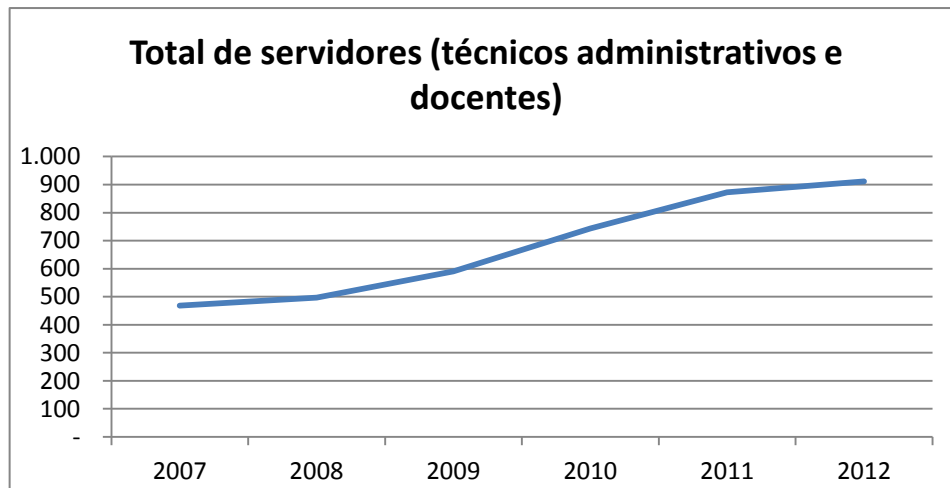


Figura 1.4 – Quantidade de servidores ativos na UNIFEI nos anos de 2007 a 2012
Fonte: Relatório de Gestão (2011 e 2012)

Verifica-se que houve um aumento, considerando os campi de Itajubá e Itabira, de 126% na quantidade de alunos e 95% na quantidade de servidores em 2012 em comparação ao ano de 2007. Somente no campus de Itajubá, neste mesmo período, o aumento do número de alunos foi de 70% e de servidores 56%. Conseqüentemente este crescimento é refletido na demanda do restaurante.

Outros fatores importantes e que requer atenção especial são o leiaute e a localização do restaurante, que será tratado com maiores detalhes no Capítulo 4.

Diante destes fatos o restaurante da UNIFEI, RA Júnior, apresenta um problema referente à capacidade de atendimento.

1.4. Objetivos e resultados esperados

O objetivo geral deste trabalho é verificar alternativas para redução do tempo de espera do cliente no Restaurante Acadêmico Júnior da UNIFEI aplicando a técnica de simulação a

Capítulo 1 – Introdução

eventos discretos. Para alcançar este objetivo alguns objetivos específicos foram estabelecidos:

- Planejar a coleta de dados, propondo um método para a realização da coleta de dados, identificando as vantagens e desvantagens das técnicas de coleta de dados utilizadas nesta pesquisa;
- Analisar as filas e verificar por meio de cenários a possibilidade de reduzir o tempo de espera do cliente;

Como resultado deste projeto pretende-se apresentar um instrumento que possa auxiliar os pesquisadores na coleta de dados de um projeto de simulação e os gestores do restaurante na gestão da capacidade de atendimento e na tomada de decisões.

1.5. Estrutura do trabalho

Este trabalho de dissertação está estruturado em 5 capítulos.

O **primeiro Capítulo** descreveu o contexto em que esta pesquisa está inserida, assim como a justificativa da pesquisa, o problema e elencou os objetivos.

O **Capítulo 2** apresenta a fundamentação teórica a qual é à base desta pesquisa. Buscou-se descrever todos os elementos fundamentais nesta pesquisa sobre serviço, capacidade, filas e simulação a eventos discretos. Para tanto, uma revisão da literatura foi realizada, apreciando, periódicos nacionais e internacionais, artigos de congressos, livros, teses e dissertações.

No **Capítulo 3** é apresentado o método de pesquisa quantitativo, experimental, modelagem e simulação que orientou a elaboração desta pesquisa.

O **Capítulo 4** descreve a aplicação do método de pesquisa com ênfase na concepção do modelo, na coleta de dados na qual é descrito as técnicas utilizadas. Neste capítulo também é descrito como o modelo foi elaborado e validado. Após a análise do modelo do sistema atual são sugeridas alterações no sistema atual por meio de quatro cenários com objetivo de minimizar o tempo de espera e a quantidade de filas.

O **Capítulo 5** apresenta os resultados obtidos neste trabalho. É sugerido um método de coleta de dados por meio de um fluxograma baseado nas ações realizadas. São apresentadas as vantagens e desvantagens das técnicas de coleta de dados utilizada nesta pesquisa. Neste capítulo também é realizada a análise comparativa dos cenários evidenciando a redução dos tempos de espera e é realizado um demonstrativo do tempo gasto na elaboração do projeto de simulação em cada etapa.

Capítulo 1 – Introdução

O **Capítulo 6** finaliza este trabalho apresentando a conclusão e sugestões para trabalhos futuros

2. Fundamentação teórica

2.1. Considerações iniciais

Neste capítulo buscou-se descrever os elementos fundamentais que nortearam esta pesquisa. Permeando pelo conceito e características de serviços, capacidade e filas. Descrevendo também conceitos importantes de modelagem e simulação, os termos utilizados e o passo a passo para a elaboração de um projeto de simulação, inclusive coleta de dados.

2.2. Conceito e característica de serviços

A conceituação de serviço na literatura é ampla e ao longo da história vários foram os autores que procuraram sintetizar o conceito de serviços e classifica-lo, identificando suas características sob ponto de vista a partir do processo, natureza da entrega, sob aspecto econômico ou social, explicando de forma simples ou abrangente (MEIRELLES, 2006; CHASE e APTE, 2007; MELLO *et al.*, 2010).

Entretanto, a conceituação de serviços entre os autores ainda há discordâncias. De acordo com Meirelles (2006), o conceito de serviço, assim como o seu tratamento teórico, sofrem reflexos da diversidade de atividades, variedade e heterogeneidade quanto suas características e processos ou sob o ponto de vista da estrutura de mercado que compõem o setor de serviços.

De forma semelhante, Dias (2011) comenta que o problema é que o setor de serviços contém muitas organizações díspares em termos de atividades, processos e produtos que desafiam qualquer tentativa de uma classificação que seja abrangente o suficiente para descrever todos os serviços.

Lovelock e Gummesson (2004), quanto à definição e as características de serviço, afirmam que como o domínio dos serviços se expandiu as fronteiras de sua definição tornaram-se mais obscuras. Outro fator, que pode contribuir para a dificuldade quanto à conceituação de serviços, e que não pode ser negligenciado, é que a tecnologia moderna tem revolucionado a maneira de como os serviços são prestados (PATRICIO, FISK e CUNHA, 2008)

Bowen e Ford (2002) definem que serviço é a soma de elementos que se juntam para criar uma experiência inesquecível, em um determinado ponto no tempo, para um cliente. Esses elementos incluem um produto, serviço intangível ou tangível, uma configuração de serviço e um sistema de prestação de serviços, ou seja, pessoas, equipamentos, organização e outros sistemas que permitam a entrega da experiência de atendimento ao cliente.

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

Sob um ponto de vista diferente, Meirelles (2006) assegura que para a análise conceitual de serviço é preciso compreender que serviço é essencialmente diferente de um bem ou de um produto. “Serviço é trabalho em processo, e não o resultado da ação do trabalho; por esta razão elementar, não se produz um serviço, e sim se presta um serviço”.

A definição de serviço por Kotler e Keller (2006) é que “serviço é qualquer ato ou desempenho, essencialmente intangível, que uma parte pode oferecer a outra e que não resulta na propriedade de nada.” A execução do serviço pode ou não estar vinculada a um produto tangível.

Estudos realizados por Lovelock e Gummesson (2004) em uma revisão da literatura referente às características de serviço revelaram que quatro características se destacam: intangibilidade, heterogeneidade (não padronização dos serviços), inseparabilidade (ou simultaneidade de produção e consumo) e a perecibilidade (ou incapacidade de estoque dos serviços). Outros autores como Gianesi e Corrêa (1996), Contador (2001); Fitzsimmons e Fitzsimmons (2005), Kotler e Keller (2006) e Mello *et al.* (2010) também citam tais características como as mais citadas na literatura:

- Intangibilidade: esta característica está diretamente ligada às experiências e sensações vivenciadas pelo consumidor. Por exemplo, o sabor de um alimento sentido pelo cliente, a experiência vivenciada em um *show* de música. Serviços são conceitos e ideias e não podem ser testados antes de serem adquiridos, como por exemplo, uma pessoa que se submete a uma cirurgia plástica no rosto cujos resultados exatos não podem ser vistos antes da compra e execução do serviço. Devido a esta característica há uma dificuldade na medição da qualidade dos serviços. No entanto, para Lovelock e Gummesson (2004) a intangibilidade dos serviços é um conceito limitado, concordando com Contador (2001) que afirma que esta característica não pode ser aplicada a todos os serviços. A intangibilidade não é uma característica universal de todos os serviços durante todas as suas fases: pré-compra até a entrega, consumo e saída. Por exemplo, um cliente antes de se registrar em um hotel pode analisar o quarto, as instalações e até mesmo “sentir” a cama em que irá dormir.
- Inseparabilidade ou simultaneidade de produção e consumo dos serviços e a coprodução: os serviços são consumidos parcial ou totalmente à medida que são produzidos. Na coprodução o cliente se envolve em um *self-service*, utilizando sistemas, instalações ou equipamentos disponibilizados pelo fornecedor do serviço. Para esta característica a presença do cliente é fundamental. Entretanto em muitos

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

serviços, assim como ocorre na característica de intangibilidade, não se aplica a todos. Há uma gama de serviços em que a presença do cliente não se faz necessária e seu consumo não é simultâneo, por exemplo, serviços de lavanderia a seco, troca de óleo do carro, limpeza, entre outros.

- **Percibilidade:** serviços não podem ser estocados, ou seja, eles não podem ser armazenados para uso no futuro. Esta característica está associada à demanda, capacidade, dependência do tempo e à característica de simultaneidade de produção e consumo. Por exemplo, se a demanda é baixa a capacidade não utilizada é desperdiçada e se a demanda é alta e não há capacidade suficiente há perda de negócios. Se em um consultório o paciente não aparece para a consulta, aquele período no tempo relacionado à capacidade e oportunidade se perdeu. Porém, em alguns aspectos do serviço como a parte tangível do processo, pode ser estocado, como por exemplo, em um restaurante em que o alimento pode ser preparado com antecedência para ser servido posteriormente. Outra visão dada por Lovelock e Gummesson (2004) expandindo o conceito de inventário ou estoque de serviços é que, muitas indústrias de serviços calculam sua capacidade produtiva futura para datas específicas e até mesmo horas do dia, relacionando-a com variáveis tais como horas de serviço, número de empregados disponíveis e até mesmo variações planejadas em que a capacidade pode ser reduzida se os clientes estão dispostos à fila.
- **Heterogeneidade, não padronização dos serviços ou variabilidade dos resultados de saída dos serviços:** a variação ocorre comparando diversos tipos de serviços devido à necessidade de cada cliente, como por exemplo, serviço de cabeleireiro, massagista, taxis, entre outros. Mas esta variação também ocorre quando se compara serviços do mesmo tipo, por exemplo, alguns cirurgiões tem sucesso em determinados procedimentos cirúrgicos, outros não, alguns médicos, em seu atendimento, podem ser mais cordiais que outros. Isto deve - se ao fato de que o fornecimento ou prestação do serviço depende de quem, onde e quando são realizados.

Meirelles (2006), explica que esta redução da intangibilidade, simultaneidade, inestocabilidade e interatividade pessoal entre prestadores e usuários dos serviços estão diretamente relacionadas com as inovações organizacionais, tecnológicas e as novas formas de comercialização que afetam a natureza dos serviços.

2.3. Gestão da capacidade

Fernandes e Godinho (2010) descrevem que capacidade é o número máximo de unidades que uma instalação pode produzir em um período ou o número máximo de horas de trabalho que a instalação pode oferecer em um período.

Em operações de serviços, Fitzsimmons e Fitzsimmons (2005) definem capacidade como habilidade de prestar um serviço através de um período no tempo em particular e é determinada pelos recursos disponíveis na organização em forma de instalações, equipamentos e mão de obra. Giansesi e Corrêa (1996) descrevem que capacidade é o potencial produtivo de um sistema e para Chase, Jacobs e Aquiliano (2006) capacidade é quantidade de produto que um sistema pode produzir em um período de tempo específico ou número de clientes que a empresa é capaz de atender em um período. Johnston e Clark (2002) definem como “o volume de atividade de valor agregado sustentado durante um período no tempo”.

Segundo Lovelock e Wright (2001), a capacidade produtiva, referente a serviços, pode adquirir cinco formas:

- Instalações físicas com o objetivo de conter o cliente, por exemplo, hotéis, bancos e restaurantes;
- Instalações físicas com o objetivo de estocar, armazenar ou processar bens, por exemplo, prateleiras e estacionamento;
- Equipamentos físicos utilizados com pessoas, processamento de informação e/ou bens, por exemplo, telefones, computadores, maquinários. Quando estes equipamentos são insuficientes para atender um determinado nível de demanda pode incorrer uma demora na prestação do serviço ou a sua total interrupção;
- Mão de obra seja para serviços cujo nível de contato com o cliente é intenso, médio ou baixo.
- Capacidade de infraestrutura pública ou privada, por exemplo, energia elétrica, água, segurança.

Davis, Aquilano e Chase (2001), afirmam que a capacidade pode ser afetada tanto por fatores externos como fatores internos:

- Fatores externos: legislação governamental (horas de trabalho, segurança, poluição), acordos com sindicatos e capacidade do fornecedor;
- Fatores internos: projeto do produto e serviço, pessoal e empregado (treinamento do trabalhador, motivação, aprendizado, satisfação no emprego e métodos), leiaute de

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

planta e fluxo de processo, capacidade e manutenção de equipamentos, administração de materiais, sistemas de controle de qualidade, capacidade da administração.

Referente a um dos fatores que podem influenciar a capacidade, o leiaute de planta e fluxo do processo, Davis, Aquilano e Chase (2001) descrevem, para o processo de serviços, características de um bom leiaute como: padrões de fluxo de serviços de fácil compreensão, instalações de atendimento adequadas, comunicação fácil com os clientes, supervisão dos clientes facilmente mantida, pontos de entrada e saída com suficiente capacidade de *check-out*, equilíbrio entre a área de atendimento e área de serviço, caminhar reduzido ao mínimo, sem desordem, alto volume de vendas por pé quadrado da instalação.

Para tomar decisões a respeito de capacidade, Gianesi e Corrêa (1996) destacam que é importante ser capaz de medi-la. Estes autores assim como Gaither e Frazier (2002) concordam que são necessárias as seguintes ações:

- Estimativa da capacidade existente;
- Previsões de necessidades futuras de capacidades;
- Selecionar alternativas a fim de obter capacidade adicional.
- No curto, médio e longo prazo, identificar e analisar as diferentes fontes e formas de alterar a capacidade;
- Identificar diferentes formas de influenciar a demanda, avaliando o impacto desta decisão em função da qualidade do serviço prestado;
- Escolher fontes alternativas para incrementar a capacidade do sistema.
- Para analisar a capacidade é necessário examinar entradas de recursos e saídas dos produtos em uma dimensão no tempo, ou seja, o resultado, em relação a um período, pois para fins de planejamento, a capacidade real, ou seja, eficaz, depende do que será produzido (CHASE, JACOBS e AQUILIANO, 2006).

Referente às formas de medir a capacidade, em operações de serviços, Fitzsimmons e Fitzsimmons (2005) dizem que devido à incapacidade dos serviços de controlar a demanda deles exigidas, a capacidade é normalmente medida em termos de dados de entrada, por exemplo, números de quartos no hotel, em vez de dados de produção, por exemplo, diárias de hóspedes. Entretanto, para Reid e Sanders (2005) a capacidade pode ser aferida considerando-se as entradas ou as saídas, por exemplo, em um hospital, utilizando dados de entrada (leitos disponíveis por mês) ou utilizando dados de saída (números de pacientes por mês).

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

Johnston e Clark (2002) alertam para algumas condições que podem dificultar a avaliação da capacidade produtiva:

- Composto do produto do serviço, ou seja, são tipos de processos que compõe o serviço. Quando são compostos por alto volume de “processos rotineiros”, ou seja, atividades padronizadas, o cálculo da capacidade produtiva é direta. Mas se o composto do produto torna-se mais complexos, contendo flutuações entre processos “repetidos” (processos padronizados, mas que ocorrem menos que os rotineiros e exigem mais recursos) ou “estranhos” (processos não padronizados) o cálculo também se torna mais complexo. Exemplo: um operador, sob condições normais atende em um turno 120 ligações normais, entretanto se algumas das ligações forem problemas complexos ou reclamações sérias, o número de ligações será afetado significativamente.
- Impacto da localização: a localização de um serviço pode impactar no cálculo da capacidade, por exemplo, comparar a capacidade produtiva, quantidade de atendimentos de um engenheiro de manutenção de computadores em uma grande cidade com um engenheiro que atende em localidades rurais.
- Extensão da intangibilidade no produto do serviço: por exemplo, número de pequenas transações em um restaurante *fast food* é consistente. Mas quando se lida com trabalhadores do conhecimento que lidam com a necessidade de gerar receita em curto prazo, mas com a pesquisa e o desenvolvimento em longo prazo a mensuração da capacidade produtiva é muito mais complexa.

Nas operações de serviços o gerenciamento e a previsão da demanda, assim como a utilização da capacidade são desafios gerenciais de grande importância para obter um melhor aproveitamento na utilização dos recursos frente a uma demanda de comportamento aleatório (SABBADINI, GONÇALVES e OLIVEIRA, 2006; RITZMAN e KRAJEWSKI, 2004).

Embora em alguns aspectos, os problemas no planejamento da capacidade nos serviços e manufatura sejam semelhantes, existem muitas diferenças importantes. Chase, Jacobs e Aquiliano (2006) alertam que a capacidade de serviço, referente a tempo e local é mais dependente e está sujeita a “flutuações mais voláteis da demanda” e a utilização afetam diretamente a qualidade do serviço.

Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), para o planejamento da capacidade, apontam que ele deve ser elaborado em dois níveis: curto prazo e longo prazo e estão estreitamente entrelaçados um com o outro. Chase, Jacobs e Aquiliano (2006) descrevem este planejamento como horizontes de tempo para planejamento de capacidade onde:

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

- Curto prazo: menos de um mês, planejamento diário ou semanal incluindo ajustes para retirar a variação entre a produção do que foi planejado e o real.
- Médio prazo: é um planejamento mensal ou trimestral para os próximos 6 a 18 meses, as variações estão relacionadas à contratação, demissões e aquisição de equipamentos de pequeno porte.
- Longo prazo: planejamento de mais um ano. Período que é necessário para compra de novos recursos para a produção como móveis, equipamentos ou instalação.

O objetivo do planejamento estratégico de capacidade é obter um enfoque adequado para estabelecer o nível total de capacidade de recurso capital-intensivo, ou seja, instalações, mão de obra e equipamentos, que melhor se adéquam à estratégia competitiva de longo prazo (CHASE, JACOBS e AQUILIANO, 2006).

Em operações de serviço, devido à interação direta entre os clientes e as instalações do serviço se faz frequentemente distinção entre capacidade máxima e capacidade ótima. Se a demanda excede a capacidade máxima, afasta os clientes; se a demanda excede a capacidade ótima, o atendimento ao cliente é ruim; existe a situação em que a demanda se iguala a capacidade ótima e quando a demanda é menor a capacidade ótima resulta em capacidade ociosa (CHASE, JACOBS e AQUILIANO, 2006).

Johnston e Clark (2002) citam três áreas de gestão da capacidade utilizadas para obter o máximo da capacidade produtiva: gestão de rentabilidade (*yield management*), gestão da fila e gestão dos gargalos:

- Gestão de rendimentos (*yield management*): seus esforços se concentram em conseguir um faturamento máximo buscando utilizar toda a capacidade disponível. Por exemplo, em uma linha aérea, estima quantos passageiros pagantes de tarifa cheia (classe executiva) reservarão determinado voo e a capacidade remanescente é ajustada aos passageiros de classe econômica e outros que faça reservas com antecedência. Ao aproximar-se da partida a linha aérea pode liberar alguns bilhetes com desconto.
- Gestão da fila: além de ser preocupar com o número de atendentes de uma demanda prevista, as organizações de serviços devem se preocupar em minimizar o impacto das filas sobre seus clientes, pois insatisfação com a demora aumenta com o tempo de espera assim como a insatisfação com todo o serviço. Uma abordagem mais detalhada referente à fila será tratada na Seção 2.4.
- Gestão de gargalos ou teoria das restrições criada por Goldratt e Cox (2002): onde é identificado o estágio do processo com menor capacidade produtiva e que determina a

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

capacidade de toda produção. As regras gerais para o gerenciamento de gargalos incluem: a) assegurar que passe pelo gargalo apenas o trabalho essencial, b) afastar as atividades não essenciais do gargalo, c) não permitir que trabalho abaixo do padrão passe pelo gargalo, d) Uma vez identificado o gargalo dedicar maior atenção para assegurar produção máxima, e) se o sistema for complexo e por ser difícil o gerenciamento, não mudar o gargalo.

Gianesi e Corrêa (1996), afirmam que antes de qualquer ação, é necessário identificar os gargalos do processo, ou seja, aqueles setores ou recursos que limitam a capacidade do processo como um todo. Diante disto as alterações que forem feitas devem ser direcionadas as estes recursos.

Gargalo ou restrição, segundo Mabin e Bladerstone (2003), é qualquer coisa que limita um melhor desempenho do sistema em direção ao objetivo. Para Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), gargalo é um tipo especial de restrição que está relacionado à falta de capacidade de um processo.

Em serviços de múltiplos estágios de atendimento o gargalo pode migrar de uma etapa a outra do processo, por exemplo, em um restaurante *fast food*, durante a semana, o gargalo pode estar no estacionamento, quando cada cliente chega com seu próprio carro, no final de semana, o gargalo pode migrar para a cozinha, pois cada cliente come um sanduiche e a quantidade de clientes por carro é maior, podendo assim o estacionamento estar ocioso (GIANESI e CORRÊA 1996).

Diante disto, a gestão da capacidade é de suma importância, pois empresas que não administram corretamente sua capacidade podem descobrir que não dispõe de condições suficientes para atender à demanda e assim perdem clientes devido a um atendimento lento ou tem capacidade ociosa em excesso, subutilizando força de trabalho (REID e SANDERS, 2005; CHASE, JACOBS e AQUILIANO, 2006).

Johnston e Clark (2002) e Fitzsimmons e Fitzsimmons (2005) propõem as seguintes estratégia de capacidade, diante da variabilidade da demanda:

- Gerenciamento da capacidade da demanda ou estratégia de gestão da demanda: onde a organização busca influenciar o perfil da demanda, focando suaviza-la, permitindo que a capacidade seja fixa e sua utilização seja plena, por exemplo, divisão da demanda, descontos nos preços em horários fora do pico, sistemas de reservas, entre outros.
- Gerenciamento da oferta ou estratégia de acompanhamento da demanda: focando ajustar capacidade à demanda existente. Olhager e Johansson (2012) denominam

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

esta estratégia como estratégia de perseguição, onde a produção segue a demanda. O principal objetivo é fornecer altos níveis de disponibilidade de serviço ou rápida resposta, do modo mais eficiente e manter as filas curtas. Por exemplo, programação de turnos de trabalho conciliando com a demanda, jornada de trabalho parcial para criar capacidade variável, aumento da participação do cliente (coprodução) em que algumas tarefas são transferidas para os clientes em alguma parte do processo, por exemplo, em restaurantes *fast food*, o cliente, de certa forma, limpa sua mesa, levando as bandejas até o local de descarte. Com esta estratégia as instalações são plenamente utilizadas apenas durante as horas de picos de vendas, nas demais horas há capacidade produtiva ociosa.

- Estratégia do nível de capacidade produtiva, citada por Johnston e Clark (2002) e Olhager e Johansson (2012) onde a organização gerencia questões significativas da qualidade de serviços enquanto os recursos caros ou escassos são mantidos em um nível constante. É uma estratégia de planejamento que mantém a taxa de produção estável. O resultado esperado é uma variação na entrega ao cliente ou a manutenção de diferentes níveis de filas de espera. O principal objetivo é maximizar a utilização de um recurso caro. Por exemplo, em uma clínica, para manter um nível de utilização e lidar com o problema dos cancelamentos, eles marcam consultas acima da sua capacidade de atendimento, acreditam que é melhor lidar com algumas queixas de paciente que perder o tempo de uma consulta não utilizada.

2.4. Gestão de serviços e filas de espera

Segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2005, p. 288) “(...) fila é uma linha de clientes esperando no momento em que necessitam de serviços de um ou mais prestadores”. Esta linha pode ser visível, com um estereótipo de fila formal (fila de supermercado ou banco) ou não formal (espera no telefone por atendimento). A fila se forma quando a demanda excede a capacidade existente, quando as chegadas ocorrem em tempos variados e os tempos de atendimento também variam. De forma semelhante, Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) complementam que a fila se forma devido ao desequilíbrio temporário entre a demanda por serviço e a capacidade do sistema de fornecer este serviço.

Sabbadini, Gonçalves e Oliveira (2006) afirmam que o gerenciamento das filas é fundamental, pois as filas estão relacionadas diretamente à percepção dos clientes a respeito do serviço prestado e da necessidade de esperar por ele.

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

Segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) filas de espera longas ou tempos de espera longos podem fazer com que os clientes não queiram esperar ou abandonem a fila antes de ser atendido, incorrendo em perdas para a organização. Corrêa e Caon (2002) alegam que esta espera pode gerar altos custos ao cliente, principalmente no aspecto psicológico, que pode influenciar a possibilidade de retorno deste cliente. Portanto os gerentes devem se preocupar com as seguintes características operacionais para analisar melhorias que possam ser feitas no sistema:

- Tempo que cada cliente permanece na fila (relacionado à percepção do cliente);
- Comprimento das filas;
- Tempo que cada cliente permanece no sistema (fila somada ao atendimento)
- Número de clientes no sistema;
- A probabilidade de ociosidade nas instalações do sistema (dimensionamento dos servidores)
- Utilização da instalação e recursos;

Uma forma de minimizar os “custos” da espera do cliente, sem recorrer a um aumento de capacidade, segundo Corrêa e Caon (2002), Davis, Aquilano e Chase (2001) e Johnston e Clark (2002), é utilizar a psicologia das filas, desenvolvida por Maister (1985), partindo do princípio de que o importante, referente à espera não é o tempo real esperado, mas o tempo percebido pelo cliente.

Davis, Aquilano e Chase (2001) definem tempo percebido como a quantidade de tempo que um cliente acredita ter esperado antes de receber o serviço. Este tempo de espera tem um impacto maior na satisfação do cliente.

Maister (1985) descreve observações em relação ao tempo de espera percebido pelo cliente e Davis, Aquilano e Chase (2001) classificam este tempo de espera percebido pelo cliente em três categorias, afirmando que a identificação destes fatores possibilita a empresa, no gerenciamento do tempo de espera, distinguir os fatores que ela tem controle total ou parcial daqueles que ela não controla:

- Fatores relacionados à empresa: esperas injustas parecem mais longas que esperas justas. Relativo à forma de organização das filas adotadas pelas empresas. Fila única tem sido percebida como mais justa, embora pareça mais longa o tempo médio de espera é menor, por exemplo, fila de espera de check-in em aeroporto.

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

- Esperas desconfortáveis parecem mais longas que esperas confortáveis. Há muitas maneiras pelas quais o ambiente de serviço pode afetar o conforto do cliente: temperatura, iluminação, assentos e níveis de som.
- Esperas sem explicação parecem mais longas que esperas explicadas, por exemplo, passageiros são informados que precisam esperar pela chegada de um avião devido ao tempo ou porque as asas precisam descongelar. Estes passageiros ficariam mais insatisfeitos se tivessem que esperar sem explicação nenhuma.
- Esperas pré-processo ou iniciais parecem maior que as esperas do processo ou subsequentes, por exemplo, em um restaurante, um simples sinal do atendente indicando que o cliente foi percebido e “não esquecido” tem um impacto positivo no tempo de espera percebido pelo cliente, pois ele já se sente parte do processo.
- Fatores relacionados ao cliente: espera solitária parece ser mais longa que espera em grupo, pois a pessoa sozinha fica mais impaciente.
- Quanto maior o valor do serviço percebido pelo cliente, mais paciência ele tem para esperar.
- Sistemas de valor do cliente – clientes que estão dispostos a pagar um valor maior por serviços mais rápidos é um fator de oportunidade para as empresas.
- Atitude atual do cliente – a atitude do cliente negativa ou positiva ao entrar no sistema tem um impacto significativo na sua satisfação com o serviço que recebem. Se ele entra no sistema já incomodado, qualquer espera será ruim ou maior do que realmente é.
- Fatores relacionados ao cliente e à empresa: esperas desocupadas parecem ser mais longas que esperas ocupadas. Existem muitas opções para ocupar o cliente durante seu tempo de espera: material de leitura, expositores interessantes, espelhos, música, entre outros.
- Ansiedade faz com que a espera pareça mais longa, exemplo espera na sala de emergência de um hospital ou espera pelo resultado de um exame importante.

Ao analisar as filas de espera, Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) elencam quatro elementos básicos que são comuns a todas as situações:

1. População de clientes (um *input*): que gera clientes potenciais. Fonte de entrada do sistema de serviço. O número de novos clientes pode ser finito (se afetado pelo número de clientes que já estão no sistema) ou infinito (a taxa da população que gera novos clientes não é afetada pelo número de clientes no sistema). Clientes

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

podem ser: a) pacientes, ou seja, aqueles que entram no sistema e permanecem até serem atendidos; b) impacientes, ou seja, aqueles que não entram no sistema ou deixam o sistema antes de serem atendidos.

2. Fila de espera de clientes: pode ser fila única ou filas múltiplas conforme Figura 2.1.

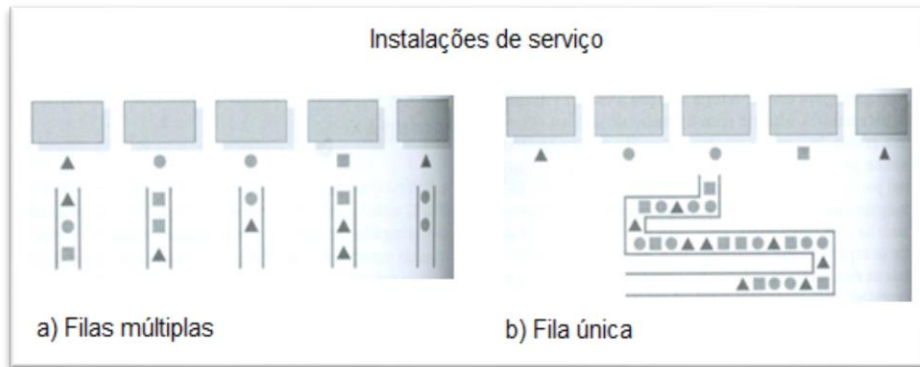


Figura 2.1 – Disposições de filas de espera
Fonte: Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009)

3. Instalação de serviço: composto por uma pessoa ou equipe, máquina ou grupo de máquinas ou ambos (máquinas e pessoas). Arranjo da instalação de serviço é descrito pelo número de canais (uma ou mais instalações necessárias para fornecer o serviço) e de fases (passo ou passos para fornecer o serviço). A Figura 2.2 apresenta exemplos de arranjos:
- Canal único, fase única, exemplo, os clientes formam uma fila única e um de cada vez, passam pela instalação do serviço;
 - Canal único, fases múltiplas: os clientes formam uma fila única e seguem, em sequência, de uma instalação a próxima;
 - Canais múltiplos, fase única: Os clientes formam uma fila e são atendidos pelo primeiro servidor disponível. Se cada canal tem sua própria fila, os clientes esperam até serem atendidos.
 - Canais múltiplos, fases múltiplas: quando clientes podem ser servidos por uma das instalações de primeira fase, solicitam em seguida, o serviço da instalação de segunda fase e assim por diante.
 - Disposição mista: utilizada quando os clientes têm sequências exclusivas de serviços.
4. Regra de prioridade: determina qual o próximo cliente a ser atendido. O mais utilizado nos sistemas é a regra do primeiro a chegar, primeiro a ser atendido

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

(FIFO). Mas existem outras como: data de vencimento mais antigo (DVA) ou menor tempo de processamento esperado (TPE).

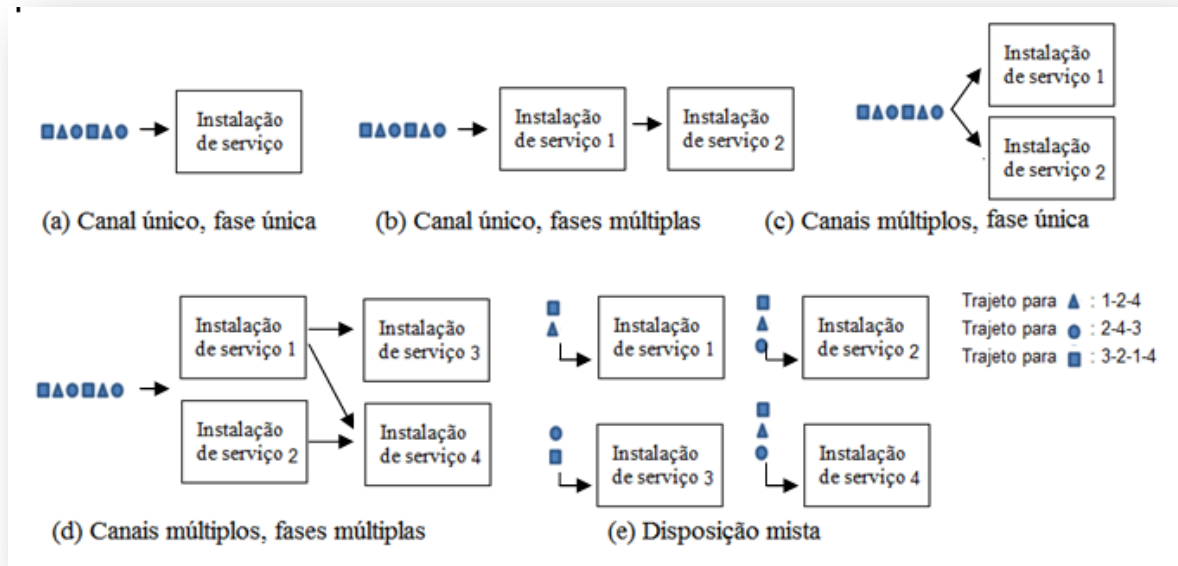


Figura 2.2 – Arranjos da instalação de serviço
Fonte: Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009)

Após a análise das filas, Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), sugerem como solução dos problemas e melhoria do sistema de serviço alterações em uma ou mais das áreas seguintes:

1. Taxas de chegadas: por meio de promoções, por exemplo, a gerência pode afetar a taxa de chegada dos clientes.
2. Número de instalações de serviço: aumentar o número de instalações;
3. Número de fases: alterar a disposição da instalação pode aumentar a taxa de atendimento;
4. Número de servidores por instalação: aumentar a taxa de atendimento indicando mais de uma pessoa em uma instalação.
5. Eficiência do servidor: planejando método de trabalhos;
6. Regra de prioridade: essas decisões afetam o tempo de espera do cliente;
7. Disposição das filas: afetam o tempo de espera do cliente decidindo se a fila será única, múltipla, uma fila para cada instalação.

Em estudos a respeito de filas a teoria das filas pode ser aplicada como fizeram Morabito e Lima (2000) tratando de um problema de congestão nas filas dos caixas de um

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

supermercado. Entretanto quando o problema é complexo, segundo Hillier e Lieberman (2006) a análise analítica das filas é inviável tornando a simulação uma melhor alternativa.

Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) também justificam a utilização da simulação em vez da teoria das filas quando a natureza da população de clientes, as restrições da fila, a regra de prioridade, a distribuição do tempo de atendimento e disposição das instalações são complexas de tal forma que a teoria das filas já não é mais útil.

Um exemplo da aplicação de simulação a eventos discretos encontra-se no trabalho de Leal (2003) referente à análise das filas de uma agência bancária.

2.5. Modelagem e simulação

2.5.1. Simulação a eventos discretos

A simulação é a imitação da operação de um processo do mundo real ou de um sistema em um período no tempo. Para fazer inferências sobre as características da operação do sistema representado é preciso criar uma história artificial e observá-la (BANKS, 2010).

Para Montevechi *et al.* (2007), a simulação é a importação da realidade para um ambiente controlado onde o comportamento pode ser estudado sob condições variadas, sem riscos físicos e sem altos custos envolvidos.

Na visão de Chen, Lee e Selikson (2002), simulação é a reprodução da realidade, um sistema com um processo substituto ou um modelo. O modelo de simulação oferece informações quantitativas que podem ser usadas para tomada de decisão e aumentar o nível de entendimento de como o sistema trabalha.

Em outras palavras, a simulação é uma imitação aproximada da realidade sob o ponto de vista do modelador que filtra por meio dos objetivos estabelecidos os principais elementos que irão compor o modelo que represente o sistema a ser estudado.

Segundo Baines *et al.* (2004), a simulação a eventos discretos está relacionada com a modelagem do sistema pela representação na qual variáveis estáveis mudam instantaneamente em tempos determinados associados diretamente com o começo e o fim do evento no sistema. Essa definição é semelhante à utilizada por Chwif e Medina (2010) que afirmam que a simulação a eventos discretos é utilizada para modelar sistemas que mudam o seu estado em momentos discretos no tempo, a partir da ocorrência dos eventos.

Todas as simulações são uma aproximação e um processo de descobertas. A simulação, embora não seja exata, fornece informações valiosas. Os ganhos vão além dos resultados obtidos com o modelo, ou seja, os esforços empregados na construção do modelo, em

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

descrever os detalhes do sistema proporcionam conhecimentos ao modelador que podem mover o estudo para novas direções (STURROCK, 2009).

Chwif e Medina (2010) comentam que o processo de simulação pode ser aplicado em muitas áreas, inclusive setor de serviços como restaurante, por exemplo.

A simulação possui um vocabulário singular de termos para comunicar conceitos específicos que auxilia seus usuários. A seguir serão descritos termos importantes em simulação:

- **Sistema** - Harrel *et al.* (2002) definem sistema como um conjunto organizado de entidades, como pessoas, equipamentos, métodos, e peças, que trabalham juntos para alcançar um objetivo em comum. Para Seila (1995) e Banks *et al.* (2010) um sistema é definido como um grupo de objetos, componentes ou entidades, pessoas ou máquinas que são unidos em alguma interação regular ou interdependente para a realização de algum objetivo. Banks *et al.* (2010) afirmam que para compreender e analisar um sistema alguns de seus componentes precisam ser entendidos, o Quadro 2.1 apresenta alguns exemplos de sistemas e seus componentes:
 - Entidade: é um objeto de interesse no sistema;
 - Atributo: é uma propriedade de uma entidade;
 - Atividade: representa um período de tempo específico;
 - Estado do sistema: conjunto de variáveis necessários para descrever o sistema em qualquer altura, em relação aos objetivos do estudo.
 - Evento: é uma ocorrência instantânea que pode alterar o estado do sistema. O termo endógeno é usado para descrever atividades e eventos que ocorrem dentro do sistema. O termo exógeno é usado para descrever as atividades e eventos no ambiente que afetam o sistema.
 - Estado da variável: é um conjunto de variáveis estocásticas (que podem mudar aleatoriamente) e determinísticas (não influenciadas pela probabilidade) que descrevem, em um determinado instante, um sistema.

Quadro 2.1 – Exemplos de sistemas e seus componentes

Sistema	Entidades	Atributos	Atividades	Eventos	Estado da Variável
Banco	Cliente	Balanço de Conta corrente	Fazer depósitos	Chegadas e partidas	Número de caixas movimentadas, número de clientes em espera.
Comunicações	Mensagens	Tamanho; destino	Transmissão	Chegada ao destino	Número de espera para ser transmitida
Produção	Máquinas	Capacidade, velocidade	Soldagem, estamperia	Avarias	Status da máquina (ocupada, desocupada ou em manutenção)

Fonte: Adaptado de Banks *et al.* (2010)

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

- **Modelo** - Um modelo é definido como uma representação de um sistema de forma simplificada, porém, com detalhes suficientes para obter conclusões válidas. O objetivo desta representação é o estudo do sistema em questão (BANKS *et al.*, 2010). Chwif e Medina (2010) definem como uma reprodução das relações dos componentes de um sistema, sendo considerado como uma abstração, pois tem a tendência a se aproximar do verdadeiro comportamento do sistema. Pode ser definido também, segundo Storrock (2009), como uma representação adequada de um sistema real para atender determinados objetivos. Segundo Banks *et al.* (2010) e Harrel, Ghosh e Bowden (2004) os modelos de simulação podem ser classificados, considerando as dimensões de tempo, estado e aleatoriedade como estático ou dinâmico, determinístico ou estocástico, discreto ou contínuo:
 - Considerando o tempo:
 - Estático: muitas vezes chamados de Monte Carlo, representa um sistema em um determinado ponto no tempo;
 - Dinâmicos: representam como os sistemas mudam ao longo do tempo, por exemplo, a simulação de um banco de 09h às 16h.
 - Considerando a aleatoriedade:
 - Determinístico: seu sistema não contém variáveis aleatórias. Estes modelos tem um conjunto conhecido de entradas que resultarão em um único conjunto de saídas.
 - Estocásticos: tem uma ou mais variáveis aleatórias como entrada que resultam em saídas aleatórias. Estas saídas podem ser consideradas apenas como uma estimativa da verdadeira característica do modelo.
 - Considerando o estado:
 - Discreto: aquele na qual a variável ou as variáveis alteram seu estado apenas num conjunto discreto de pontos no tempo
 - Contínuo: a variável muda seu estado continuamente ao longo do tempo.
- **Processo** - Processo é um grupo de tarefas interligadas logicamente, que utiliza os recursos da organização para gerar os resultados definidos, de forma a apoiar os seus objetivos (Harrington, 1993). Harrington (1997) aponta para uma hierarquia que caracteriza o sistema, partindo de uma visão global para uma visão pontual:

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

- Macroprocesso: é um processo que geralmente envolve mais de uma função na estrutura organizacional, e sua operação tem um impacto significativo no modo como a organização funciona;
 - Processo: é um conjunto de atividades sequenciais (conectadas), relacionadas e lógicas, que tomam um *input* com um fornecedor, acrescentam valor a este e produzem um *output* para um consumidor;
 - Subprocesso: é a parte que, inter-relacionada de forma lógica com outro subprocesso, realiza um objetivo específico em apoio ao macroprocesso e contribui para a missão deste;
 - Atividades: são ações que ocorrem dentro do processo ou subprocesso. São geralmente desempenhadas por uma unidade (pessoa ou departamento) para produzir um resultado particular. Elas constituem a maior parte dos fluxogramas;
 - Tarefa: é uma parte específica do trabalho, ou seja, o menor enfoque do processo, podendo ser um único elemento e/ou um subconjunto de uma atividade.
- **Variável** - Para projetar um sistema novo ou realizar melhorias no sistema, Harrel, Ghosh e Bowden (2004) afirmam que é preciso identificar os elementos e os objetivos de desempenho do sistema e também obter uma compreensão de como estes elementos afetam um ao outro. De forma semelhante, Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), explicam que para formular um modelo de simulação as relações das variáveis devem ser explicitadas. Para tanto Harrel, Ghosh e Bowden (2004) e Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) descrevem alguns tipos de variáveis:
 - Variáveis de decisão ou independentes: variáveis que mudam de um período a outro e afetam o sistema. Podem ser controláveis ou incontroláveis por quem tem o poder de decisão.
 - Variáveis dependentes, de resposta ou de saída: refletem os valores das variáveis de decisão e das variáveis incontroláveis.

2.5.2. Vantagens e desvantagens da simulação computacional

Muitos são os autores que apresentam as vantagens oferecidas pelo uso da simulação computacional em relação ao uso de modelos matemáticos analíticos. Isto vem a contribuir para o aumento da utilização desta ferramenta, em diversos setores de aplicação, inclusive em serviços.

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

Shannon (1998), Corrêa e Caon (2002), Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), Chwif e Medina (2010) descrevem em seus trabalhos as vantagens da utilização da simulação computacional:

1. O modelo possibilita a análise de um problema, estimar características operacionais ou valores de funções objetivas quando a relação das variáveis é não-linear ou quando envolver muitas variáveis ou restrições;
2. Por meio do modelo é possível obter estimativas de características operacionais em menos tempo comparado ao tempo necessário para coletar os mesmos dados em um sistema real. Esta característica da simulação é chamada de compressão dos tempos. Por exemplo, o modelo de simulação de um aeroporto pode oferecer estatísticas de chegadas de aviões, atrasos de aterrisagens para um determinado período em poucos minutos utilizando um computador;
3. Em análise de filas, por exemplo, afirmam que modelos de simulação bem elaborados e utilizados representam uma alternativa menos restritiva que o uso dos modelos analíticos das teorias das filas;
4. Por meio do modelo de simulação, é possível prever, baseado em dados de entradas específicos e respeitando um conjunto de premissas, o comportamento do sistema.
5. É possível testar novos *design* e leiautes sem comprometer os recursos;
6. É possível realizar experimentos, criar cenários, explorando novas políticas de pessoal, regras de decisão, estrutura organizacional, fluxo de informações entre outros, sem alterar as operações em curso no sistema real.
7. Por meio do modelo de simulação é possível identificar gargalos e testar opções a fim de explorar este gargalo e verificar os resultados. Além de permitir testar hipóteses sobre como ou por que certos fenômenos ocorrem no sistema.
8. A simulação permite que se verifique o comportamento de um sistema durante vários meses ou anos em poucos segundos, possibilitando visualizar horizontes de longo prazo ou antecipar fenômenos de estudo.
9. A grande vantagem da simulação é a possibilidade de testar novas situações e responder perguntas do tipo “o que aconteceria se?”.

Embora a simulação apresente inúmeras vantagens ela não é isenta de alguns inconvenientes. Shannon (1998) e Banks *et al.* (2010) citam algumas desvantagens da simulação:

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

1. A simulação requer treinamento especializado e os níveis de habilidade por parte do modelador variam muito. A utilidade do estudo depende, portanto, da qualidade do modelo e da habilidade do modelador;
2. Para obter dados de entrada confiáveis, a coleta de dados pode ser demorada e muitas vezes os dados resultantes são questionáveis;
3. A análise dos resultados pode ser de difícil interpretação;
4. Modelagem de simulação e análise pode ser demorada e cara;

Em defesa da simulação, Banks *et al.* (2010) afirmam que a tecnologia é um fator que vem compensando algumas destas desvantagens:

- Fornecedores de *softwares* de simulação têm desenvolvido pacotes que contenham modelos quase prontos, sendo necessários apenas os dados de entrada para seu funcionamento. Muitos destes fornecedores também têm desenvolvido pacotes com maior capacidade de análise e mais completa, facilitando o entendimento.
- Devido aos avanços dos *hardwares* e *softwares* a simulação é realizada mais rapidamente hoje que antigamente.

3. Método de pesquisa

3.1. Considerações iniciais

Este capítulo visa descrever o método em que esta pesquisa foi realizada. Na Seção 3.2 descreve o tipo de pesquisa e nas demais seções o passo a passo para a elaboração de modelo de simulação a eventos discretos.

3.2. Modelagem e simulação – pesquisa quantitativa experimental

Pesquisa quantitativa com base em modelos é aquela cujo objetivo parte do princípio que um modelo pode ser construído explicando e/ou capturando parte de um comportamento e/ou problema de um processo da vida real que implicam em tomadas de decisões pelos gestores. As relações das variáveis nestes modelos são causais e quantitativas. (BERTRAND e FRANSOO, 2002)

Para o desenvolvimento desta pesquisa é necessário realizar uma coleta de dados reais de um objeto de pesquisa. Um modelo conceitual é elaborado e comparado com o sistema real e em seguida um modelo computacional é construído com o objetivo de representar o comportamento de uma situação real e pretende propor melhorias ao sistema real existente. De acordo com a classificação de Bertrand e Fransoo (2002) o método desta pesquisa é modelagem quantitativa empírica normativa.

Este projeto também é uma pesquisa experimental que de acordo com as definições dadas por Cervo e Bervian (2002, p. 68):

A Pesquisa experimental caracteriza-se por manipular diretamente as variáveis relacionadas com o objeto de estudo. Nesse tipo de pesquisa, a manipulação das variáveis proporciona o estudo da relação entre causa e efeitos de um determinado fenômeno. Com a criação de situações de controle, procura-se evitar a interferência de variáveis intervenientes.

Miguel, *et al.* (2010) definem que experimento é o estudo da relação causal entre variáveis de um sistema sob condições controladas pelo pesquisador.

A técnica de simulação será aplicada como ferramenta para o controle das variáveis.

3.3. Sequência para elaboração da pesquisa de modelagem e simulação

Assim como em Paiva (2010) e Queiroz *et al.* (2012), o método utilizado neste trabalho para elaboração do modelo de simulação é o método proposto por Chwif e Medina (2010), Figura 3.1, que estabelece três etapas: concepção, implementação e análise dos resultados.

Capítulo 3 – Método de pesquisa

Mas este método será utilizado sob a abordagem estrutural desenvolvida por Montevechi *et al.* (2010), Figura 3.2.

Paiva (2010), afirma que a estrutura proposta por Montevechi *et al.* (2010) traz uma sequência lógica de passos a serem desenvolvidos em um projeto de simulação, guiando o modelador em seus trabalhos e a estrutura de Chwif e Medina (2010) evidencia que as iterações podem ser necessárias e importantes para a finalização do projeto e até mesmo para um conhecimento maior do problema.

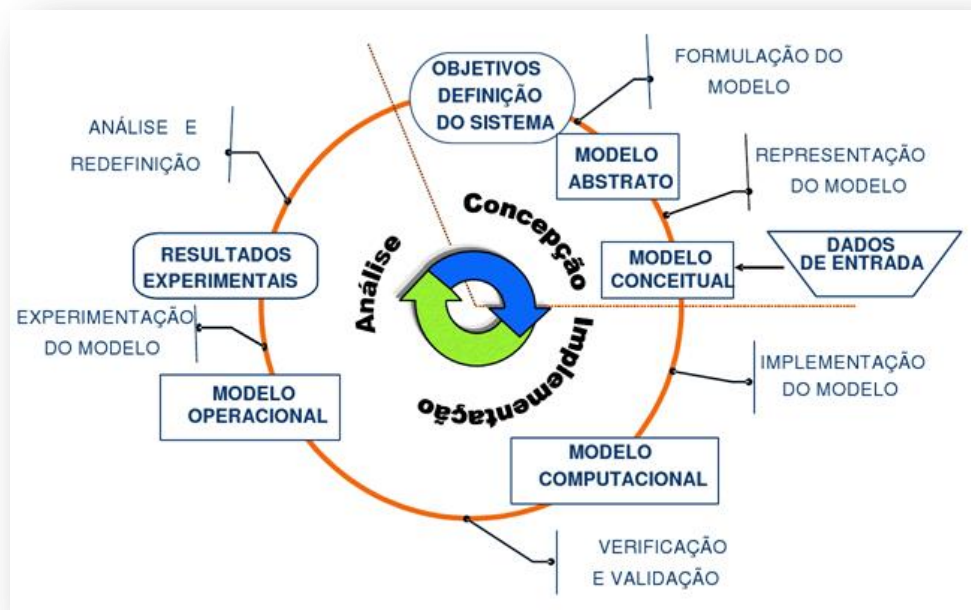


Figura 3.1 – Sequência de passos para a simulação.
Fonte: Chwif e Medina (2010)

Capítulo 3 – Método de pesquisa

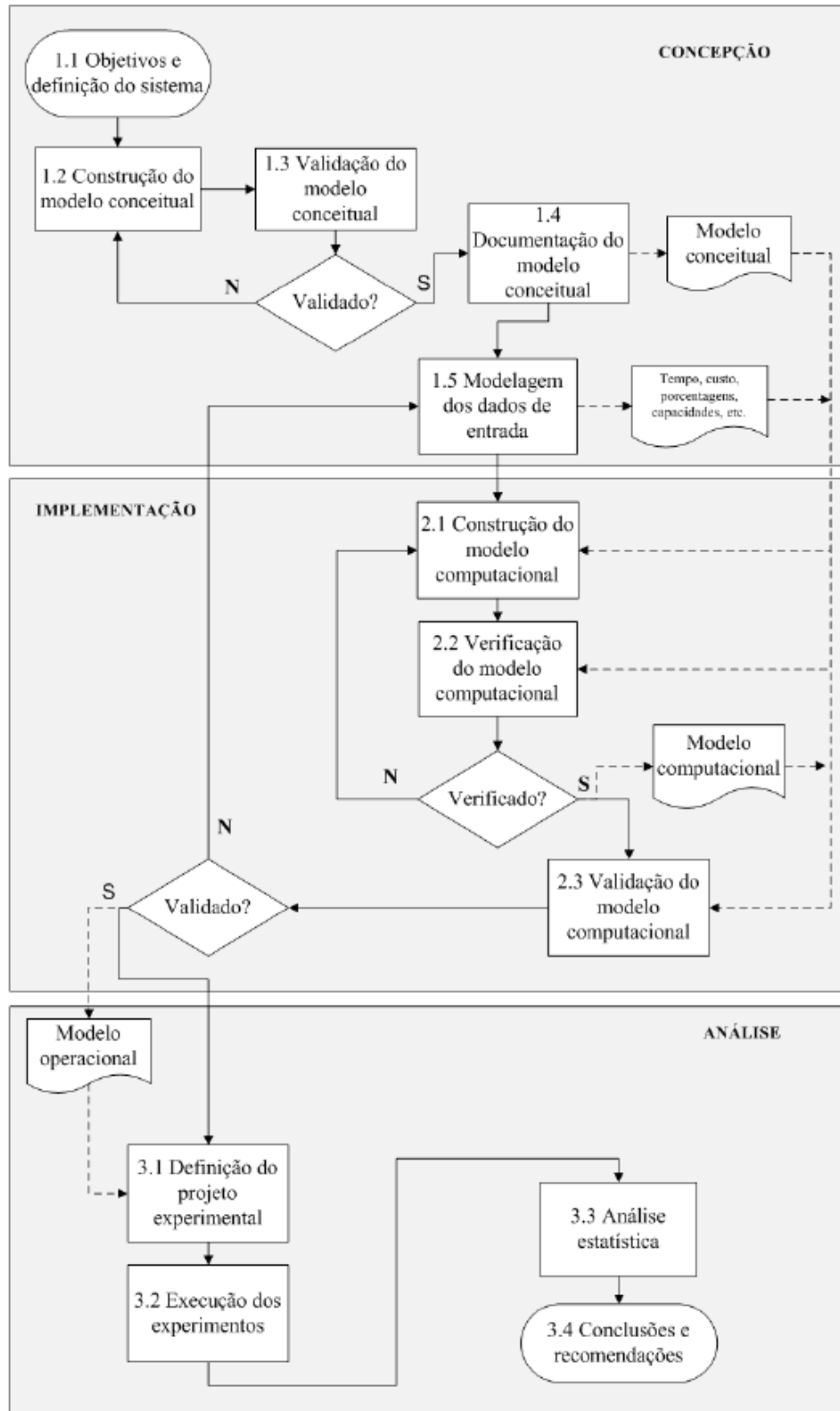


Figura 3.2 – Sequência de passos para o projeto de simulação
 Fonte: Montevechi *et al.* (2010)

A seguir serão descritos os passos para elaboração de um projeto de simulação seguindo os passos de Montevechi *et al.* (2010).

3.3.1. Concepção

Robinson (2008) afirma que nesta primeira etapa ter objetos claros e uma boa compreensão do problema é fundamental, pois eles guiarão a modelagem, servirão como ponto de referência para a validação do modelo e também será um guia para a experimentação. Outra questão importante é determinar as limitações e o nível de detalhe do modelo.

Banks *et al.* (2010) afirmam que a arte da modelagem é reforçada por uma capacidade de abstrair as características essenciais de um problema, para selecionar e fazer modificações básicas nos pressupostos que caracterizam o sistema e, em seguida, para enriquecer e elaborar o modelo até obter resultados úteis de aproximação.

As atividades de construção do modelo de simulação não são rígidas, pois há muita repetição e interação entre as atividades e ao final o modelo conceitual pode sofrer mudanças (ROBINSON, 2008).

3.3.1.1. Modelo conceitual

Nesta pesquisa a técnica abordada para elaboração do modelo conceitual é a técnica IDEF-SIM proposta por Leal (2008). O autor explica que a técnica de modelagem IDEF-SIM foi criada a partir de três técnicas de modelagem: IDEF-0, IDEF-3 e Fluxograma. Os símbolos e suas lógicas foram adaptados e direcionados aos objetivos da simulação. O Quadro 3.1 apresenta os elementos, a simbologia utilizada e a técnica de origem.

A técnica IDEF (*Integrated Computer Aided Manufacturing Definition*) foi desenvolvida na força aérea norte americana para auxiliar em seus processos de desenvolvimento de fornecedores e avaliação, estendendo do IDEF0 até o IDEF9 (CHEUNG e BAL, 1998).




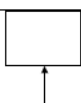
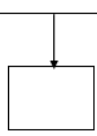




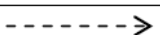
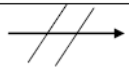


Leal (2009) salienta que o IDEF-SIM permite a elaboração de modelos conceituais com informações úteis ao modelo computacional e uma documentação de modelos computacionais, facilitando o entendimento do projeto.

Justifica-se a escolha da técnica IDEF-SIM porque uma das suas principais características, segundo Montevechi *et al.* (2010), é a identificação de sua lógica de aplicação com a lógica utilizada em simulação a eventos discretos. O objetivo deste recurso é a criação de um modelo conceitual do processo contendo elementos necessários a fase de modelagem computacional facilitando a elaboração do modelo.

Capítulo 3 – Método de pesquisa

O modelo conceitual também pode orientar o estágio de coleta de dados, de forma a definir os pontos de coleta, bem como acelerar o processo de elaboração do modelo computacional (MONTEVECHI, 2010).

Quadro 3.1 – Simbologia utilizada na técnica proposta IDEF-SIM

Elementos	Simbologia	Técnica de origem
Entidade		IDEF3 (modo descrição das transições)
Funções		IDEF0
Fluxo da entidade		IDEF0 e IDEF3
Recursos		IDEF0
Controles		IDEF0
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	 Regra E	IDEF3
	 Regra OU	
	 Regra E/OU	
Movimentação		Fluxograma
Informação explicativa		IDEF0 e IDEF3
Fluxo de entrada no sistema modelado		
Ponto final do sistema		
Conexão com outra figura		

Fonte: Leal (2008)

A seguir detalha-se a função de cada elemento apresentados no Quadro 3.1, segundo Leal (2008):

1. Entidade: são os itens a serem processados pelo sistema, representando matéria-prima, produtos, pessoas, documentos, entre outros. Elas podem ser agrupadas ou divididas ao longo do processo produtivo e são movimentadas por meios próprios ou por meio de recursos.
2. Funções: representam os locais onde a entidade sofrerá alguma ação. Entendem-se como funções: postos de trabalho, esteiras de movimentação, filas e estoques, postos

Capítulo 3 – Método de pesquisa

de atendimento. Estas funções podem modificar uma entidade, como no caso de postos de trabalho, ou mesmo alterar o ritmo desta entidade no fluxo, como uma espera (fila, estoque).

3. Fluxo da entidade: direcionamento da entidade dentro do modelo, caracterizando os momentos de entrada e saída da entidade nas funções.
4. Recursos: representam elementos utilizados para movimentar as entidades e executar funções. Os recursos podem representar pessoas ou equipamentos. Em um sistema pode haver recursos estáticos ou dinâmicos. Os recursos estáticos não são dotados de movimento. Os recursos dinâmicos, por sua vez, podem se mover sobre um caminho definido.
5. Controles: regras utilizadas nas funções, como sequenciamento, regras de filas, programações, entre outros.
6. Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos: estas regras são chamadas de junções, na técnica IDEF3. Dois ou mais caminhos, após uma função, podem ser executados juntos (junção E), ou de forma alternativa (junção OU), ou permitindo ambas as regras (junção E/OU).
7. Movimentação: representa um deslocamento de entidade, no qual o modelador acredita possuir efeito importante sobre o modelo. Ao representar este elemento, espera-se encontrar no modelo computacional uma programação específica para este movimento, como tempo gasto e recurso utilizado.
8. Informação explicativa: utilizado para inserir no modelo uma explicação, com o objetivo de facilitar o entendimento do mesmo.
9. Fluxo de entrada no sistema modelado: define a entrada ou criação das entidades dentro do modelo.
10. Ponto final do sistema: define o final de um caminho dentro do fluxo modelado.
11. Conexão com outra figura: utilizado para dividir o modelo em figuras diferentes.

3.3.1.2. Validação do modelo conceitual

Para que modelo conceitual seja considerado válido ele deve ser uma boa representação do sistema real.

Sargent (2013) apresenta as principais técnicas para a validação do modelo conceitual: a validação face a face e o rastreamento:

Capítulo 3 – Método de pesquisa

- Face a face: consiste na avaliação e análise do fluxograma, modelo gráfico ou conjunto de equações do modelo por especialista do sistema modelado para determinar se o modelo conceitual serve para seu propósito.
- Rastreamento: consiste em acompanhar o caminho percorrido pela entidade nos submodelos e no modelo global para determinar se a lógica e a precisão estão corretos.

3.3.1.3. Modelagem dos dados em simulação: coleta e tratamento

Nesta etapa os dados devem ser coletados e tratados estatisticamente. Costa (2010) afirma que estes dados coletados devem ser ajustados a uma distribuição de probabilidade antes de serem implementados no modelo computacional.

O processo de coleta de dados é uma fase crítica e crucial no processo de construção de modelos que, segundo Robertson e Perera (2002) e Banks *et al.* (2010), isto é devido principalmente à influência que os dados exercem sobre a precisão dos modelos, os resultados que eles fornecem e também o tempo que os envolvidos precisam dedicar a esta atividade.

Segundo Tryrula (1994) e Perera e Liyanage (2000) devido às dificuldades inerentes a coleta de dados, esta atividade pode consumir até 40% do tempo gasto em um projeto. Uma das dificuldades, de acordo Robertson e Perera (2002), e que contribui para a demora na coleta de dados é que esta atividade é realizada manualmente. Perera e Liyanage (2000), Sturrock (2009) afirmam que o custo, ineficiência e demora na coleta de dados de entrada é um dos motivos para muitos modelos de simulação não serem implantados.

Uma condição para que a formulação do modelo seja bem embasada, segundo Sakurada e Myake (2009), é que os dados coletados sejam uma boa representação da realidade.

Banks *et al.* (2010) afirmam que a medida que a complexidade do modelo muda, os dados necessários também podem mudar. Além disso, se a coleta de dados leva uma parcela tão grande do tempo total necessário para executar uma simulação, é necessário começar tão cedo quanto possível, geralmente em conjunto com as fases iniciais de construção do modelo.

No entanto, Perera e Liyanage (2000) alertam para algumas das situações mais citadas pelos modeladores que podem dificultar este objetivo: a pouca disponibilidade de dados, alto nível de detalhes do modelo e a complexidade do sistema a ser modelado.

Na elaboração de um modelo de simulação, Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) afirmam que uma ampla coleta de dados é necessária e para um sistema de operação de serviço, Sakurada e Myake (2009) citam três tipos de dados básicos: 1) demanda 2) configuração e dimensões da infraestrutura física e 3) tempos de serviço.

Capítulo 3 – Método de pesquisa

Por se tratarem de dados quantitativos podem ser extraídos de relatórios e documentos existentes, mas na falta destes, deverão ser levantados em campo pelo modelador. Geralmente os tempos de serviços, por não serem encontrados na forma solicitada pelo modelo, requer uma atenção especial (SAKURADA e MYAKE, 2009).

No trabalho realizado por Leal (2003) em uma agência bancária a coleta de dados é realizada utilizando as seguintes técnicas de coleta de dados:

- Entrevista e observação do sistema;
- Cronometragem dos tempos de atendimento e espera dos clientes, realizado de forma manual;
- Contagem do número de clientes nas filas.

Leal (2003) também descreve estratégias utilizadas na coleta de dados no sistema de serviços como a descrição e posicionamento estratégico para que a presença do pesquisador não interfira no sistema. Para a contagem dos clientes nas filas este autor sugere marcar algumas características quando o cliente entrar na fila, como por exemplo, roupas ou acessórios que possam auxiliar na memorização. E para a organização do trabalho de coleta de dados a utilização de planilhas estruturadas.

3.3.2. Implementação

Na segunda etapa proposta por Chwif e Medina (2010), o modelo conceitual deve ser convertido em um modelo computacional. A simulação computacional atua como uma poderosa ferramenta, facilitando a visualização do processo e o acompanhamento dos seus resultados.

Existem vários *softwares*, Banks *et al.* (2010) citam alguns dos *softwares* disponíveis no mercado como: AnyLogic®, Arena®, AutoMod™, Enterprise Dynamics®, exteNd™, Flexsim, ProModel®, e SIMUL8®.

O ProModel® é um simulador cujas aplicações se desenvolveram inicialmente na simulação de sistemas de manufatura, mas sua flexibilidade de programação permitiu estender sua aplicação a outros tipos de sistemas de operação, como por exemplo, serviço (SAKURADA E MYAKE, 2009).

3.3.2.1. Verificação e validação

Para a validação do modelo conceitual e computacional podem ser utilizadas várias técnicas como: animação, comparação gráfica dos dados, validação face a face, testes de hipóteses (SARGENT, 2013).

Capítulo 3 – Método de pesquisa

Sargent (2011) define verificação como a garantia de que a programação do modelo informatizado e a implementação do modelo conceitual estão corretos, ou seja, condiz com a realidade. Para Sturrock (2009) verificar o modelo é o processo de assegurar que o modelo realmente faça o que você pensa que ele está fazendo e enfatiza a importância da construção e verificação do modelo de forma iterativa, embora estas tarefas sejam diferentes.

A validação, segundo Sargent (2013), é a comprovação de que o modelo computacional está dentro de seu domínio de aplicação e possui um satisfatório intervalo de precisão compatível com a aplicação pretendida do modelo.

A validação geralmente é conseguida através da calibração do modelo, um processo iterativo de comparar o modelo de simulação com o comportamento real do sistema e usando as discrepâncias entre os dois, e os conhecimentos adquiridos, para melhorar o modelo. Este processo é repetido até que a precisão do modelo seja considerada aceitável (BANKS *et al.* 2010).

Para obter um elevado nível de confiança no modelo e em seus resultados são realizadas comparações entre as variáveis de saída do modelo e do sistema real, sendo que estas comparações podem ser feitas através de comparação gráfica de dados (histogramas, box plot ou gráficos de pontos), intervalos de confiança e teste de hipóteses (SARGENT, 2008).

Sargent (2013) afirma que um modelo deve ser desenvolvido para um propósito específico e sua validade determinada em relação a este propósito. Se o objetivo do modelo é responder a várias questões, a validade precisa ser relacionada a cada questão, pois o modelo pode ser válido para um conjunto de condições e inválido para outro.

Embora a verificação e validação sejam uma etapa crítica no desenvolvimento de um modelo de simulação, Sargent (2011) salienta que infelizmente não existe um conjunto de testes específicos ou técnicas que podem ser facilmente aplicados para determinar se o modelo está correto. Cada projeto de simulação apresenta um novo desafio ao modelador.

3.3.3. Análise

Na terceira etapa, análise, o modelo está pronto para os experimentos dando origem ao modelo operacional. Várias rodadas são efetuadas e os resultados são analisados e documentados (CHWIF e MEDINA, 2010).

A realização de réplicas do modelo e a análise dos dados resultantes da simulação são usados para aferir as medidas de desempenho do sistema estudado (BANKS *et al.*, 2010) e a partir dos resultados obtidos do modelo, Chwif e Medina (2010) afirmam que podem ser preparadas recomendações e melhorias que podem ser aplicadas ao sistema real.

4. Aplicação do método

4.1. Considerações iniciais

Neste capítulo são apresentadas as etapas para a construção do modelo. As seções estão divididas conforme a sequência de passos proposta por Montevechi *et al.* (2010), Figura 3.2. Na etapa da concepção é enfatizada a fase de coleta de dados buscando descrever e explicitar os detalhes e as dificuldades encontradas nesta fase.

Esta pesquisa foi desenvolvida no período de outubro e novembro de 2010, março a setembro de 2011 e de setembro de 2012 a agosto de 2013. Os dados foram coletados em outubro 2010, agosto a setembro de 2011, outubro a dezembro de 2012, março de 2013. No período de novembro de 2011 a agosto de 2012 houve uma interrupção da pesquisa.

4.2. Concepção

4.2.1. Objetivo e definição do modelo

O objetivo geral para elaboração do modelo é verificar alternativas para redução do tempo de espera dos clientes. Com este objetivo estabelecido, foi realizada uma entrevista com os gestores e também observações do sistema a fim de aferir os preceitos de funcionamento do restaurante.

O método de prestação de serviço do restaurante para o horário do almoço é o *self-service* com balança, ou seja, o cliente se serve, pesa o alimento em uma balança e efetua o pagamento no caixa.

Devido ao *software* utilizado para a gestão do restaurante é necessário que todos os clientes, consumidores de refeições, sejam cadastrados no sistema. Existem duas modalidades de registro (cartão pré-pago e a comanda):

- Cartão pré-pago do restaurante: é similar a um cartão bancário de débito. Para adquiri-lo o cliente realiza seu cadastro no escritório ou no site do restaurante. A compra dos créditos (carga no cartão) é realizada no caixa do restaurante que pode ser feito em qualquer horário. O pagamento do alimento consumido, ou seja, o débito no cartão é realizado por um funcionário quando o cliente pesa seu alimento na balança.
- Comanda: é um cadastro realizado por um funcionário na mesa da comanda que entrega ao cliente um papel com número (comanda) no qual é registrado no *software* quando este passa pela balança. Após se servir, pesar e consumir o alimento o

Capítulo 4 – Aplicação do método

cliente realiza o pagamento no caixa. Devido a este cadastro, caso o pagamento não seja feito, este cliente estará impedido de realizar refeições futuras até quitar o seu débito.

Referente aos tipos de clientes do restaurante, inicialmente, foi considerado apenas a modalidade de cadastro, identificando três tipos de clientes: cliente da lanchonete (que não requer cadastro), cliente com cartão e cliente com comanda. Mas após a primeira coleta de dados, realização da análise dos primeiros modelos de simulação e também observações no sistema real, verificou-se que uma subdivisão dos tipos de clientes seria necessária.

Observou-se que existiam diferenças consideráveis no tempo de atendimento entre clientes do mesmo tipo que afetavam todo o modelo de simulação gerando resultados incompatíveis com a realidade. Ao associar as modalidades de registros com os tempos de atendimento foram identificados seis tipos de clientes:

- (C.01A) Cliente da lanchonete que efetuam o pagamento em dinheiro;
- (C.01B) Cliente da lanchonete que efetuam o pagamento com cartão do restaurante;
- (C.02A) Cliente com cartão do restaurante que consome apenas refeições;
- (C.02B) Cliente com cartão do restaurante que consome refeições e outros produtos;
- (C.03A) Cliente com comanda que consome apenas refeições;
- (C.03B) Cliente com comanda que consome refeições e outros produtos.

O Quadro 4.1 apresenta os tipos de clientes e suas características em relação ao sistema.

Capítulo 4 – Aplicação do método

Quadro 4.1 – Tipos de clientes e suas características

		Tipos de Clientes					
		Lanchonete		Cartão		Comanda	
		C.01A	C.01B	C.02A	C.02B	C.03A	C.03B
Locais em que o cliente recebe o atendimento	Mesa da comanda					X	X
	Mesa térmica			X	X	X	X
	Balanças			X	X	X	X
	Balcão de sucos/ refrigerantes				X		X
	Descarte de bandejas			X	X	X	X
	Caixas	X	X			X	X
	Lanchonete	X	X				
Forma de pagamento	Cartão pré-pago do restaurante		X	X	X		
	Dinheiro	X				X	X
Produtos consumidos	Refeições + outros produtos				X		X
	Apenas refeições			X		X	
	Outros produtos no caixa	X	X			X	X
Tempo de atendimento	Maior		X		X		X
	Menor	X		X		X	

O Quadro 4.2 apresenta as demais informações obtidas durante a entrevista com os gestores.

Capítulo 4 – Aplicação do método

Quadro 4.2 – Informações obtidas na entrevista com os gestores

Questões levantadas	Informações obtidas
Horário de funcionamento do período do almoço.	Encerramento da mesa térmica às 13h30min, os caixas e lanchonete ficam abertos durante todo o dia e também à noite.
Regras do atendimento e forma como o serviço é prestado.	Descrito no item 4.2.1
Quantidade de mesas e cadeiras	Não há um registro preciso, pois as cadeiras são utilizadas por departamentos ou eventos na universidade. Capacidade aproximada de 200 cadeiras.
Quantidade de pessoas atendidas por dia	Não há um controle ou registro. Apenas um relatório gerencial de vendas fornecido pelo <i>software</i> administrativo do restaurante com informações quanto a valores e produtos vendidos.
Conhecimento dos tempos de atendimento em cada posto de trabalho	Não há controle ou conhecimento dos tempos de atendimento
Quantidade de operadores ou funcionários	09 funcionários, na área de atendimento, no período do almoço.
Reclamações dos clientes quanto à espera e quantidade de filas existentes	Sim há reclamações
Existência, documentada, do mapeamento do processo de prestação de serviço.	Não possui
Dias de maior movimento	Terça-feira a quinta-feira
Períodos e/ou eventos que aumentam a demanda.	Competições, encontros, feiras entre outros eventos direcionados para alunos e/ou servidores dentro da universidade.
Períodos e/ou eventos que diminuem a demanda.	<ul style="list-style-type: none"> - Competições, encontros e/ou feiras que ocorrem fora da cidade e que há um deslocamento de muitos alunos. - Feriados e proximidade das férias - Período de provas

Com o objetivo de obter um material que auxiliasse em consultas futuras para elaboração do modelo conceitual e computacional foram feitas algumas fotos do local, como

Capítulo 4 – Aplicação do método

por exemplo, a Figura 4.1. Observando que não seria suficiente, foi adquirida, por meio do Departamento de Obras da UNIFEI, uma cópia da planta baixa do Centro de Convivência. A partir dela foi possível elaborar uma planta baixa simplificada do local (Figura 4.2) e também uma imagem 3D (Figura 4.3).



Figura 4.1 – Foto do restaurante na mesa térmica.

A criação da imagem 3D (Figura 4.3) foi de grande utilidade, pois auxiliou na elaboração do modelo conceitual, proporcionando melhor visualização do local e descrição do sistema, pois o leiaute do restaurante possuiu características que influenciaram no modelo.

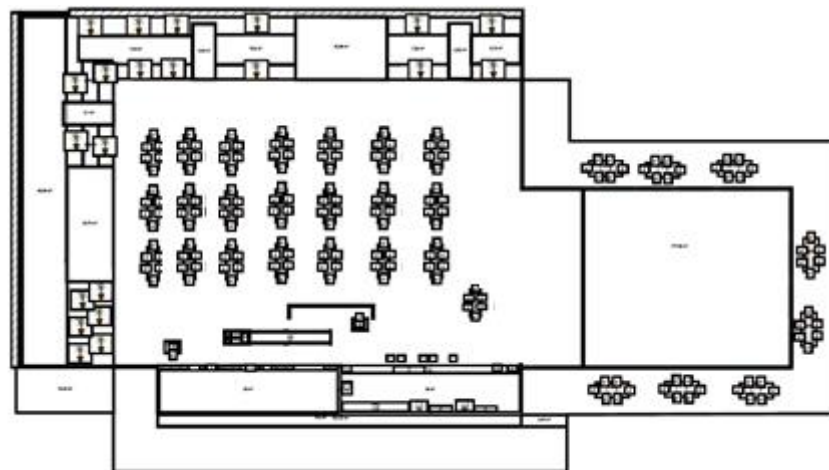


Figura 4.2 – Planta baixa do RA Júnior

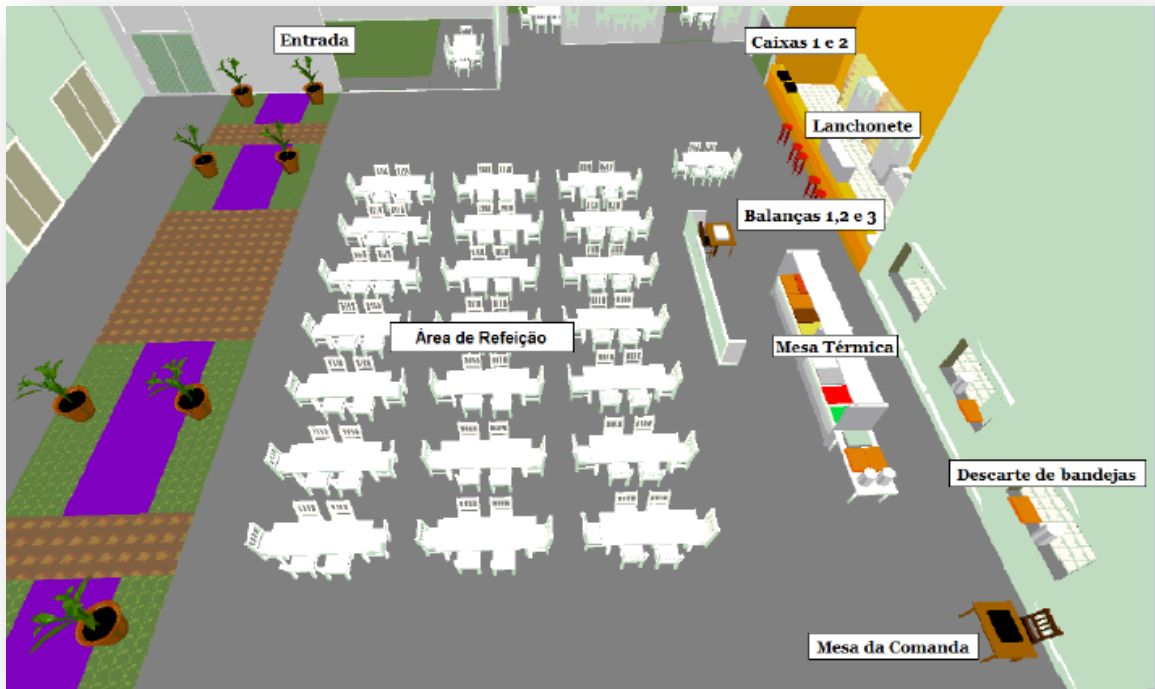


Figura 4.3 – Desenho obtido com a utilização do *software Sweet Home 3D*.

A fim de atender os objetivos deste modelo o tempo de espera dos clientes nas filas foi a variável de saída do modelo computacional selecionada para análise. Outros detalhes a respeito das variáveis de resposta serão tratados na Seção 4.3.1 em que é feita a descrição da elaboração do modelo computacional.

4.2.1.1. Simplificações do modelo

O modelo foi limitado apenas à área de atendimento, compreendendo o ambiente de interação do cliente com os funcionários e área de refeição, conforme Figura 4.3. Este modelo não compreende a área de produção de alimentos (o interior da cozinha) e também a área externa como banheiros, depósitos e estacionamentos.

Será estudado o horário do almoço com foco no período de maior movimento no restaurante a fim de investigar o tempo de espera do cliente, principalmente o tempo de espera máximo.

Na concepção do modelo um fator importante foi a localização do restaurante universitário, pois afetou diretamente a coleta de dados e também limitou a criação dos cenários. O restaurante está localizado em uma área central de uma instalação composta por espaços e salas utilizadas para funções diversas na universidade. Desta forma, não há paredes que limitem o acesso dos usuários ou os mantenham na área que se imagina ser o espaço

Capítulo 4 – Aplicação do método

exclusivo do restaurante. As pessoas que circulam no restaurante podem estar apenas passando para ir ao banco, por exemplo, ou ao utilizarem as mesas e as cadeiras do restaurante, podem não consumir produtos ou serviço, mas estar apenas estudando ou conversando com os amigos.

Por não existir paredes ou alguma outra forma que limite e defina o ambiente exclusivo do restaurante e assim controlar a entrada e saída dos clientes, as modalidades de registro do cliente no sistema por meio de comanda e cartão foi uma forma encontrada pelos gestores do restaurante de administrar e controlar a inadimplência dos clientes.

Diante do exposto, o tamanho do ambiente e a posição dos elementos que compõem o paisagismo, o mobiliário e a própria arquitetura do local também foram fatores importantes para concepção do modelo, pois determinaram a posição das filas e dos postos de atendimento.

Como simplificação do modelo considera-se que:

- A mesa de pratos e talheres, ao lado da mesa térmica, estaria sempre abastecida;
- Não havendo no sistema real entradas específicas para o restaurante foi definido, no modelo, que haveria apenas duas entradas;
- O deslocamento dos clientes entre um local e outro foi considerado constante;
- Os recursos, ou seja, os funcionários não foram incluídos no modelo.

4.2.2. Construção do modelo conceitual

Utilizando a técnica IDEF-SIM o modelo conceitual foi elaborado. Foram realizados 15 modelos para se alcançar o modelo definitivo referente às Figuras 4.4 e 4.5

Capítulo 4 – Aplicação do método

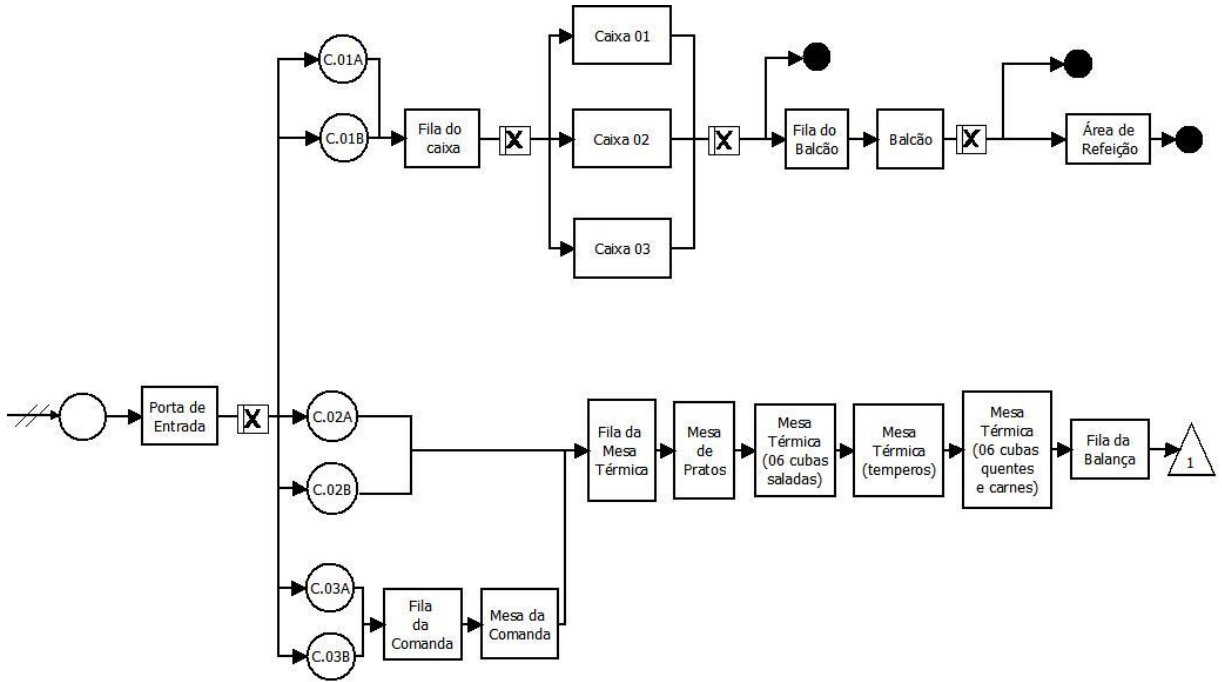


Figura 4.4 – Modelo conceitual do sistema de prestação de serviço (IDEF-SIM) parte 01

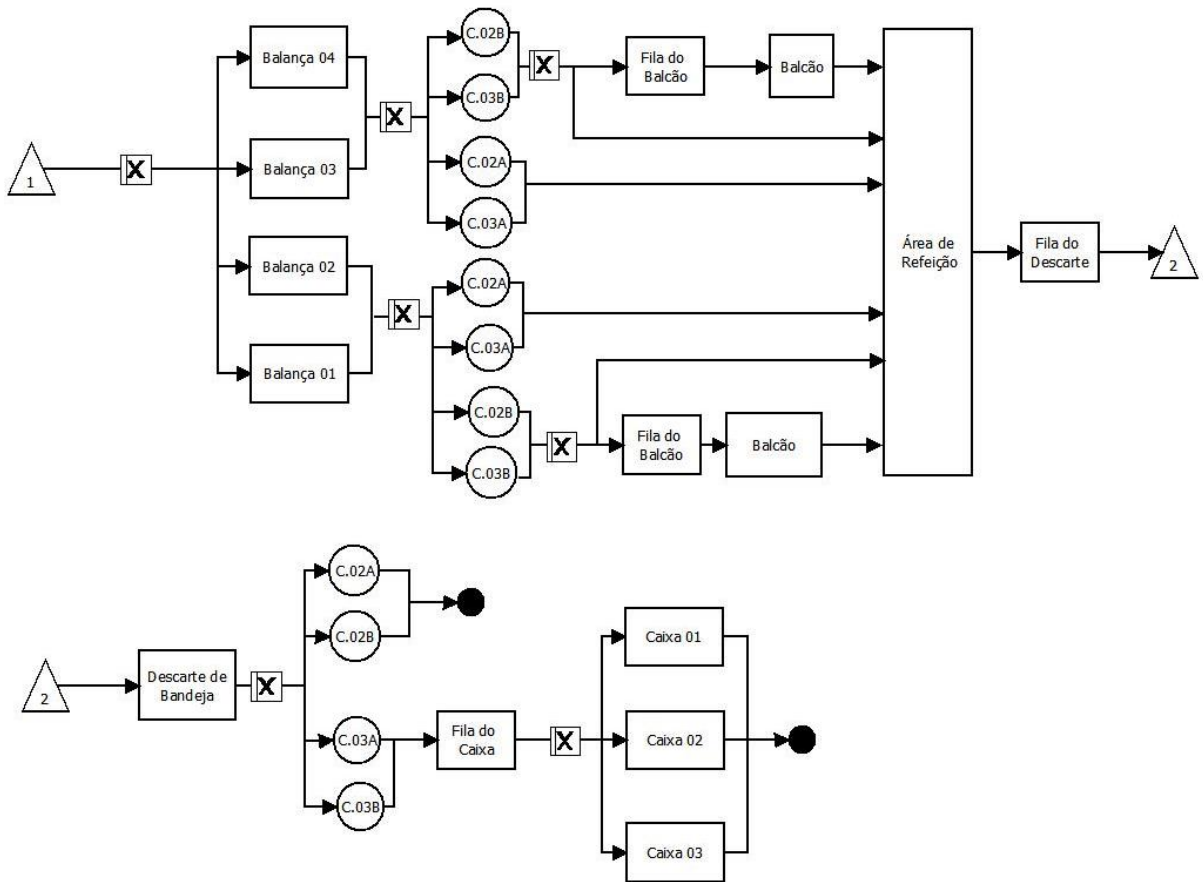


Figura 4.5 – Modelo conceitual do sistema de prestação de serviço (IDEF-SIM) parte 2

4.2.3. Validação do modelo conceitual

Este modelo foi validado em duas etapas utilizando a validação face a face:

- 1º. Etapa: um especialista na técnica IDEF-SIM, sem conhecimento do sistema real, realizou uma análise do modelo e o considerou correto de acordo a técnica aplicada;
- 2º. Etapa: os especialistas no processo do sistema real analisaram o modelo conceitual e o considerou condizente com o processo real.

4.2.4. Modelagem dos dados de entrada

4.2.4.1. Coleta de dados

A coleta de dados nesta pesquisa foi uma atividade iterativa na construção do modelo permeando as fases de concepção, implementação e foi necessário refazê-las algumas vezes, reafirmando o ciclo e a iteração das etapas proposta por Chwif e Medina (2010), Figura 3.1.

Assim como afirmado por Tryrula (2004) e Perera e Liyanage (2000), o tempo necessário para realizar a coleta de dados nesta pesquisa foi elevado, totalizando 42% do total do tempo gasto neste projeto de simulação. Maiores detalhes sobre o tempo total gasto no projeto será tratado na Seção 5.5.

Antes da elaboração do modelo conceitual, durante a fase de concepção, a coleta de dados foi umas das primeiras atividades. Neste ponto inicial da pesquisa, a coleta dos dados foi realizada para o conhecimento do sistema e seus problemas, delineamento do tamanho e profundidade do modelo e definição dos dados históricos e os dados que talvez devessem ser levantados no local de atendimento. Isto foi feito por meio de entrevista com os gestores e funcionários, além de observação do sistema conforme descrito na Seção 4.2.1. A coleta de dados de entrada foi realizada quatro vezes. Na quarta coleta de dados foram registrados os dados de validação do modelo. A forma como estas coletas de dados foram realizadas e seus detalhes serão descritos a seguir.

Com base no modelo conceitual IDEF-SIM (Figuras 4.4 e 4.5), inicialmente foram estabelecidos os locais em que seria necessário coletar os dados de entrada, referente aos tempos de atendimento ou permanência do cliente para alimentar o modelo computacional, descritos no Quadro 4.3.

Capítulo 4 – Aplicação do método

Quadro 4.3 – Dados de entrada do modelo computacional para tempos de atendimento

	QUANT.	DESCRIÇÃO	CAPACIDADE	RECURSO/ FUNCIONÁRIO
LOCAIS/ FUNÇÕES	01	Mesa da Comanda	01 Cliente por vez	01
	01	Mesa Térmica (dividida em 12 cubas)	16 Clientes, 08 de cada lado	Não se aplica
	02	Balanças no lado direito sobre o balcão 01 e 02	01 Cliente por vez	01 por balança
	02	Balanças no lado esquerdo 03 e 04	01 Cliente por vez	01 por balança
	01	Área de Refeição	300 clientes	Não se aplica
	01	Lanchonete	04 clientes	03
	03	Caixas	01 cliente cada	01 por caixa
	01	Descarte de bandejas	02 clientes por vez	Não se aplica

No entanto, após a análise dos dados da 1ª coleta de dados, referente aos tempos de atendimento e permanência do cliente, utilizando apenas cronômetro, foram identificadas algumas falhas na representação modelo. Na 1ª coleta foram considerados apenas três tipos (Lanchonete, Comanda e Cartão) e como simplificação da simulação, considerou-se que a forma como os clientes passavam pela mesa térmica era semelhante a uma esteira, como em um sistema de manufatura, deste modo mensurou-se a velocidade que os clientes passavam por este local. Tais considerações e simplificações se mostraram irrealistas quando os primeiros resultados referentes às filas no modelo computacional foram analisados.

Considerando que a 1ª coleta de dados utilizou apenas cronômetro não foi possível rever os dados para realizar a divisão correta dos tipos de clientes e também o tempo correto na mesa térmica. Diante disto muitos dos dados foram perdidos e foi necessário realizar a segunda coleta de dados.

Com o objetivo de aperfeiçoar a eficácia na coleta de dados, foi realizado um levantamento dos locais, além daqueles descritos no Quadro 4.3, identificando todos os possíveis dados que seriam necessários para o modelo, não apenas os de entrada, mas também os dados de validação (Quadro 4.4). Estas ações foram feitas com base na literatura, na experiência adquirida com as ações anteriores, no modelo IDEF-SIM, na elaboração dos primeiros modelos computacionais e utilizando a Figura 4.6:

- Os dados de entrada no modelo são aqueles cujos tempos foram coletados no sistema real e tratados estatisticamente para alimentação do modelo computacional;
- Os dados de validação são os dados identificados no sistema real com a finalidade de serem comparados com os dados de saída do modelo computacional.

Capítulo 4 – Aplicação do método

Quadro 4.4 – Descrição dos dados identificados na Figura 4.6 (continua)

Número e Local conforme a Figura 4.6	Dado a ser coletado	Descrição	Solução encontrada	Dados de entrada do modelo	Dados de validação (sistema real)
01 Entrada	Percentual de chegada de clientes no período do almoço – 11h às 13h30min	Quantidade de pessoas que entram no restaurante em determinados períodos entre 11h e 13h30min -	4ª Coleta de dados – dados de validação: Coleta manual - contagem das pessoas que entram na fila da mesa térmica separando em tempos de 10 em 10 minutos.	X	
Filas de espera: Comanda 02 Mesa térmica 06 Balanças 08 Balcão suco 12 Caixas 14 Lanchonete	– Tempo de espera – Quantidade de pessoas nas filas de tempos em tempos no período do almoço	Tempo entre a chegada à fila até o momento do atendimento. Quantidade de pessoas na fila a cada 10 minutos	4ª Coleta de dados - validação: Manual - marcação do tempo de espera, indicando a posição da pessoa na fila. Utilizando o formulário referente à Figura 4.14 para cada fila. Manual - Contagem do número de pessoas nas filas a cada 10 minutos. Utilizando formulário, Figura 4.14.		X
03 Mesa da comanda	Tempo de atendimento	Atendimento pelo operador, posicionamento do cliente diante da mesa, entrega do documento até o recebimento da comanda e saída do posto.	3ª Coleta de dados: Filmagem - identificação do tempo de atendimento.	X	
05 Mesa térmica	Tempo se servindo Tempo se deslocando Tempo esperando	O cliente se serve com os alimentos ao longo da mesa em cada cuba de alimentos	3ª Coleta de dados - dados de entrada: Filmagem - identificação do tempo se servindo em cada cuba, utilizando máquina fotográfica pequena (colada no início da mesa térmica, bem próximo às cubas). Posteriormente fazendo a separação do tempo que era somente da pessoa se servindo. O tempo de espera é consequência do fluxo do sistema.	X	

Capítulo 4 – Aplicação do método

Quadro 4.4 – Descrição dos dados identificados na Figura 4.6 (contiuna)

Número e Local conforme a Figura 4.6	Dado a ser coletado	Descrição	Solução encontrada	Dados de entrada do modelo	Dados de validação (sistema real)
07 Balança fora do balcão	Tempo de atendimento para: C.02A C.02B C.03A C.03B	<p>Para todos os tipos de clientes: Tempo em que o cliente coloca o prato sobre a balança, o operador digita o peso e a solicitação do cliente na máquina. Este tempo somado:</p> <p>Se cliente C.02A: o tempo que o operador passa o cartão e entrega o recibo.</p> <p>Se cliente C.02B: o tempo que o operador passa o cartão e entrega o recibo e o vale do suco ou refrigerante ao cliente.</p> <p>Se cliente C.03B: tempo que o operador entrega o vale do suco ou refrigerante</p>	3ª Coleta de dados - Dados de entrada: Filmagem - identificação do tempo de atendimento para cada tipo de cliente conforme Tabela 4.1 (Tipos de clientes)	X	

Capítulo 4 – Aplicação do método

Quadro 4.4 – Descrição dos dados identificados na Figura 4.6 (continua)

Número e Local conforme a Figura 4.6	Dado a ser coletado	Descrição	Solução encontrada	Dados de entrada do modelo	Dados de validação (sistema real)
07 Balança no balcão	Tempo de atendimento para: C.02A C.02B C.03A C.03B	Para todos os tipos de clientes: Tempo em que o cliente coloca o prato sobre a balança, o operador digita o peso e a solicitação do cliente na máquina. Este tempo somado: Se cliente C02B: o tempo que o operador passa o cartão e entrega o recibo, busca e entrega o suco ou refrigerante ou outro produto ao cliente. Se cliente C03B: Tempo em que o operador busca o suco solicitado e entrega ao cliente.	3ª Coleta de dados - Dados de entrada: Filmagem - identificação do tempo de atendimento para cada tipo de cliente conforme Tabela 4.1 (Tipos de clientes)	X	
09 Atendimento no balcão e 15 Lanchonete	Tempo de atendimento	Tempo de atendimento dos auxiliares e buscando o entregando o suco ao cliente	3ª Coleta de dados - Dados de entrada: Filmagem - identificação do tempo que o operador leva para servir o cliente.	X	
10 Área de refeição	Tempo de consumo do alimento	Tempo em que o cliente se senta para consumir a refeição até o momento em que ele se levanta para descartar a bandeja.	1ª, 2ª e 3ª Coleta de dados: Manual e filmagem. Selecionando alguns clientes e verificando seu tempo de permanência na área de refeição.	X	
11 Descarte da bandeja	Tempo de descarte	Entrega da bandeja no local de descarte.	3ª Coleta de dados - Dados de entrada: Filmagem identificação dos tempos do descarte.	X	

Capítulo 4 – Aplicação do método

Quadro 4.4 – Descrição dos dados identificados na Figura 4.6 (continua)

Número e Local conforme a Figura 4.6	Dado a ser coletado	Descrição	Solução encontrada	Dados de entrada do modelo	Dados de validação (sistema real)
13 Caixas	Tempo de atendimento Para cliente que paga com dinheiro e cliente que paga com cartão sendo: C.01A - dinheiro C.01B - cartão C.03A e C.03B - dinheiro	Se dinheiro: tempo em que o operador identifica o valor a ser pago, registra o pedido extra do cliente se houver, o cliente entrega o dinheiro e o operador busca o produto e entrega o produto e o recibo. Se cartão: tempo em que o operador identifica o valor a ser pago, registra o pedido extra do cliente se houver, o cliente entrega o cartão e o operador passa o cartão na máquina, busca o produto e entrega o produto e o recibo.	3ª Coleta de dados - Dados de entrada: Filmagem - identificação do tempo que o operador leva para servir o cliente separando os clientes que pagam com cartão dos que pagam com dinheiro.	X	
16 Local de consumo na área de refeição	Tempo de permanência do cliente consumindo o produto	Após receber a mercadoria o cliente pode consumir o produto no balcão, ir para área de refeição ou sair do restaurante.	Como simplificação, este tempo foi considerado o mesmo dos outros clientes na área de refeição e não no balcão.	X	

Capítulo 4 – Aplicação do método

Quadro 4.4 – Descrição dos dados identificados na Figura 4.6 (conclusão)

Número e Local conforme a Figura 4.6	Dado a ser coletado	Descrição	Solução encontrada	Dados de entrada do modelo	Dados de validação (sistema real)
Em todo o restaurante	Tempo de deslocamento do cliente da porta de entrada às filas, das filas aos locais.	Tempo que o cliente leva de um lugar a outro no restaurante	Para cada deslocamento, por exemplo, da entrada a fila da mesa térmica, como simplificação este tempo foi considerado constante, por exemplo, 40 segundos, selecionando alguns clientes e analisando seu tempo de percurso. Este procedimento foi realizado para cada tipo de deslocamento.	X	
Capacidade	Quantidade de clientes que pode ser atendido em cada local.		Observação do sistema.	X	
Capacidade das filas	Quantidade de pessoas que cabem nas filas		Observação do sistema	X	
Recursos	Quantidade de funcionários ou colaboradores	Quantidade de funcionários em cada local e horário de trabalho	Entrevista com gestores e observação do sistema	X	
Demanda total Percentual de cada tipo de cliente	Quantidade de clientes no restaurante % de cada tipo de cliente		Identificação de um padrão nos relatórios fornecidos pelos gestores	X	

Capítulo 4 – Aplicação do método

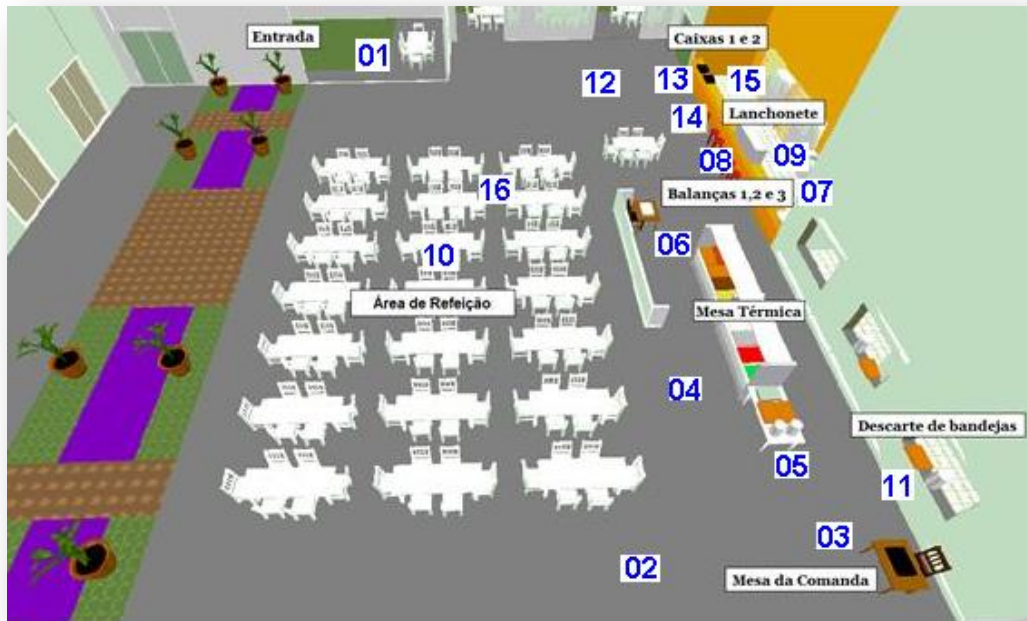


Figura 4.6 – Identificação dos locais em que os dados podem ser coletados

Para obter o maior aproveitamento e também maximização das ações, a 2ª coleta de dados foi planejada com a finalidade de registrar os procedimentos de vários locais ao mesmo tempo utilizando uma câmera de filmagem.

Depois da 2ª coleta de dados, a análise dos filmes mostrou que não foi possível identificar alguns tempos de atendimento devido à escolha do posicionamento da câmera. Observou-se ainda, que os tempos de espera no modelo computacional eram incompatíveis com os tempos de espera no sistema real por considerar a mesa térmica um local com capacidade de atendimento para 18 pessoas.

Capturar os detalhes do modo como os clientes se comportavam na mesa térmica e coletar de forma eficiente os tempos de atendimento em outros locais apenas se tornou possível por meio de filmagem utilizando vários equipamentos ao mesmo tempo (Figuras 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11). Isto ocorreu na 3ª coleta de dados de entrada quando muitas observações do sistema foram feitas e a análise dos filmes foi realizada imediatamente após cada filmagem permitindo fazer correções imediatas na coleta de dados.

Capítulo 4 – Aplicação do método



Figura 4.7 – Filmagem dos Caixas 01 e 02 utilizando a câmera de segurança

Para mensurar os detalhes da mesa térmica, uma câmera pequena foi posicionada a fim de registrar cada cuba de alimento (Figura 4.8). Em análise posterior dos filmes foi possível separar o tempo real em que o cliente se servia do tempo de espera e de deslocamento entre uma cuba e outra.



Figura 4.8 – Filmagem da mesa térmica (cubas frias) com a câmera menor

Capítulo 4 – Aplicação do método

A Figura 4.9 apresenta a mesa térmica (cubas quentes), a Figura 4.10 mostra as Balanças 01 e 02 sobre o balcão e a Figura 4.11 as Balanças 03 e 04 fora do balcão.



Figura 4.9 – Filmagem da mesa térmica (cubas quentes) câmera menor



Figura 4.10 – Filmagem das Balanças 01 e 02 sobre o balcão

Capítulo 4 – Aplicação do método



Figura 4.11 – Filmagem das Balanças 03 e 04 fora do balcão

Para os dois dados de validação do modelo, as filmagens obtidas na 2ª e 3ª coleta de dados seriam suficientes para obter todas as informações necessárias. Mas devido a falta de um *backup* apropriado, os filmes foram perdidos antes da análise dos dados de validação, pois o equipamento em que estavam arquivados se danificou. Diante disto foi necessário realizar a 4ª coleta de dados.

A 4ª coleta de dados foi realizada de forma manual utilizando cronômetro e planilhas estruturadas. Nesta coleta o objetivo foi contar o número de pessoas nas filas a cada dez minutos a partir das 11 horas e também mensurar o tempo de espera do cliente em cada fila considerando sua posição na fila.

Durante as coletas de dados o Quadro 4.4 foi editado várias vezes, sendo alimentado com informações e descobertas importantes obtidas a partir das observações realizadas no sistema real.

A Figura 4.12 apresenta um exemplo de como a coleta de dados foi planejada e realizada descrevendo em que dia e quais locais seriam coletados os dados.

Capítulo 4 – Aplicação do método

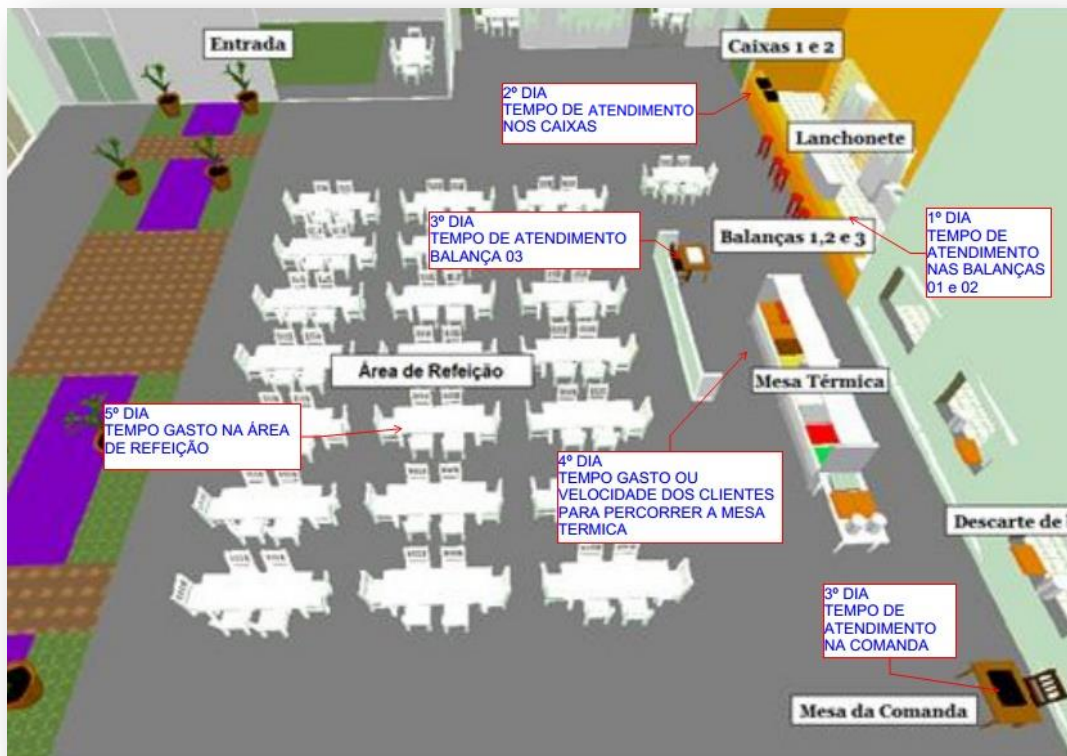


Figura 4.12 – Exemplo da realização da 1ª coleta de dados

As Figuras 4.13 e 4.14 descrevem exemplos de planilhas utilizadas para coleta de dados de forma manual e presencial. Na Figura 4.13 é um exemplo de uma planilha de coleta de dados de entrada da Balança 01 que foi utilizado na primeira coleta de dados utilizando apenas cronômetro. Para cada cliente foi registrado o tipo de cliente (C.02 ou C.03), o tempo do início e fim do atendimento registrando o tempo determinado no cronômetro, posteriormente, foi calculada a diferença resultando no tempo de atendimento.

Capítulo 4 – Aplicação do método

Cronoanálise dos tempos (manual - cronômetro)									
DATA									
	BALANÇA 01		BALANÇA 01		BALANÇA 01		BALANÇA 01		
	Tipo	Tempo	Tipo	Tempo	Tipo	Tempo	Tipo	Tempo	
1			40		79			118	
2			41		80			119	
3			42		81			120	
4			43		82			121	
5			44		83			122	
6			45		84			123	
7			46		85			124	
8			47		86			125	
9			48		87			126	
10			49		88			127	
11			50		89			128	
12			51		90			129	
13			52		91			130	
14			53		92			131	
15			54		93			132	
16			55		94			133	
17			56		95			134	

Figura 4.13 – Exemplo de planilha para coleta de dados

A Figura 4.14 apresenta dois exemplos das planilhas utilizadas na 4ª coleta de dados referente à validação do modelo, por exemplo, na planilha “Tempo de espera em cada fila”, na coluna “obs.: característica” foi anotada a posição de uma pessoa na fila e algumas características, como por exemplo, camisa verde e cabelo loiro ou boné vermelho. Estas anotações foram feitas com a finalidade de memorizar a pessoa, pois quando esta saísse da fila o tempo seria registrado. Posteriormente foi calculada a diferença do tempo da entrada e saída na fila apurando assim o tempo de espera deste cliente. A finalidade destes dados é realizar a comparação com os dados de saída do modelo computacional.

Capítulo 4 – Aplicação do método

FORMULÁRIO DE VALIDAÇÃO DO MODELO																				
DATA :																				
		QUANTIDADE DE PESSOAS NA FILA POR PERÍODO																		
		HORÁRIO																		
FILAS	11:00	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50	12:00	12:10	12:20	12:30	12:40	12:50	13:00	13:10	13:20	13:30	13:40	13:50	14:00	
CAIXA																				
LANCHONETE																				
COMANDA																				
MESA TÉRMICA																				
BALANÇA																				
ÁREA DE REFEIÇÃO																				

Tempo de espera em cada fila				
obs: característica	MESA TÉRMICA	CAIXA	COMANDA	BALANÇAS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

Figura 4.14 – Exemplos de planilha para coleta de dados de validação

4.2.4.2. Tratamento dos dados de entrada

Referente aos dados de entrada, ou seja, os tempos de atendimentos, as balanças e os caixas apresentaram características distintas que influenciaram sobremaneira o modelo.

Referente às balanças foram consideradas as seguintes premissas:

- Local: se os locais em que as balanças estão posicionadas (balcão e fora do balcão) influenciariam no tempo de atendimento;
- Tipos de clientes: se realmente haveria diferença para cada tipo de cliente com cartão (C.02A, C.02B) e com comanda (C.03A e C.03B) conforme Quadro 4.5, nos tempos de atendimento em cada uma das balanças.

Capítulo 4 – Aplicação do método

Quadro 4.5 – Tipos de clientes e suas características

		Cartão		Comanda	
		C.02A	C.02B	C.03A	C.03B
Locais em que o cliente recebe o atendimento	Mesa da comanda			X	X
	Mesa térmica	X	X	X	X
	Balanças	X	X	X	X
	Balcão de sucos/ refrigerantes		X		X
	Descarte de bandejas	X	X	X	X
	Caixas			X	X
	Lanchonete				
Forma de pagamento	Cartão pré-pago do restaurante	X	X		
	Dinheiro			X	X
Produtos consumidos	Refeições + outros produtos		X		X
	Apenas refeições	X		X	
	Outros produtos no caixa			X	X
Tempo de atendimento	Maior		X		X
	Menor	X		X	

Foi utilizado o *software* Minitab a fim de provar, estatisticamente, a hipótese levantada sobre os tempos de atendimento nas balanças para cada tipo de cliente:

- Hipótese H_0 : os tempos de atendimento são iguais em todas as balanças para todos os tipos de clientes
- Hipótese H_1 : Os tempos de atendimentos para cada tipo de cliente em cada balança não são iguais.

Para os testes de hipóteses foi utilizado o recurso ANOVA do *software* de estatística, Minitab. Conforme a Figura 4.15, as médias dos tempos para cada tipo de cliente não são iguais. Entretanto os tempos para os mesmo tipos de clientes em cada balança, com exceção da Balança 03, fora do balcão, para o cliente com comanda (C.03B), são iguais.

Quando os dados foram coletados existiam apenas 03 balanças: 02 sobre o balcão (Balanças 01 e 02) e 01 fora do balcão (Balança 03). Mas foi acrescentado mais uma balança posteriormente ao lado da Balança 03. Diante disto, como simplificação, tendo como parâmetro que os tempos das balanças 01 e 02 (balanças no balcão) são iguais estatisticamente, ficou definido que os tempos de atendimentos para a Balança 04 seriam os mesmos da Balança 03.

Outra hipótese é se o tempo de atendimento do cliente que paga com cartão (Clientes da lanchonete C.01B) seria igual àquele que paga com dinheiro (Cliente com comanda C.03A e C.03B e Lanchonete C.01A).

Capítulo 4 – Aplicação do método

- Hipótese H_0 : os tempos de atendimento são iguais para pagamento com cartão e dinheiro;
- Hipótese H_1 : Os tempos de atendimentos não são iguais.

Utilizando o software Minitab o teste de hipótese foi realizado descartando a hipótese de que os tempos de atendimento são iguais, conforme figura 4.15.

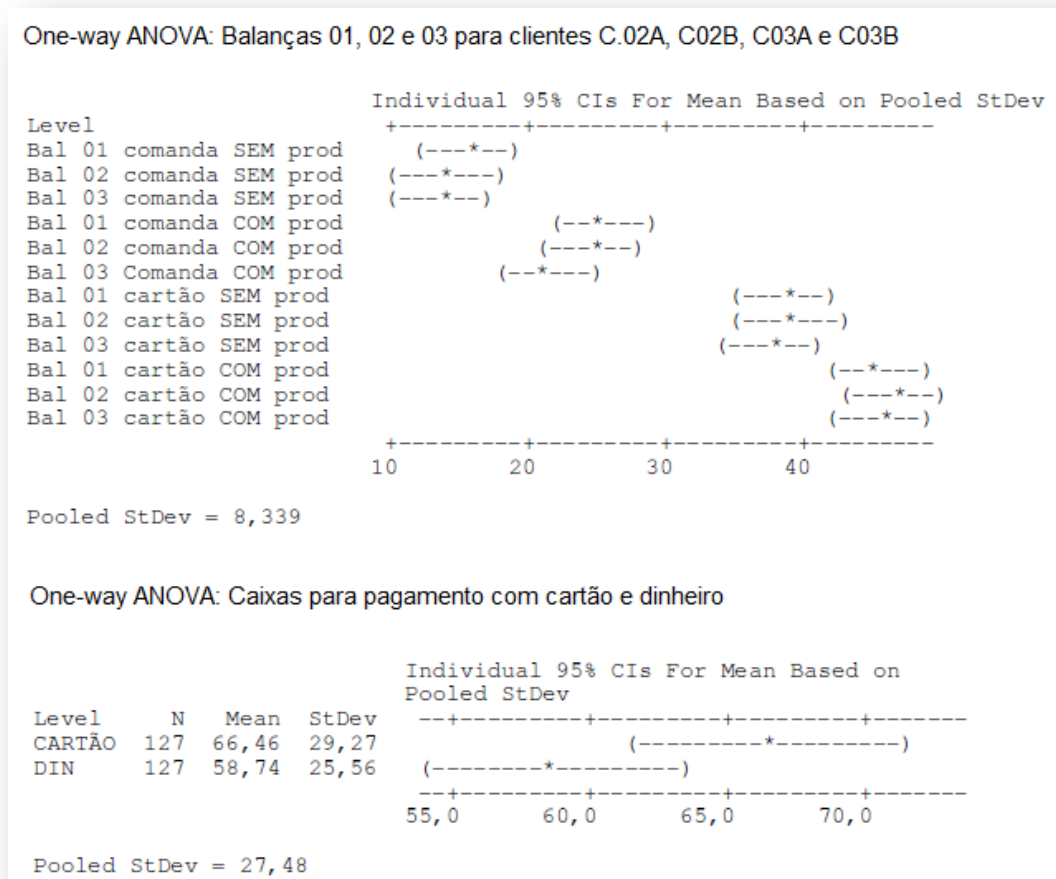


Figura 4.15 – Resultado do teste de hipótese realizado para as balanças e caixas

A fim de determinar em qual distribuição os dados poderiam ser ajustados utilizou-se o *software* Minitab. Para as distribuições identificadas por meio deste *software* também foi possível identificar os parâmetros necessários para os dados de entrada do modelo computacional.

O pacote Stat::Fit® do *software* Promodel®, foi utilizado para os dados cuja distribuição não foi identificada no *software* Minitab. Por meio do teste realizado no Stat::Fit®, determinou-se qual a melhor distribuição de probabilidade para a reprodução dos dados de entrada. Isto foi possível por meio da classificação em um *rank* das distribuições

Capítulo 4 – Aplicação do método

fornecidas pelo Stat::Fit®, indicando se são aceitáveis ou não e fornecendo também os seus respectivos parâmetros para utilização no Promodel®.

Utilizou-se a distribuição triangular para os dados cuja distribuição não foi identificada em nenhum dos dois *softwares*. De forma semelhante Chwif e Medina (2006) e Sabbadini, Gonçalves e Oliveira (2006) aplicaram a distribuição triangular para tempos de atendimento.

Após a análise dos filmes, planilhas e relatório fornecido pelos gestores foram identificados, além dos tempos de atendimento, outros dados de entrada necessários à elaboração do modelo computacional, apresentados no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 – Resultado da modelagem dos dados

	Descrição	Informações Gerais	
Entidades	Tipos de Clientes: 01 A e 01 B 02 A e 02 B 03 A e 03 B	Identificados em observação do sistema real, coleta de dados e modelo computacional.	
Entradas	Ciclos de Chegada É o percentual da quantidade de clientes que entram no restaurante em determinados períodos, no horário de atendimento do almoço das 11h às <u>13h30min</u>	Chegada I (C.01A, C01B, C.02A e C.02B) 11:00 às 11:10.....10% 11:11 às 11:20.....7% 11:21 às 13:30.....7% 11:31 às 11:40.....8% 11:41 às 11:50.....8% 11:51 às 12:00.....11% 12:01 às 12:10.....10% 12:11 às 12:20.....5% 12:21 às 12:30.....5% 12:31 às 12:40.....6% 12:41 às 12:50.....6% 12:51 às 13:00.....5% 13:01 às 13:10.....6% 13:11 às 13:20.....4% 13:21 às 13:30.....2%	Chegada II (C.03A e C.03B) 11:00 às 11:10.....6% 11:11 às 11:20.....7% 11:21 às 13:30.....9% 11:31 às 11:40.....7% 11:41 às 11:50.....12% 11:51 às 12:00.....14% 12:01 às 12:10.....7% 12:11 às 12:20.....6% 12:21 às 12:30.....6% 12:31 às 12:40.....5% 12:41 às 12:50.....7% 12:51 às 13:00.....5% 13:01 às 13:10.....4% 13:11 às 13:20.....3% 13:21 às 13:30.....2%
Outras funções	Distribuição do usuário É o percentual de cada tipo de cliente que compõem a demanda total	Percentual	Tipo de Cliente
		07%.....	C.01A
		08%	C.01B
		20%	C.02A
		25%.....	C.02B
		21%.....	C.03A
		19%	C.03B

As Tabelas 4.1 e 4.2 apresentam os locais e os tempos de atendimento ajustados a sua respectiva distribuição de probabilidade e capacidade de cada local.

Capítulo 4 – Aplicação do método

Tabela 4.1 – Dados modelados para alimentação do modelo computacional

Local de atendimento	Distribuição de Probabilidade	Tempo/ Quantidade	Capacidade
Área de refeição I	Triangular	T(15, 25, 40) min	200 cadeiras
Área de refeição II	Triangular	T(20, 30, 60) min	
Área de refeição III	Triangular	T(30, 40, 70) min	
Demanda I	Normal	N(350, 30) clientes	
Demanda II	Normal	N(230, 20) clientes	

Tabela 4.2 – Dados modelados para alimentação do modelo computacional

Local de atendimento	Distribuição de Probabilidade	Tempo em segundos	Capacidade
Caixa pagamento em dinheiro	Triangular	T(16, 47, 130)	01 cliente por vez
Caixa pagamento com cartão	Triangular	T(30, 48, 140)	
Mesa Comanda	Triangular	T(10, 12, 35)	01 cliente por vez
Todas as balanças para C.02A	Lognormal	L(39.6, 8.5)	01 cliente por vez
Todas as balanças para C.02B	Lognormal	L(47.6, 11.6)	
Todas as balanças para C.03A	Triangular	T(10, 15, 37)	
Balanças 01 e 02 para C.03B	Lognormal	L(26.06, 12.4)	
Balanças 03 e 04 para C.03B	Lognormal	L(19.7, 6.4)	
Mesa térmica cuba saladas	Normal	N(10, 3)	18 clientes – 09 clientes na direita e 09 clientes na esquerda
Mesa térmica cuba fria I	Triangular	T(5, 5, 10)	
Mesa térmica cuba fria II	Triangular	T(5, 8, 15)	
Mesa térmica cuba quente	Normal	N(25, 9)	
Mesa térmica cubas de carnes	Normal	N(24, 7)	
Mesa de pratos	Normal	N(6, 2)	06 clientes – 03 de cada lado
Lanchonete e Balcão	Normal	N(31, 12)	03 clientes por vez
Descarte de bandejas	Normal	N(13, 4)	01 cliente por vez

4.3. Implementação

4.3.1. Construção do modelo computacional

A elaboração do modelo computacional foi realizada utilizando o *software* ProModel®. Após as primeiras informações obtidas na entrevista com os gestores, observação do sistema e elaboração do modelo conceitual IDEF-SIM foi possível desenvolver o primeiro modelo para um conhecimento melhor dos dados e funcionamento do sistema.

Utilizando a Figura 4.3, desenvolvida no *software* Sweet Home 3D®, foi possível obter uma biblioteca gráfica personalizada.

É importante ressaltar que as fases de concepção, principalmente a construção do modelo conceitual, modelagem dos dados de entrada (que envolve coleta e tratamento dos dados), verificação e validação do modelo são iterativas de modo que uma ação passa a ser em consequência de uma descoberta da outra. A cada iteração ocorre um amadurecimento

Capítulo 4 – Aplicação do método

referente ao entendimento do sistema e assim o aprimoramento do modelo computacional a fim de equaliza-lo ao sistema real.

A cada nova descoberta ou uma ação em consequência da validação ou verificação do modelo era realizada uma nova versão do modelo, a fim de que se ocorresse alguma alteração equivocada, a versão anterior poderia ser resgatada. Desta forma todas as modificações foram feitas com muita cautela procurando comparar as saídas do modelo com o sistema real.

Para explicar como o modelo foi elaborado serão descritos as principais ações e funções utilizadas no ProModel®:

1. Locais ou funções: são os locais onde os clientes recebem o atendimento, se servem, realizam o consumo ou permanecem por um tempo. Foram registradas: a capacidade, quantidade e a regra de utilização ou entrada. Para todos os locais a estatística foi selecionada como série temporal e que não haveria paradas programadas. O Quadro 4.7 apresenta os locais e sua capacidade.

Quadro 4.7 – Locais cadastrados no sistema

	QUANT.	DESCRIÇÃO	CAPACIDADE
LOCATIONS/ LOCAIS/ FUNÇÕES	02	Entrada	Infinita
	01	Mesa da comanda	01 Cliente por vez
	01	Mesa de pratos lado direito	03 clientes
	01	Mesa de pratos lado esquerdo	03 clientes
	11	Mesa térmica (Cubas de alimentos) lado direito	01 cliente por cuba
	11	Mesa térmica (Cubas de alimentos) lado esquerdo	01 cliente por cuba
	02	Balanças no lado direito sobre o balcão: 01 e 02	01 Cliente por balança
	02	Balanças no lado esquerdo fora do balcão: 03 e 04	01 Cliente por balança
	15	Área de refeição (mesas)	06 clientes por mesa
	15	Área de refeição (mesas)	06 clientes por mesa
	15	Área de refeição (mesas)	06 clientes por mesa
	01	Lanchonete	02 clientes
	03	Caixas	01 cliente cada
	01	Balcão de suco	01 cliente por vez
	01	Descarte de bandejas	01 cliente por vez
	01	Fila da comanda	Infinita
	01	Fila da mesa térmica	Infinita
	01	Fila da balança	04
	01	Fila do balcão de sucos	Infinita
	01	Fila do descarte	Infinita
01	Fila do caixa	Infinita	
01	Fila da lanchonete	Infinita	
07	Pontos de controle	01 por local	

Capítulo 4 – Aplicação do método

Os pontos de controles, citados no Quadro 4.7, não são locais do sistema real, eles são apenas pontos que foram acrescentados ao modelo para tornar as informações dos relatórios provenientes da lógica das operações do ProModel® confiáveis. Estes pontos de controles serão tratados com maiores detalhes na Seção 4.3.2. Foram acrescentados também contadores nas filas com objetivo de acompanhar a quantidade de clientes nas filas e na área de refeição durante a simulação. Isto possibilitou fazer uma verificação visual se o comportamento das filas é coerente com o sistema real.

2. Entidades: neste modelo são os clientes apresentados no Quadro 4.8.

Quadro 4.8 – Entidades do sistema

	TIPO	SIGLA	DESCRIÇÃO
ENTIDADES	01	C.01A	Cliente da lanchonete que paga com dinheiro
	02	C.01B	Cliente da lanchonete que paga com cartão
	03	C.02A	Cliente com cartão que consome apenas refeição
	04	C.02B	Cliente com cartão que consome refeição + outros produtos
	05	C.03A	Cliente com comanda que consome apenas refeição
	06	C.03B	Cliente com comanda que consome refeição + outros produtos

3. Processo: nesta fase do modelo computacional, o modelo IDEF-SIM foi o guia que definiu que caminho cada tipo de cliente iria seguir e se havia ou não algum tipo de lógica. Desta forma foram definidos em quais locais, que caminhos, a lógica de utilização e de movimento. Neste modelo as principais lógicas utilizadas foram:
 - a. *CLOCK* e *LOG*: com a finalidade de registrar o tempo de espera do cliente nas filas (resposta); o tempo de processamento (verificação) e obter o tempo total do cliente no restaurante (resposta);
 - b. *CALMIN*: com o objetivo de realizar a verificação e validação do modelo;
 - c. *CONTENTS*: com o objetivo de realizar a validação do modelo;
 - d. *IF THEN ELSE*: para possibilitar o direcionamento de cada tipo de cliente para sua rota.
4. Chegadas: foram definidos dois locais de chegadas de clientes, pois foi identificado que existiam dois ciclos de chegadas para demandas diferentes conforme descrito no Quadro 4.6.
5. Foram utilizados variáveis e atributos com o objetivo de obter no relatório de saída do modelo os tempos de espera e de atendimento para análise da permanência dos clientes nas filas e no restaurante.

Capítulo 4 – Aplicação do método

6. Macros: foram utilizadas a fim de facilitar as modificações que fossem necessárias nos tempos de atendimento.

A Figura 4.16 apresenta o modelo elaborado com a biblioteca gráfica personalizada e os demais elementos inseridos.



Figura 4.16 – Modelo computacional – Tela do ProModel®

4.3.2. Verificação e validação do modelo computacional

A verificação do modelo foi realizada a fim de responder algumas questões referentes à elaboração do modelo:

1. Se as informações referentes aos tempos de espera do cliente no relatório de saída fornecido pelo ProModel® seriam confiáveis e estariam corretas;
2. Se as lógicas, no processo, tinham sido formuladas de forma correta;

Referente aos tempos de consumo na área de refeição, inicialmente, na modelagem dos dados de entrada foi considerado um único tempo para todos. Mas posteriormente, na verificação do sistema, observou-se que não reproduzia de forma coerente o comportamento do sistema.

Diante disto, por se tratar de uma área cujo comportamento dos clientes é muito diversificado, optou-se por dividi-la em três áreas distintas conforme Tabela 4.1.

Capítulo 4 – Aplicação do método

A demanda dos clientes foi um dado identificado no relatório fornecido pelos gestores e que posteriormente foi confirmada na validação do modelo, mas percebeu-se que havia uma diferença no ciclo de chegada dos clientes C.02 (clientes com cartão) e C.03 (clientes com comanda), desta forma foi necessário dividir a demanda assim como o ciclo de chegada.

Na verificação do sistema, analisando o relatório de saída do modelo, algumas informações não eram coerentes, o que gerou a dúvida se as lógicas estavam formuladas de forma correta, diante disto foram introduzidos os pontos de controle.

Observou-se que em locais cujas lógicas *IF THEN ELSE*, *CLOCK*, *LOG* eram utilizadas associadas a alguma lógica de roteamento, fazendo com que o caminho das entidades fosse dividido as informações de saída do modelo não eram corretas. Diante disso, como prevenção, optou-se por utilizar pontos de controle.

Os pontos de controle são locais no modelo cuja finalidade é impedir que as lógicas *CLOCK* ou *LOG* se associem a regras de roteamento e *IF THEN ELSE*. Por exemplo, no começo da fila da mesa térmica a lógica *CLOCK* é acionada para iniciar o registro do tempo de espera do cliente e quando o cliente sai desta fila há o comando *LOG* para encerrar esta medição, no entanto, sem o ponto de controle esta lógica é associada à lógica de roteamento, pois o próximo local do cliente é a mesa de pratos cuja posição do cliente pode ser do lado 01 ou o lado 02 e ele seguirá para o lado que estiver desocupado. Com a inserção do ponto de controle, o cliente sai da fila da mesa térmica e passa por este ponto, onde a divisão das rotas não ocorre. A lógica de roteamento é transferida para o próximo local que é a mesa de pratos.

Para ter certeza que isto ocorria, os tempos de atendimento no processo foram substituídos por tempos de 1 minuto, por exemplo, assim as respostas dos modelos poderiam ser verificadas.

Após a introdução dos pontos de controle a lógica *CLOCK*, *LOG*, *CALMIN* e *CONTENTS* não tiveram nenhuma interferência e os resultados do modelo ficaram corretos podendo ser utilizados para validação assim como para análise do modelo.

4.3.3. Validação do modelo computacional

Neste modelo as seguintes técnicas de validação foram utilizadas:

1. Validação face a face: os gestores do modelo, especialistas do sistema real, olharam e analisaram o funcionamento do modelo e o consideraram compatível;
2. Validação estatística dos eventos: comparando o número de pessoas nas filas, tempo de espera dos clientes no modelo computacional com o sistema real, utilizando a análise das variâncias (ANOVA) do programa MINITAB para comparar as médias;

Capítulo 4 – Aplicação do método

3. Animação: análise do movimento das entidades durante uma rodada do modelo verificando se as rotas e comportamento estavam corretos;

Para validação estatística dos eventos foi coletado no sistema real, por meio de uma planilha estruturada, a quantidade de pessoas nas filas a cada 10 minutos. Utilizando a lógica *CONTENTS* do ProModel®, foi possível exportar os dados de saída para a planilha do Excel® e assim verificar a cada 10 minutos quantas pessoas estavam nas filas no modelo computacional. A Figura 4.17 apresenta um exemplo destes dados que foram exportados para o Excel. Cada planilha corresponde aos dados de uma fila cujos dados foram importados do ProModel®.

Com o resultado obtido foi possível desenvolver um gráfico para analisar, referente à quantidade de pessoas nas filas, o comportamento do modelo computacional com o sistema real. A Figura 4.18 apresenta um exemplo deste procedimento.

	A	B	C	D	E	F
1	QUANT_FILA	QUANT_FILA_MESA	TERMICA	Value_History_Value		
	TEMPO NO	QUANTID	CONVERSÃO			
	PROMODEL	ADE DE	DOS			
	EM HORAS	PESSOAS	TEMPOS EM			
2			MIN			
3	0,0204167	1	1			
4	0,0224167	1	1			
5	0,0396833	1	2			
35	0,153017	1	9			
36	0,1567	1	9			
37	0,162167	1	10			
38	0,1623	2	10			
39	0,175317	1	11			
40	0,179983	1	11			
41	0,1821	1	11			
42	0,187283	1	11			
43	0,192917	1	12			
44	0,221283	1	13			
65	0,326167	1	20			
66	0,3291	1	20			
67	0,332283	1	20			
68	0,337733	1	20			
69	0,34045	1	20			
70	0,341	1	20			
71	0,341817	1	21			
72	0,345117	1	21			
73	0,345517	1	21			
74	0,348217	1	21			
75	0,354533	1	21			
76	0,356483	1	21			

Figura 4.17 – Dados do ProModel® extraídos para Excel®

Capítulo 4 – Aplicação do método



Figura 4.18 – Quantidade de pessoas nas filas da mesa térmica no horário do almoço

Verifica-se na Figura 4.18 que o comportamento do modelo é coerente com o sistema real e para complementar esta comparação foi realizada uma análise da variância, utilizando o teste ANOVA, do programa MINITAB em que se comparam as médias do modelo computacional com o sistema real. A Figura 4.19 revela que as médias são estatisticamente iguais.

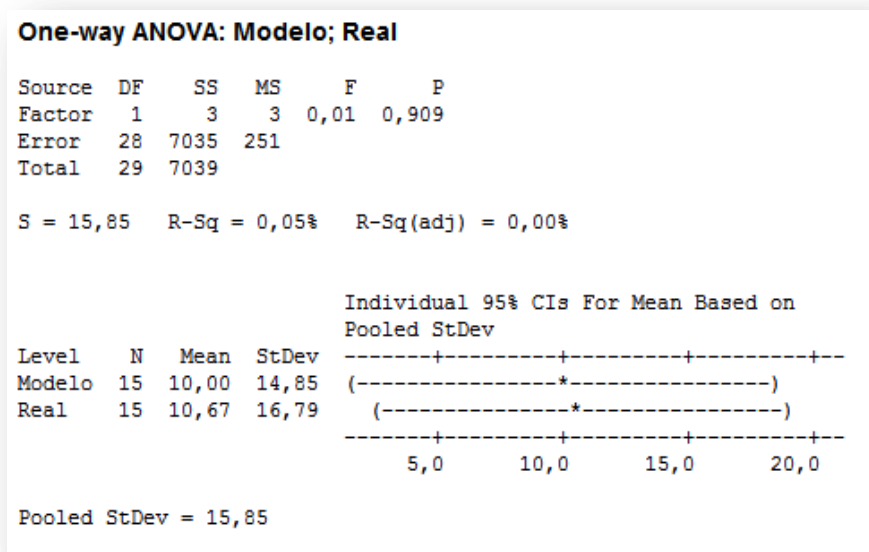


Figura 4.19 – Teste ANOVA para quantidade de pessoas na fila da mesa térmica

Capítulo 4 – Aplicação do método

Outra comparação realizada refere-se aos tempos de espera. Em uma planilha foram registradas, por exemplo, as posições de alguns clientes na fila da mesa térmica e registrados seus tempos de permanência, ou seja, o momento em que o cliente entrou na fila até o momento em que este cliente pegou uma bandeja na mesa de pratos. Este procedimento foi repetido por diversas vezes e realizado de forma semelhante em todas as filas de espera.

Para verificar no modelo computacional se o tempo de espera aproximava-se do sistema real, foi utilizada a lógica *CALMIN* no início e no final de cada fila, os resultados obtidos no ProModel® foram exportados para o Excel. Realizando o cálculo da diferença entre o tempo final e inicial foi obtido o tempo de espera de cada cliente na fila. Comparando estes dados com os dados da planilha referente à quantidade de pessoas nas filas, foi possível identificar em qual posição este cliente estava na fila e assim realizar uma comparação, estatística dos tempos nas posições exatas de cada cliente no modelo computacional com o real.

Com os dados obtidos no sistema real (4ª coleta de dados) e no modelo computacional (dados exportados para Excel) foi possível comparar as médias do tempo de espera do cliente utilizando o recurso ANOVA do Minitab. A Figura 4.20 apresenta um exemplo desta comparação em um teste de hipótese ANOVA para o tempo de espera da fila da mesa térmica do modelo computacional com sistema real. Verifica-se que as médias dos tempos de espera na Mesa Térmica são estatisticamente iguais.

Com o recurso *CALMIN* também foi possível confirmar se os tempos obtidos com o recurso *CLOCK e LOG* estavam corretos.

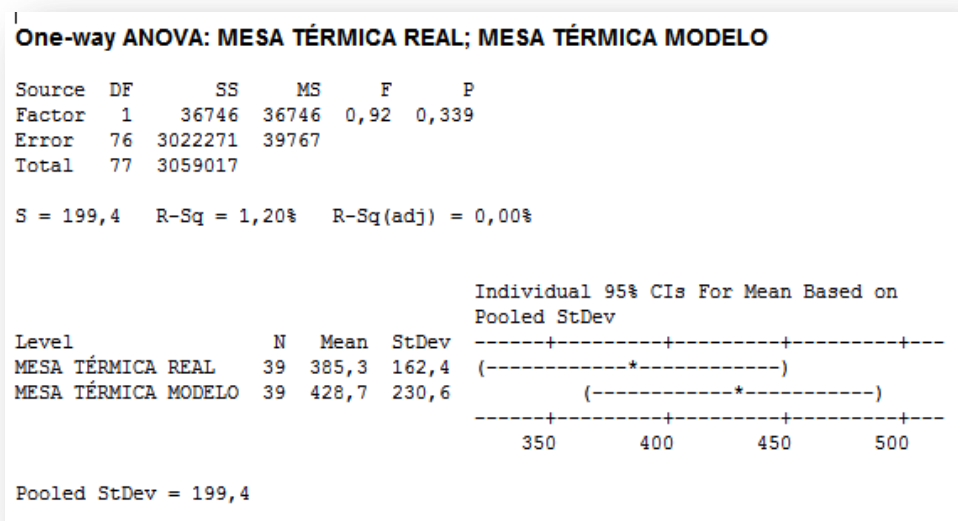


Figura 4.20 – Teste de hipótese ANOVA

Capítulo 4 – Aplicação do método

Após realizar a validação estatística, o modelo foi apresentado ao gestor do restaurante, especialista do processo do sistema real, que o considerou semelhante ao sistema real.

Diante dos testes e verificações realizados, o modelo foi considerado válido e está pronto para análise dos resultados e realização dos experimentos que para este projeto é a criação de cenários para obter redução no tempo de espera.

4.4. Análise

Foram utilizados os recursos *CLOCK* e *LOG* em cada fila a fim de extrair dos relatórios fornecidos pelo ProModel® os tempos de espera nas filas. Foram realizadas 100 replicações para realizar a análise dos resultados, a Figura 4.21 e a Tabela 4.3 mostram o tempo máximo e médio de espera em cada fila.

Tabela 4.3 – Tempos de espera nas filas em minutos

Tempo de espera no modelo atual (em minutos)		
Filas	Máximo	Médio
Comanda	2	0,32
Mesa Térmica	12	3,5
Balanças	0,06	0,03
Balcão	1,4	0,3
Descarte	0,02	0,02
Caixas	2	1
Lanchonete	0,2	0,02

Capítulo 4 – Aplicação do método

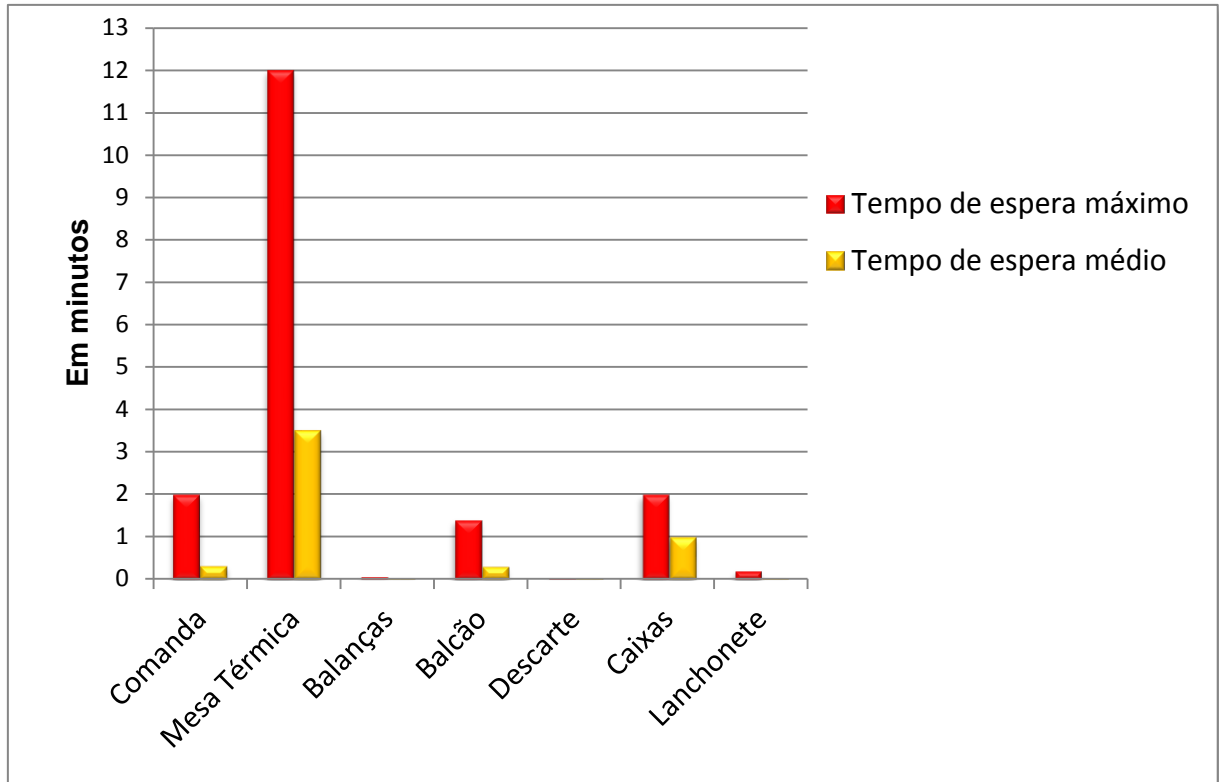


Figura 4.21 – Tempo médio e máximo de espera nas filas (em minutos)

As filas que causam maior impacto no tempo de espera do cliente são as filas da mesa térmica, comanda e do caixa. A Figura 4.22 mostra os tempos máximos e médios de espera por cada tipo de cliente.

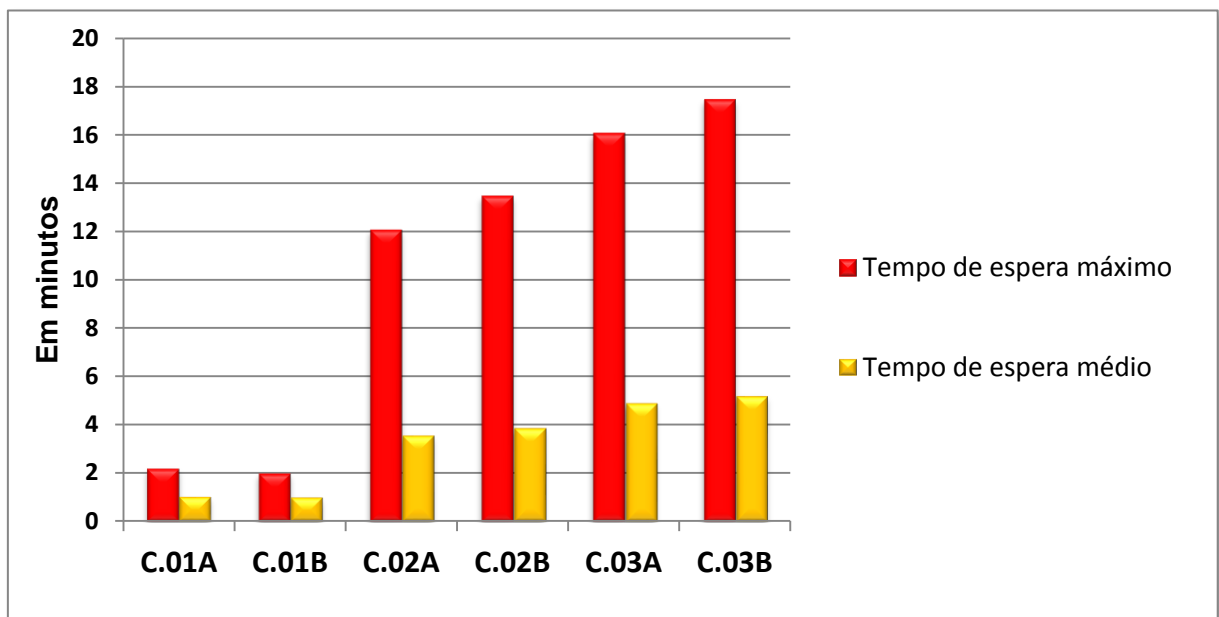


Figura 4.22 – Tempo máximo e médio de espera nas filas por tipo de cliente (em minutos)

Capítulo 4 – Aplicação do método

Observa-se que os clientes da comanda (C.03A e C.03B) possuem um tempo de espera maior que os demais tipos de clientes. Isto se deve ao fato destes clientes passarem por duas filas (comanda e caixa) as quais os clientes com cartão não passam.

A Figura 4.23 mostra o tempo de espera máximo com o tempo de consumo médio e o percentual de cada um no tempo total em que o cliente permanece no restaurante.

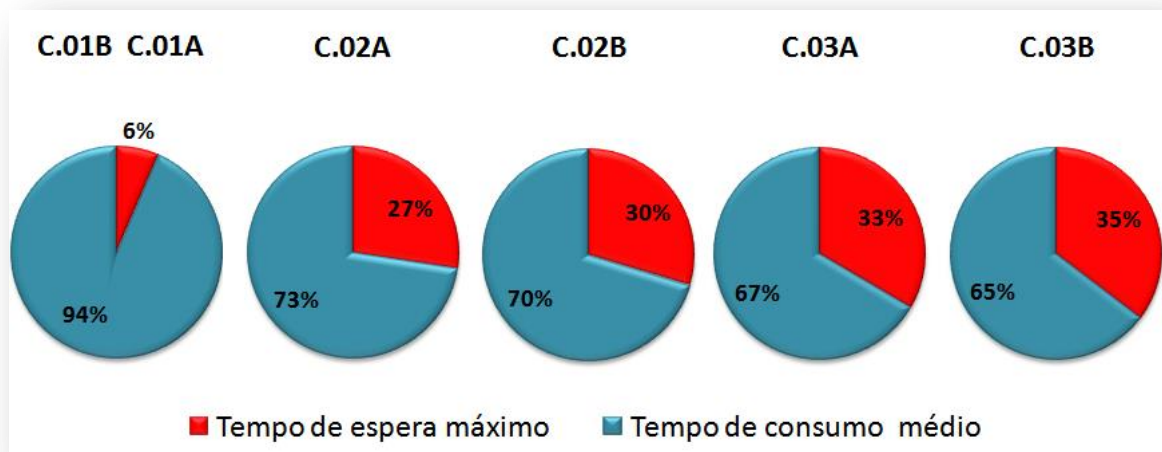


Figura 4.23 – Percentual do tempo gasto pelo cliente no restaurante

Observa-se que os clientes com comanda (C.03A e C.03B) podem permanecer até 1/3 do seu tempo no restaurante em espera (33% e 35%), caso cheguem no horário de pico.

Outra análise é o do comportamento das filas ao longo do período, por meio do tempo de espera dos clientes. A Figura 4.24 mostra o comportamento das principais filas identificadas na Figura 4.21, filas da comanda, mesa térmica, balcão e caixas.

O horário de pico para a mesa térmica é entre 12h00 e 13h00 e para o caixa está distribuído entre 12h00 as 13h30.

Capítulo 4 – Aplicação do método

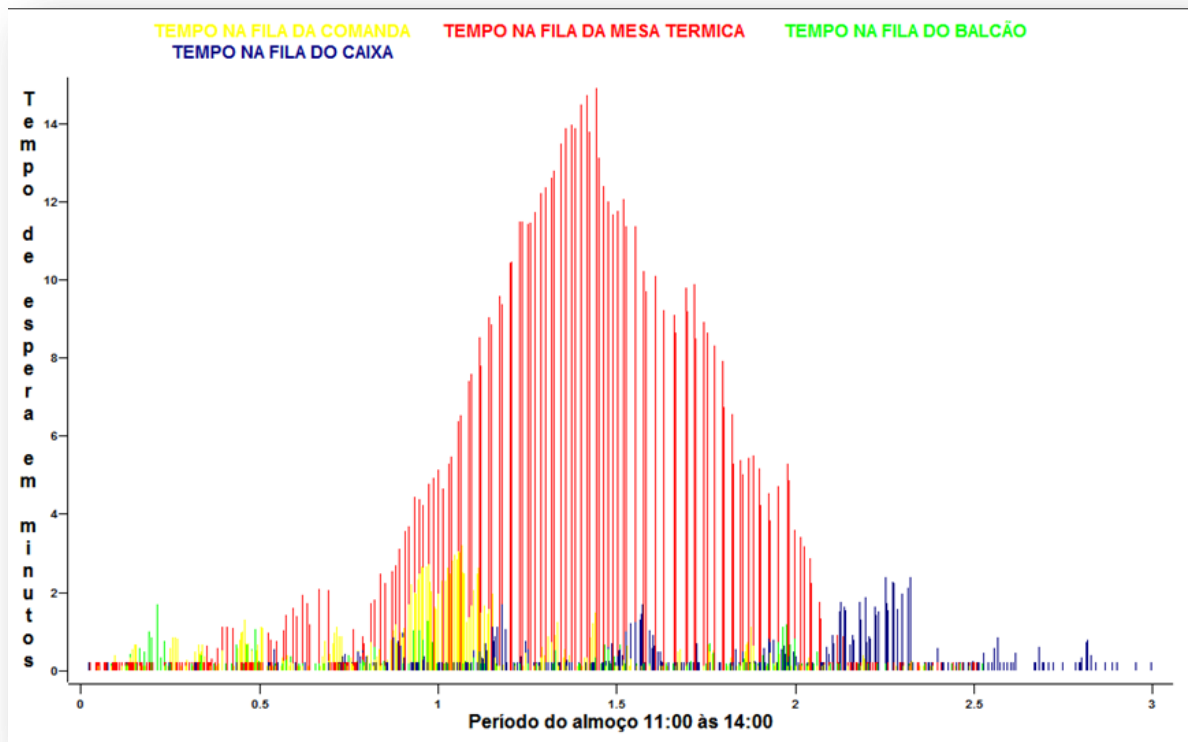


Figura 4.24 – Tempo de espera dos clientes nas filas ao longo do período do almoço

A fim de investigar qual seria o gargalo do sistema, a Figura 4.25 mostra em detalhes a utilização de cada local cuja capacidade é atender apenas um cliente por vez. Segue abaixo a descrição da Figura 4.25:

- Em operação (*Operation*): apresenta o percentual do tempo, dentro do período em que o modelo foi simulado, que o local ficou ocupado, ou seja, sendo utilizado pelo cliente.
- Vazio (*Idle*): percentual do período simulado que o local não foi utilizado;
- Bloqueado (*Blocked*): percentual do período simulado em que o local foi bloqueado pelo local seguinte no processo, gerando uma espera para o cliente.

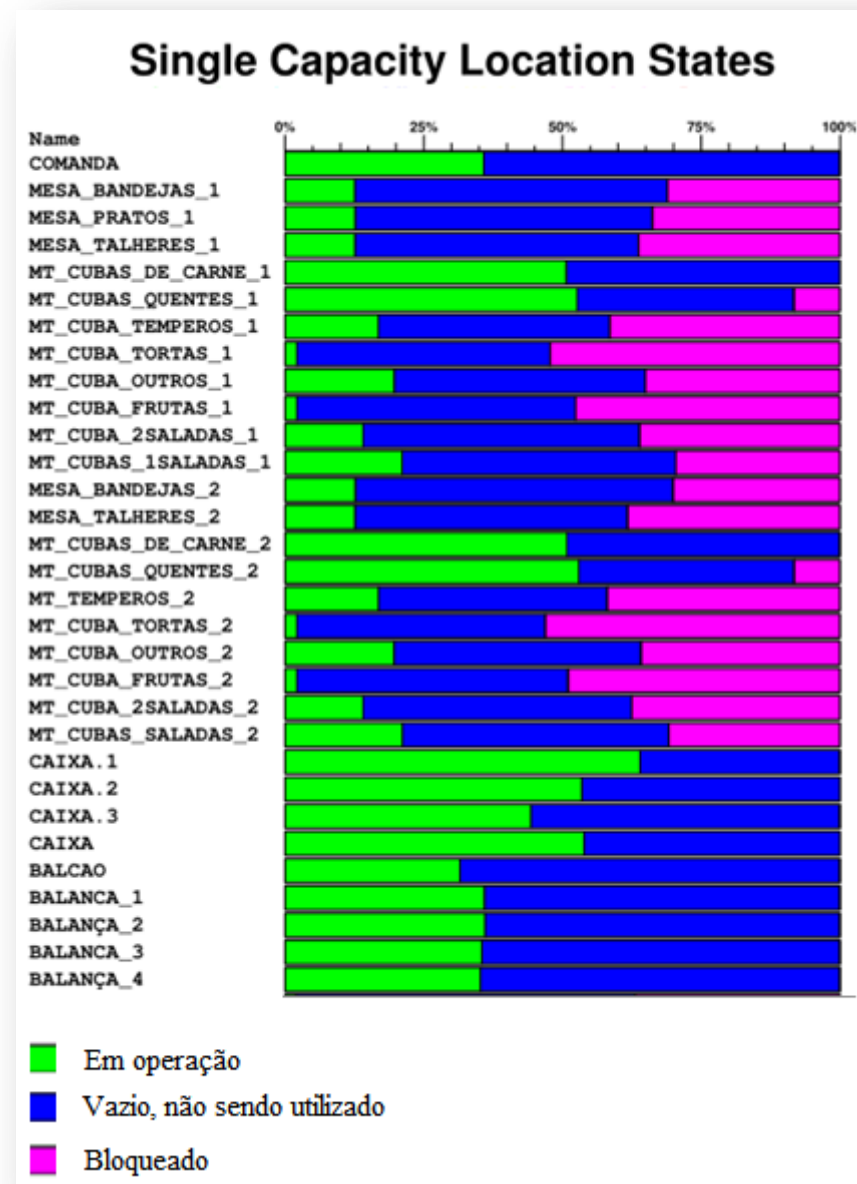


Figura 4.25 – Análise da capacidade dos locais no sistema atual

A mesa térmica, onde os clientes escolhem o alimento, é composta por diversas cubas de alimento. Observa-se que o tempo requerido para o cliente escolher as carnes faz com que uma sucessão de bloqueios ocorra em todas as demais cubas e na mesa de pratos.

Inicialmente pensava-se que o maior bloqueio do sistema era causado pelas balanças, no entanto, a mesa térmica não é bloqueada pelas balanças, exceto quando há falta de uma delas ou há algum problema no *software* causando uma demora considerável no atendimento gerando maior espera na fila da mesa térmica.

Embora o percentual de desocupação das balanças e caixas seja alto, a utilização destes no período de pico é intensa. Uma das estratégias utilizadas para sanar o percentual de

Capítulo 4 – Aplicação do método

desocupação é a multifuncionalidade dos colaboradores, ou seja, quando não estão atendendo em algum local, estes auxiliam em outro que demande ajuda.

4.4.1. Experimento – definição e execução

4.4.1.1. Considerações iniciais

Considerando o tempo de espera na mesa térmica e que os clientes com comanda (C.03A e C.03B) apresentam o maior tempo de espera, foram sugeridos 04 cenários possíveis apresentados nas Seções 4.4.1.2, 4.4.1.3, 4.4.1.4 e 4.4.1.5. Cada seção é apresentada o mapa IDEF-SIM, o leiaute com as modificações realizadas e análise estatística dos tempos de espera, filas e o percentual de utilização dos locais.

Para cada cenário, as bases do modelo do sistema atual foram mantidas (tempos de atendimento e deslocamento) e para cada análise dos cenários foram realizadas 100 replicações de cada modelo, utilizando a média dos resultados fornecido no Relatório Geral do ProModel®.

Considerando a literatura como princípio, os cenários foram elaborados utilizando a estratégia de perseguição, onde o sistema tenta se adaptar a demanda associando também uma exploração do gargalo que foi identificado.

O Quadro 4.9 apresenta uma comparação do sistema atual com os cenários propostos, mostrando as alterações realizadas referentes à quantidade de locais de atendimento ao cliente e sistema de prestação de serviço.

Quadro 4.9 – Descrição comparativa das modificações dos cenários com o sistema atual

		Quantidade de Mesa Térmica		Quantidade de Balanças		Quantidade Descarte de bandejas		Quantidade	
		Fria	Quente	No balcão	Fora do balcão	Móvel	Fixo	Caixas	Comanda
Sistema Atual	Prestação de serviço <i>Self Service</i>								
	Com balança	1	1	2	2		1	3	1
	01	2	2	2	2	2		3	1
	02	2	2	0	4	2		3	1
	03	1	2	2	2	2		3	1
04	Sem balança	1	2	2*	2*	2		4	0

*No Cenário 04, não há balanças, apenas os funcionários e máquinas para registrar o consumo do cliente com cartão (C.02) ou receber o recibo do pagamento realizado pelo cliente com comanda (C.03).

Capítulo 4 – Aplicação do método

A Tabela 4.4 apresenta os custos aproximados para implantação dos cenários propostos. Os valores apresentados referem-se à aquisição da mesa térmica adicional, móvel ou equipamento para descarte de bandejas e um computador, que no Cenário 04 corresponde ao Caixa 4. Para realizar a pesquisa do valor da mesa térmica teve-se como referência um modelo semelhante ao que é utilizado hoje, ou seja, mesa térmica com capacidade para seis cubas de alimento. O custo do equipamento de apoio para o descarte de bandejas que possa ser movimento de um local a outro foi informado pelos gestores do restaurante.

Tabela 4.4 – Custo aproximado para implantação dos cenários

Cenários	Mesa	Descarte de		Computador		Total
	Térmica Adicional	Quant.	bandeja móvel	Quant.	(Caixa)	
01	R\$ 1.025,00	2	R\$ 1.000,00	2		R\$ 4.050,00
02	R\$ 1.025,00	2	R\$ 1.000,00	2		R\$ 4.050,00
03	R\$ 1.025,00	1	R\$ 1.000,00	2		R\$ 3.025,00
04	R\$ 1.025,00	1	R\$ 1.000,00	2	R\$ 1.500,00	R\$ 4.525,00

Para todos os cenários analisados não houve falta de capacidade na área de refeição, ou seja, havia cadeiras e mesas suficientes para atender os clientes.

4.4.1.2. Cenário 01

Conforme análise realizada na Seção 4.4, verifica-se que o gargalo do sistema é a mesa térmica, causando maior tempo de espera para o cliente na fila da mesa térmica. Com o objetivo de reduzir este tempo de espera, neste cenário foi acrescentada uma mesa térmica completa contendo 6 cubas frias, mesa de temperos e 6 cubas quentes. A Figura 4.22 apresenta o mapa IDEF-SIM do Cenário 01.

Capítulo 4 – Aplicação do método

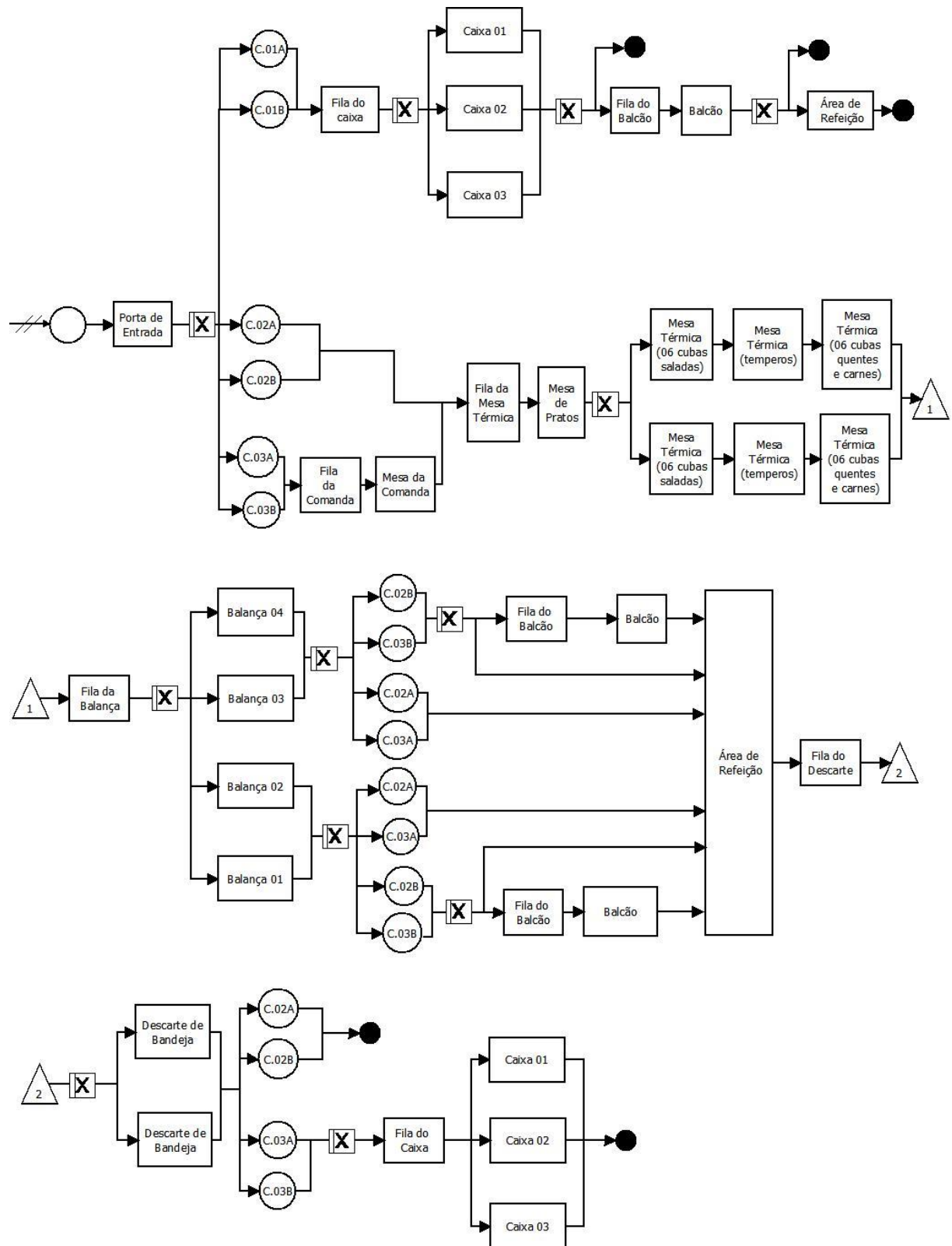


Figura 4.26 – Mapeamento IDEF-SIM do Cenário 01

Devido às limitações de espaço no restaurante, o descarte das bandejas, que no sistema atual é fixo, foi substituído por um descarte de bandejas móvel, ou seja, os funcionários podem deslocar este equipamento de um local a outro no restaurante para conduzir os pratos,

Capítulo 4 – Aplicação do método

talheres, bandejas e resíduos à cozinha para higienização e descarte. Esta alteração e acréscimo de mais um local para o descarte de pratos e bandejas tem o objetivo de evitar as filas nos períodos críticos e também está presente nos demais cenários. O leiaute deste cenário está representado na Figura 4.27 com as modificações realizadas.

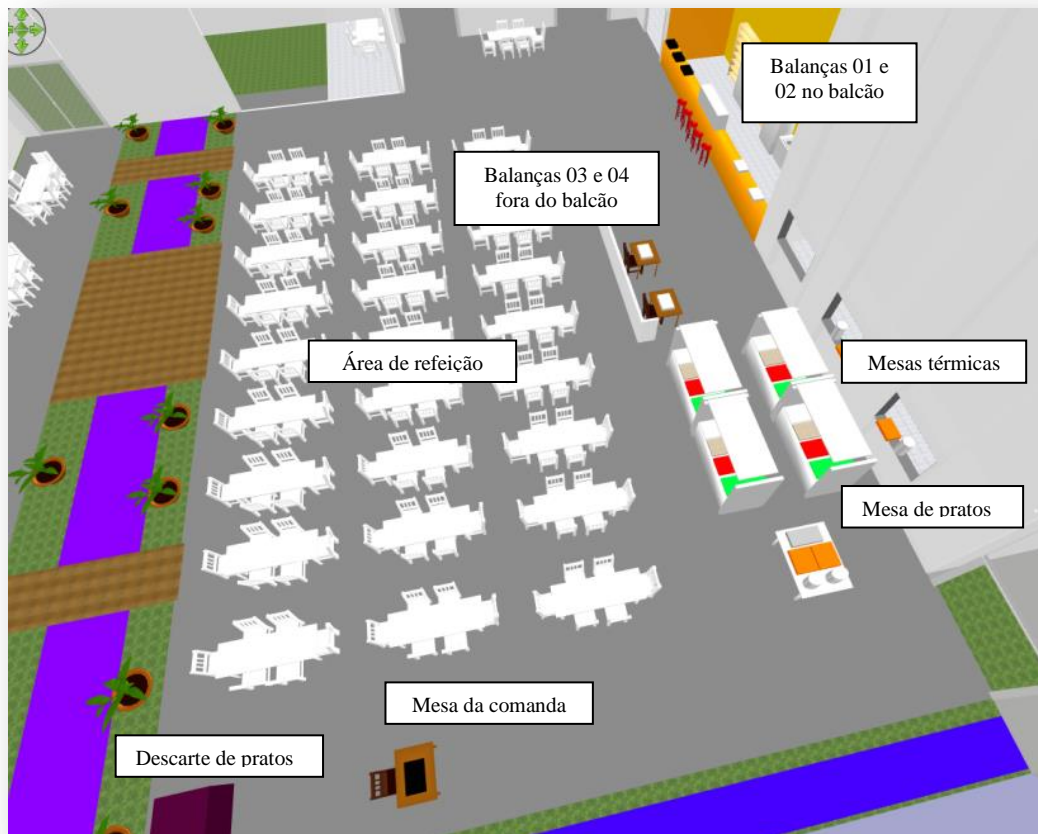


Figura 4.27 – Leiaute do Cenário 01

A primeira análise, referente aos tempos máximos e médios de espera, estão evidenciados na Figura 4.28. Observa-se que as filas que causam maior tempo de espera são as filas do caixa e comanda. Verifica-se também que a mesa térmica já não gera espera, no entanto as balanças proporcionam uma espera superior a um minuto.

Capítulo 4 – Aplicação do método

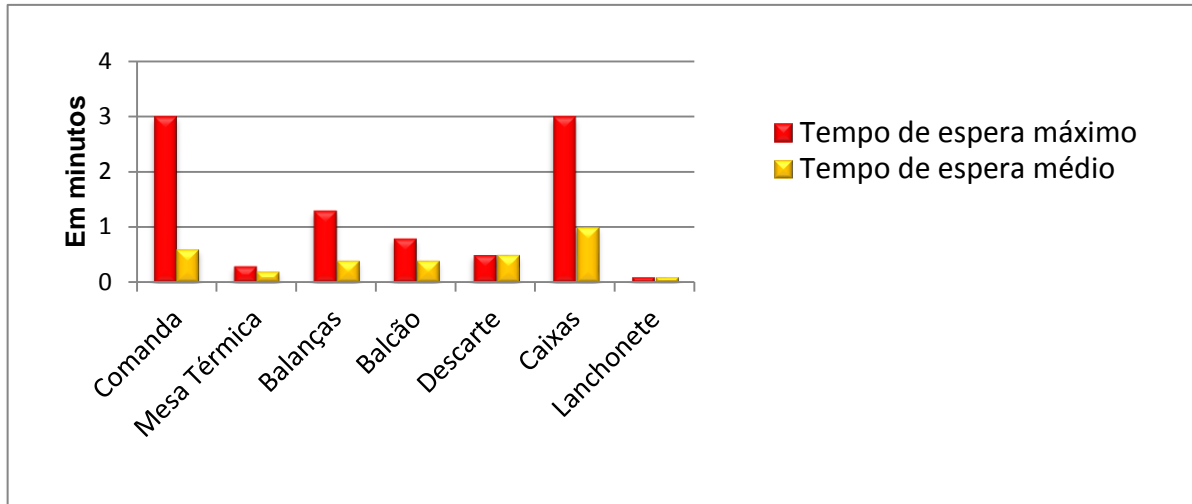


Figura 4.28 – Cenário 01- Tempo médio e máximo de espera nas filas (em minutos)

O tempo de espera de cada tipo de cliente deste cenário está representado na Figura 4.29. Observa-se que o cliente com comanda ainda é o cliente com maior tempo de espera.

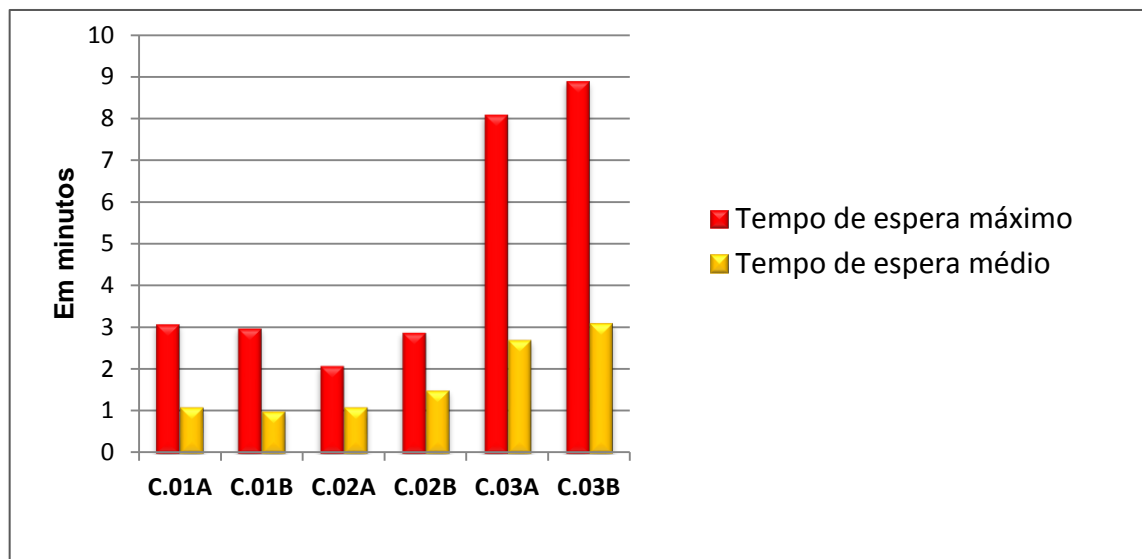


Figura 4.29 – Cenário 01 - Tempo máximo e médio de espera por cliente (em minutos)

Referente ao percentual de operação, sem uso ou bloqueado por outro local, a Figura 4.30 demonstra cada local cuja capacidade de atendimento é singular, ou seja, atende um cliente por vez.

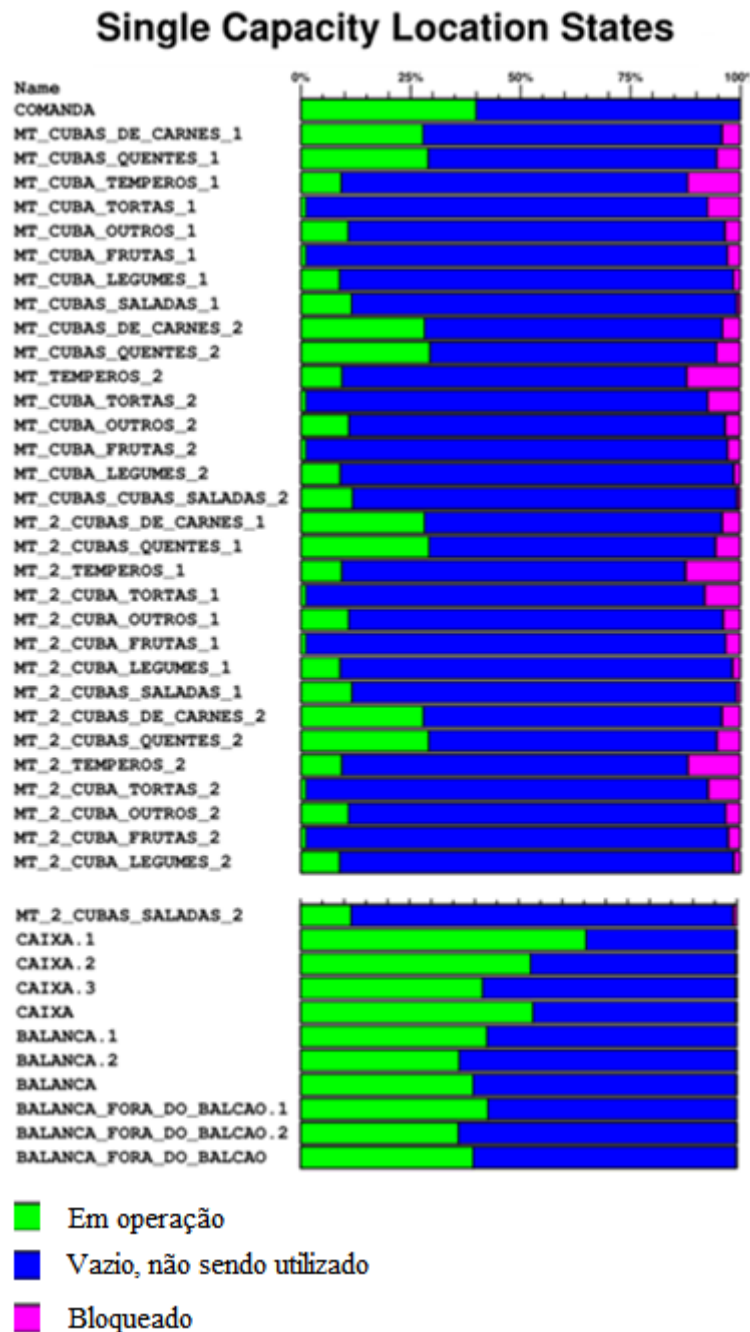


Figura 4.30 – Cenário 01 – Gráfico da análise da capacidade dos locais

Observa-se na Figura 4.30 que as Cubas de carnes 01 e 02 apresentam um percentual de bloqueio de 10% no seu período de funcionamento, o que significa que há uma falta de capacidade no atendimento das balanças devido ao acréscimo da segunda mesa térmica. Isto causou um aumento no número de clientes disponíveis para utilização das balanças. Este bloqueio causa sucessivamente um bloqueio nas demais cubas que as antecedem. Mas apesar deste bloqueio, analisando a Figura 4.28 não foi suficiente para gerar um tempo de espera na fila da mesa térmica.

Capítulo 4 – Aplicação do método

A Figura 4.31 demonstra o percentual de espera e consumo de cada tipo de cliente em relação à permanência do cliente no restaurante. Os clientes com comanda (C.03A e C.03B) possuem um percentual de espera maior comparados aos outros tipos de clientes.

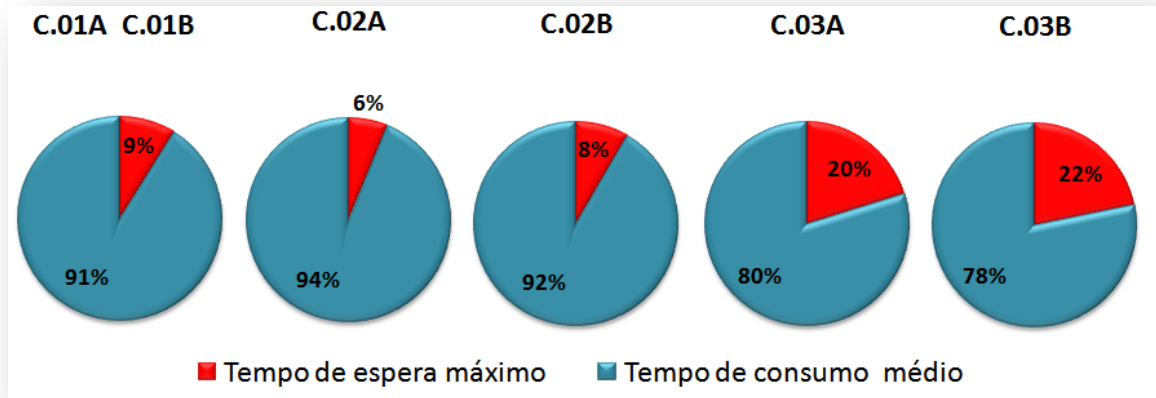


Figura 4.31 – Cenário 01 – Análise do percentual do tempo dos clientes no restaurante.

4.4.1.3. Cenário 02

No Cenário 01 identificou-se que houve um bloqueio na mesa térmica (cuba de carne) causado por falta de capacidade nas balanças. A fim de eliminar este bloqueio, outra alteração foi realizada referente à localização das balanças. Com objetivo de tornar o atendimento mais rápido as balanças foram retiradas do balcão. Desta forma, os tempos de atendimento nas balanças 01 e 02 seriam iguais às balanças 03 e 04 que possuem tempos de atendimento menor, pois os funcionários que operam nestas balanças não se deslocam para pegar um produto para o cliente. A Figura 4.32 apresenta o leiaute deste cenário com as modificações realizadas em destaque.

Capítulo 4 – Aplicação do método

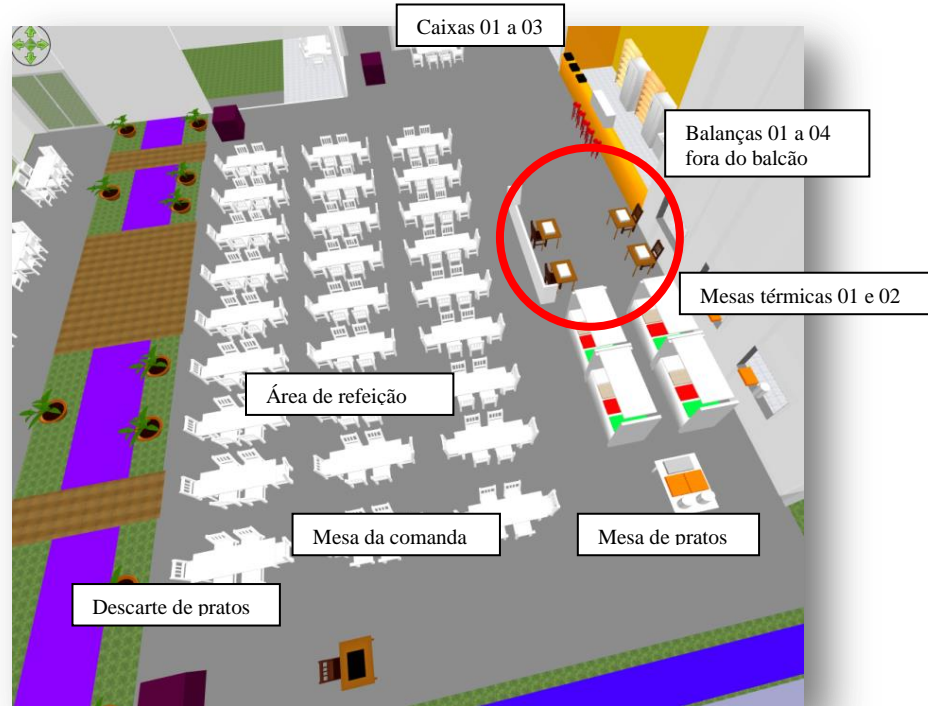


Figura 4.32 – Leiaute do Cenário 02

A análise referente aos tempos máximo e médio de espera dos clientes em cada fila está representada na Figura 4.33. Observa-se que na fila da balança o tempo de espera máximo reduziu para menos de 1 minuto, no entanto houve um aumento no tempo de espera na fila do balcão. Isto ocorre porque todos os clientes que consomem outros produtos (C.02B e C.03B) obrigatoriamente passariam pelo balcão para retirar estes produtos. Uma possível solução seria aumentar a capacidade de atendimento neste local, acrescentando mais um funcionário.

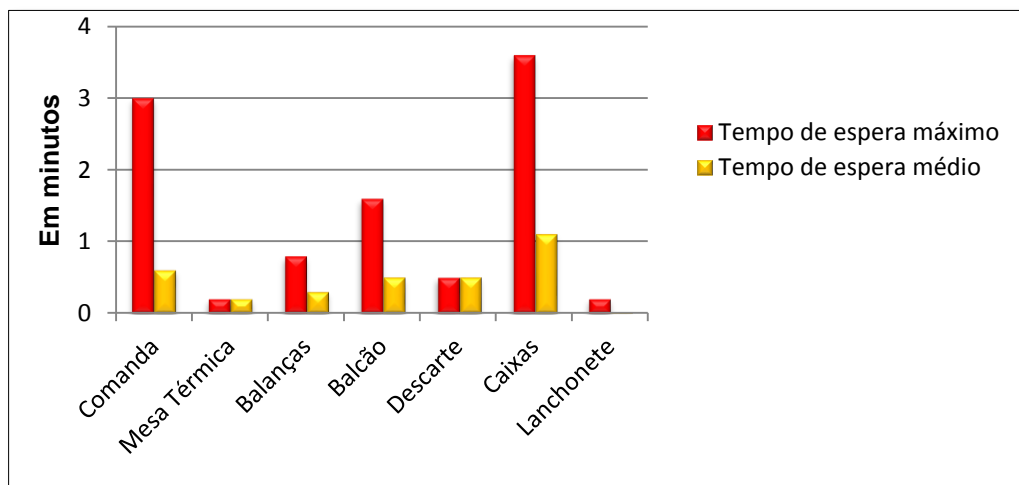


Figura 4.33 – Cenário 02 – Tempo médio e máximo de espera nas filas (em minutos)

Capítulo 4 – Aplicação do método

Referente ao bloqueio causado pelas balanças nas cubas de carnes, detectado na Figura 4.30 no Cenário 01, a Figura 4.34 demonstra que com o deslocamento das Balanças 01 e 02 do balcão este bloqueio deixa de existir. Verifica-se que o bloqueio existente é mínimo e não gera filas na mesa térmica.

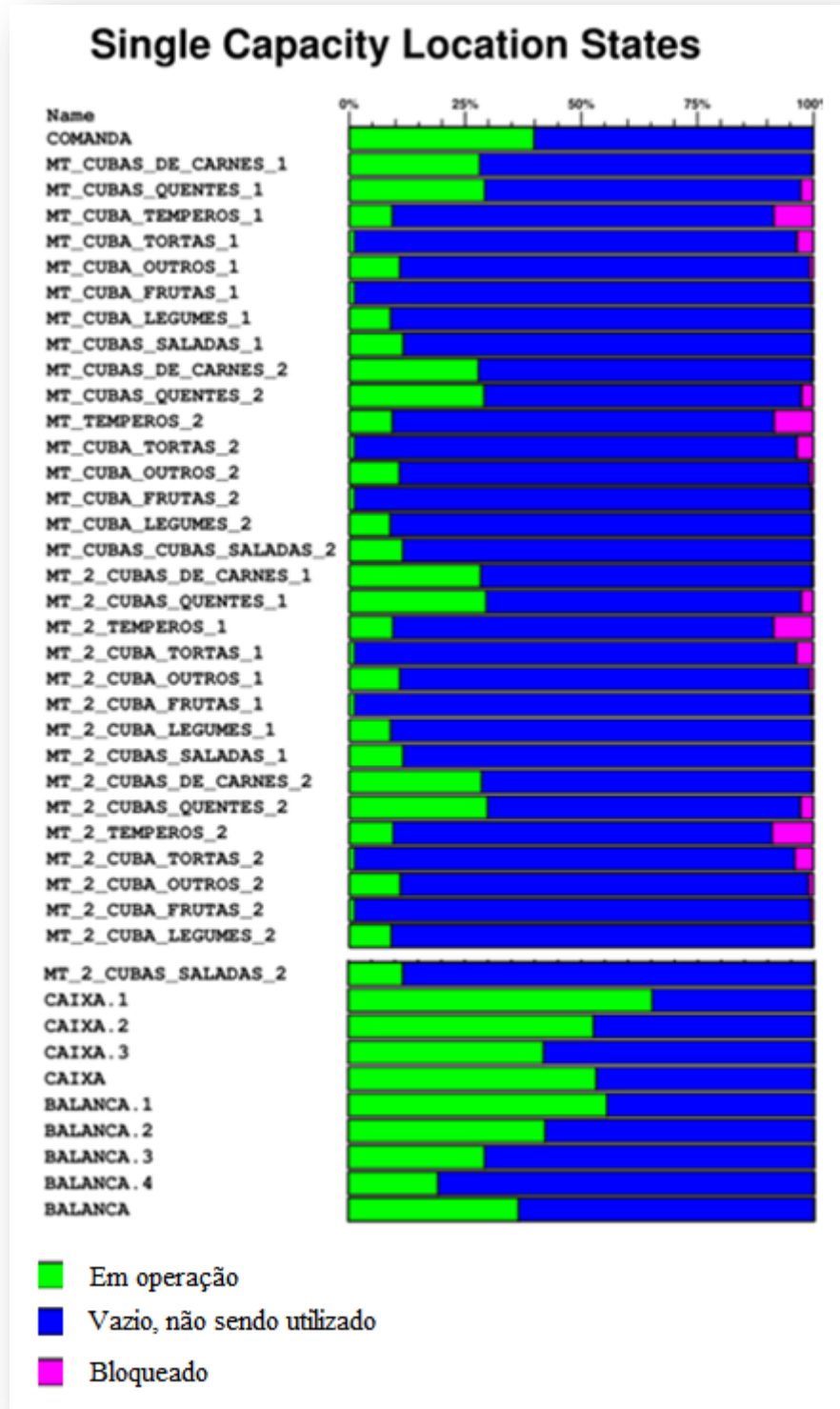


Figura 4.34 – Cenário 02 – Gráfico da análise da capacidade dos locais

Capítulo 4 – Aplicação do método

Referente ao percentual não utilizado dos locais, o período de corrida do modelo foi durante o horário do almoço, permeando não apenas o horário de pico como também os horários de pouco movimento ou sem movimento. Devido a isto o percentual em que cada local não é utilizado é grande comparado aos tempos de utilização.

4.4.1.4. Cenário 03

Na análise do modelo do sistema atual, verificou-se que nas cubas quentes e de carnes o cliente permanece mais tempo se servindo. Desta forma o aumento da capacidade foi focado nestas cubas. Neste cenário apenas a mesa térmica, composta de cubas quentes, é duplicada. A Figura 4.35 apresenta o leiaute deste cenário e a Figura 4.36 o mapa IDEF-SIM.

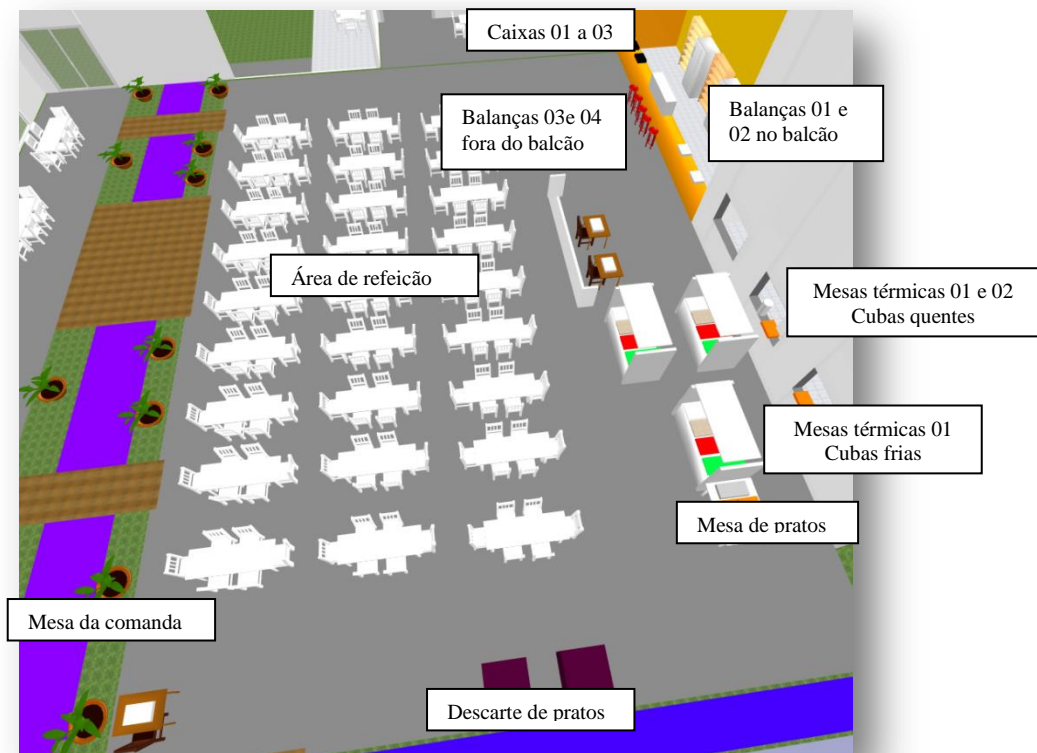


Figura 4.35 – Leiaute do Cenário 03

Capítulo 4 – Aplicação do método

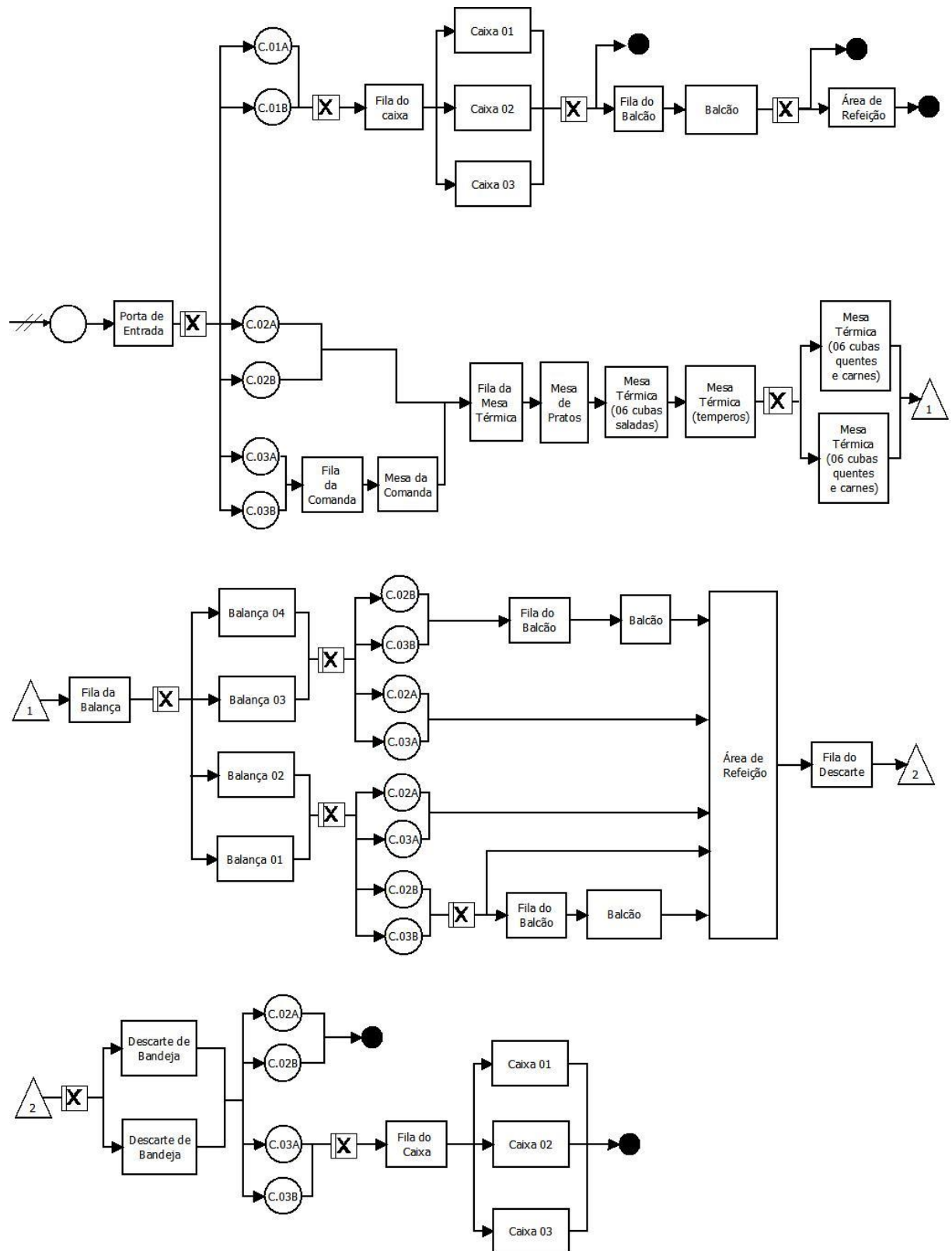


Figura 4.35 – Mapa IDEF-SIM do Cenário 03

Capítulo 4 – Aplicação do método

Neste cenário a fila da comanda é a que proporciona maior tempo de espera ao cliente conforme Figura 4.37. Consequentemente os clientes com comanda (C.03A e C.03B) terão o maior tempo de espera conforme Figuras 4.38 e 4.39.

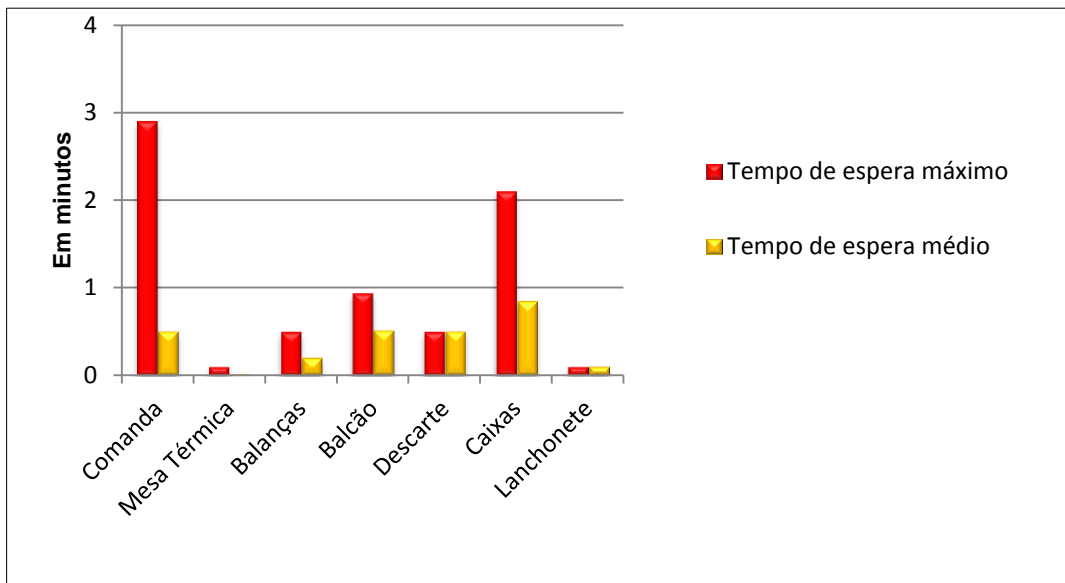


Figura 4.37 – Cenário 03 – Tempo médio e máximo de espera nas filas (em minutos)

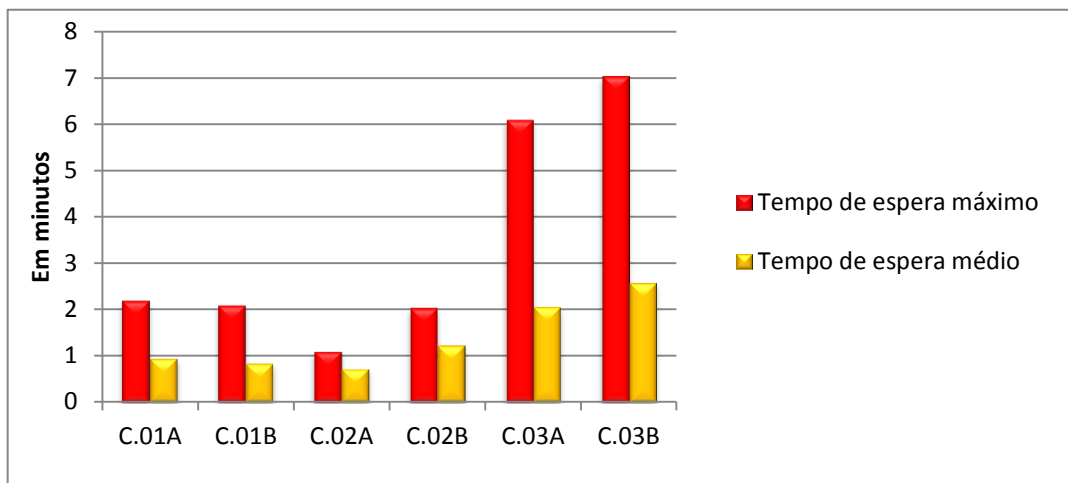


Figura 4.38 – Cenário 03 – Tempo máximo e médio de espera por tipo de cliente (em minutos)

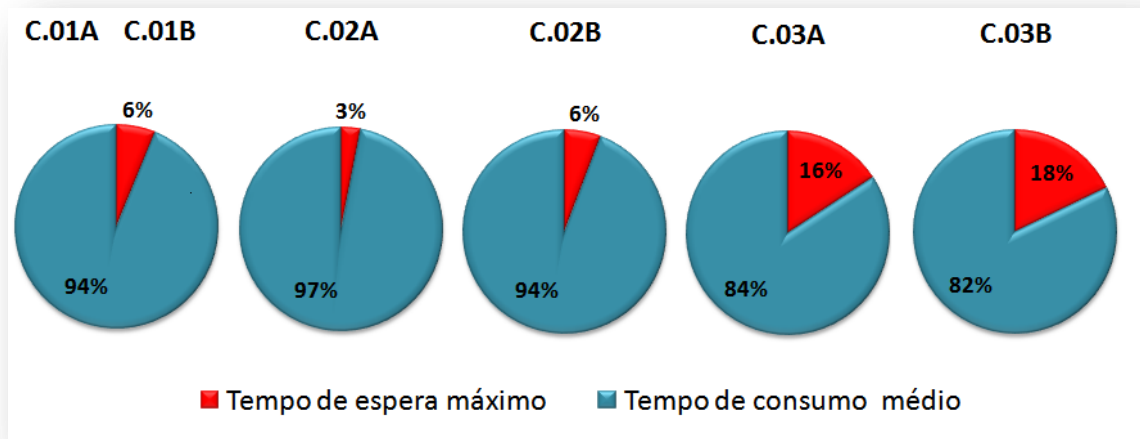
Capítulo 4 – Aplicação do método

Figura 4.39 – Cenário 03 – Percentual do tempo de espera e consumo dos clientes

Analisando o percentual de utilização e os locais bloqueados, verifica-se na Figura 4.40, que o bloqueio gerado não ocasiona maior tempo de espera ao cliente, pois conforme Figura 4.37 não há espera na fila da mesa térmica.

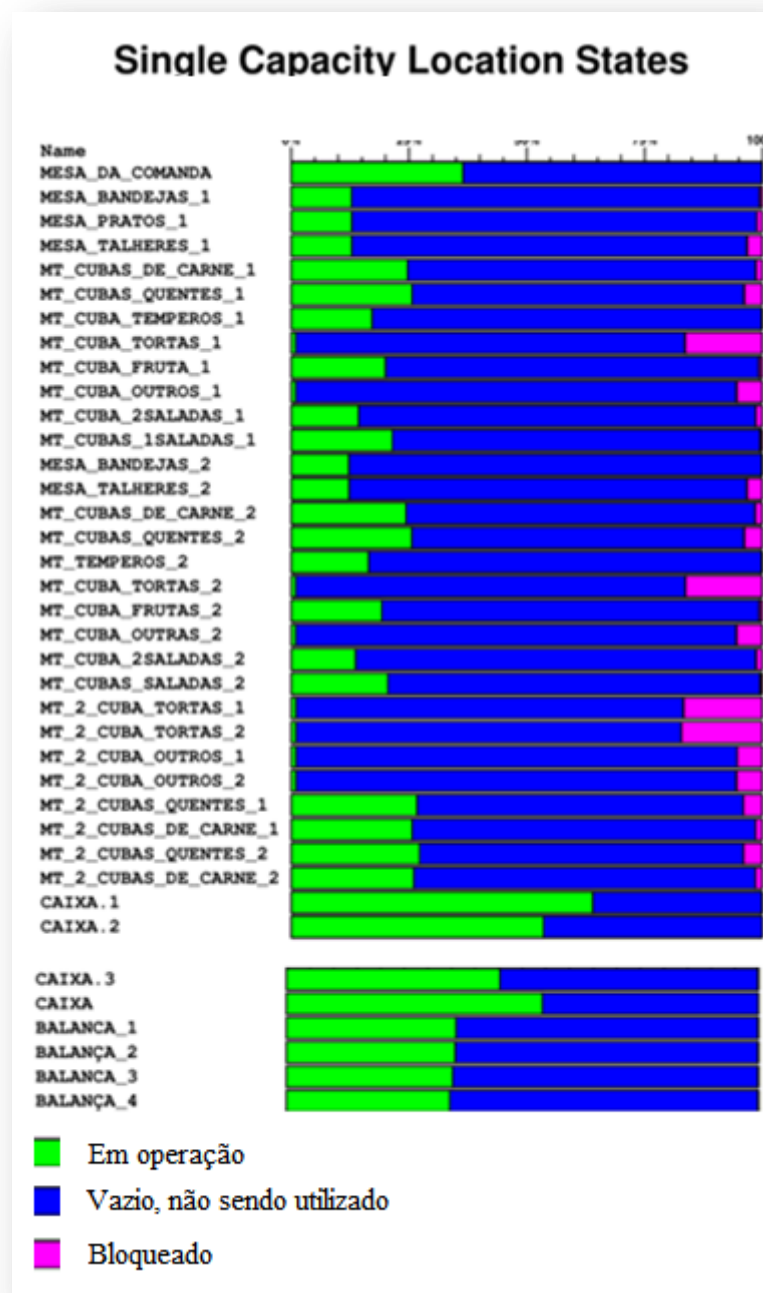


Figura 4.40 – Cenário 03 – Gráfico da análise da capacidade dos locais.

4.4.1.5. Cenário 04

Este cenário foi concebido com o objetivo de eliminar a fila da comanda, considerando o espaço aberto em que se encontra o restaurante, conforme descrito na concepção do modelo e também observando uma tendência da forma como os serviços são prestados nos restaurantes na cidade de Itajubá.

Capítulo 4 – Aplicação do método

Para este cenário a forma de prestação de serviço do restaurante seria alterado para *self-service* sem balança, ou seja, o preço da refeição é fixo e o cliente se serve à vontade sem a necessidade de pesar seu alimento em uma balança.

A Figura 4.41 mostra o mapa IDEF-SIM deste novo processo e a Figura 4.42 o leiaute das modificações.

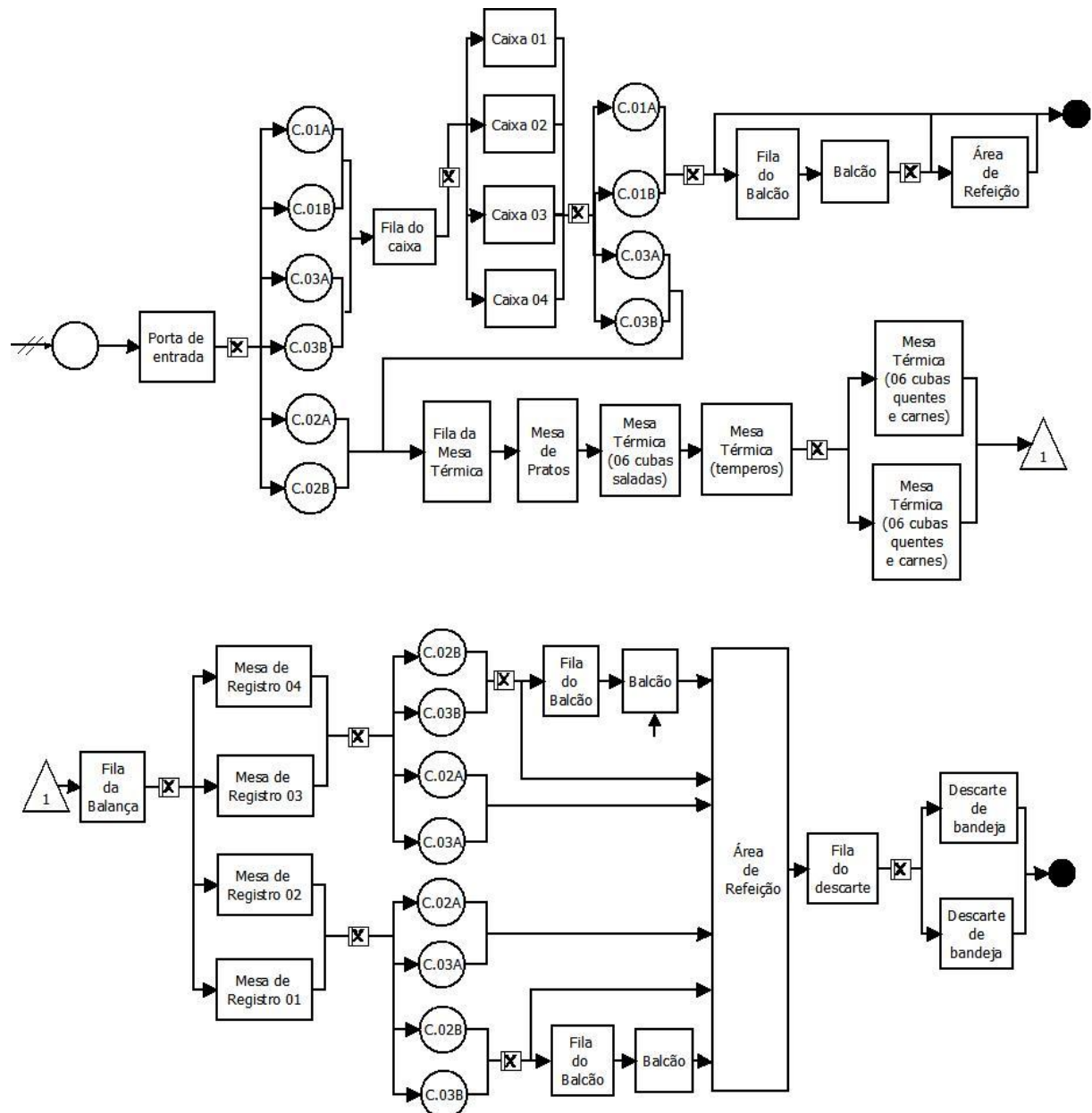


Figura 4.41 – Mapa IDEF-SIM do Cenário 04

Neste cenário não há mesa da comanda e o cliente sem o cartão (C.03A ou C.03B) passaria primeiro pelo caixa, pagando o que irá consumir, retirando um comprovante e só depois iria para a mesa térmica.

Capítulo 4 – Aplicação do método

Neste cenário o local Balança passaria a ser Mesa de Registro, pois as balanças não seriam utilizadas, permanecendo apenas os funcionários e as máquinas que registrariam o consumo dos clientes com cartão (C.02A e C.02B) e que recolheriam os comprovantes dos clientes sem o cartão (C.03A e C.03B).

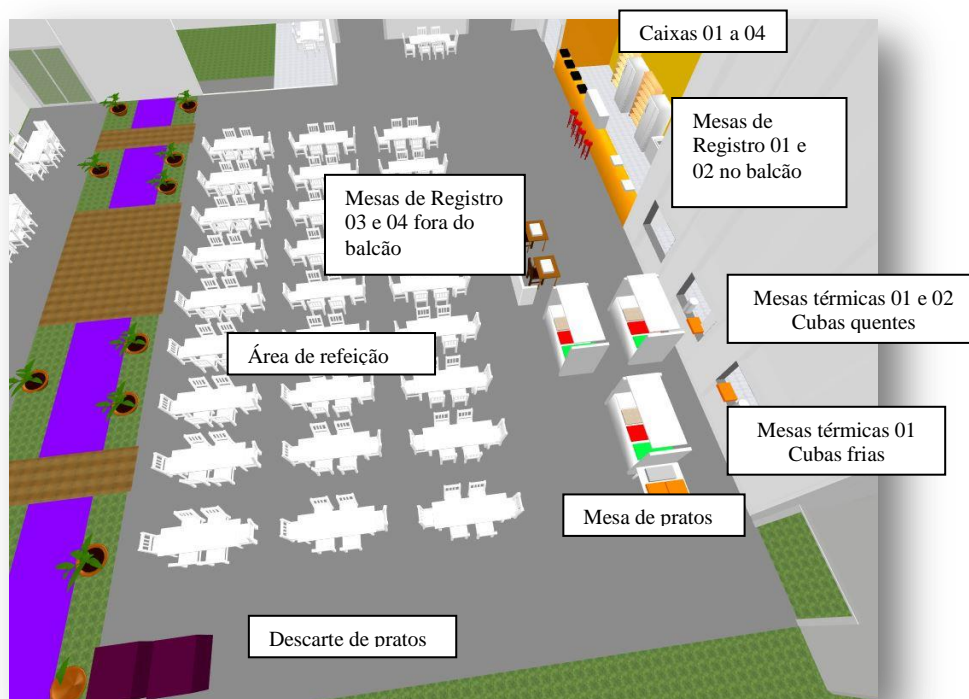


Figura 4.42 – Leiaute do Cenário 04

Outra modificação neste cenário é o acréscimo do Caixa 4, visto que o movimento no caixa aumentaria nos horários de pico. Desta maneira o funcionário que estava na mesa da comanda passaria a atender no Caixa 04.

A Figura 4.43 apresenta os tempos de espera máximo e médio em cada local. O tempo de espera máximo é inferior a 2,5 minutos nos caixas.

Capítulo 4 – Aplicação do método

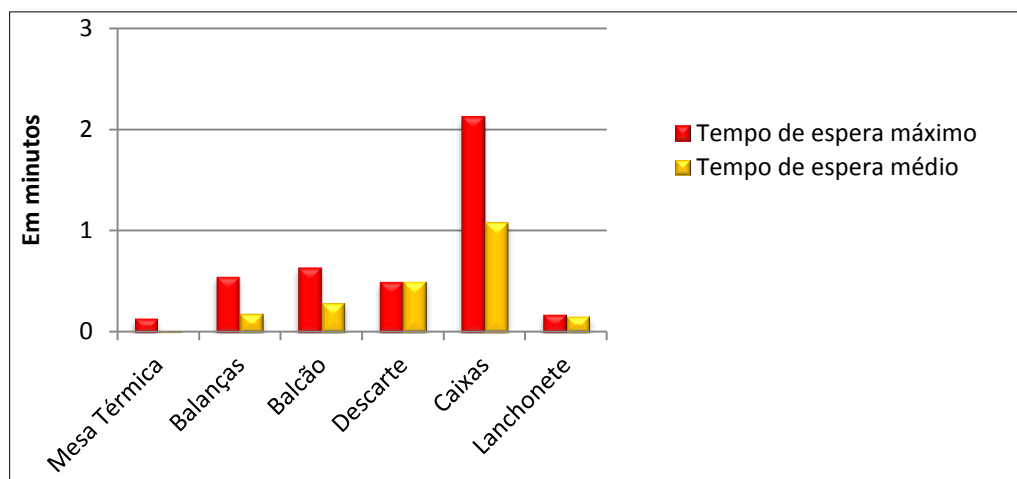


Figura 4.43 – Cenário 04 – Tempo de espera máximo e médio em cada local

Os tempos de espera para cada tipo de cliente está exposto na Figura 4.44. Neste cenário o tempo total de cada tipo de cliente não ultrapassa 4 minutos.

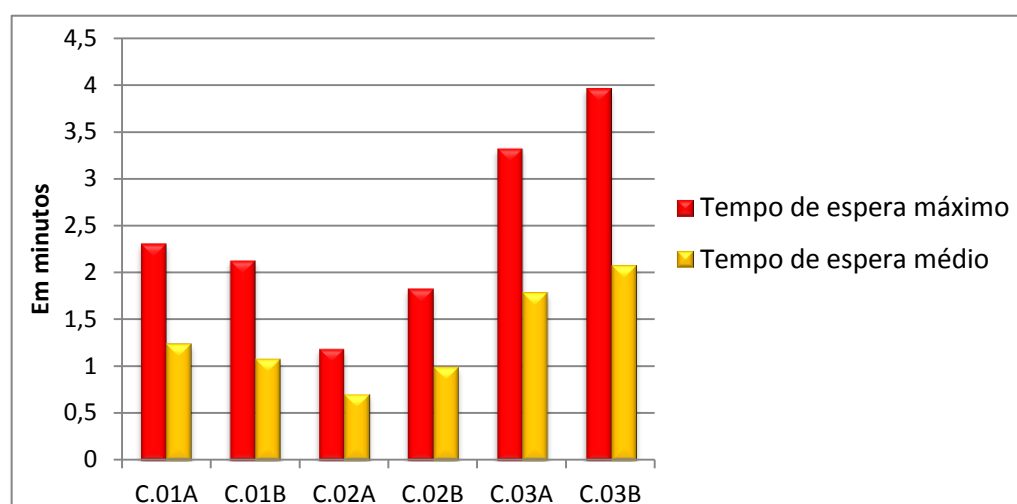


Figura 4.44 – Cenário 04 – Tempo de espera de cada tipo de cliente

Na Figura 4.45 verifica-se que o percentual do tempo de espera em relação ao tempo de total do cliente no restaurante é baixo. O percentual do tempo de espera do cliente com comanda reduziu para 11% do seu tempo total no restaurante.

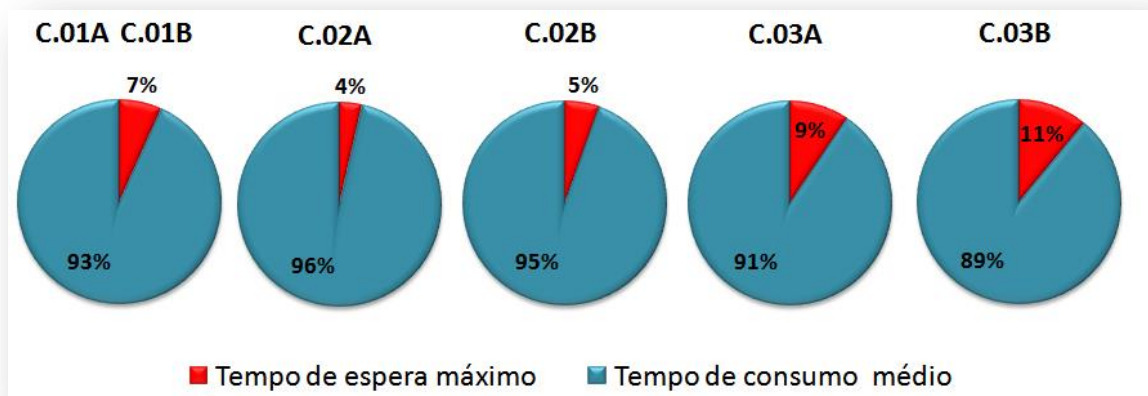


Figura 4.45 – Cenário 04 – Percentual do tempo gasto por cada tipo de cliente

Analisando o percentual de utilização e os locais bloqueados, verifica-se na Figura 4.46, que o bloqueio gerado não ocasiona maior tempo de espera ao cliente, pois conforme Figura 4.43 não há espera na fila da mesa térmica e o tempo de espera na fila das balanças é inferior a 1 minuto.

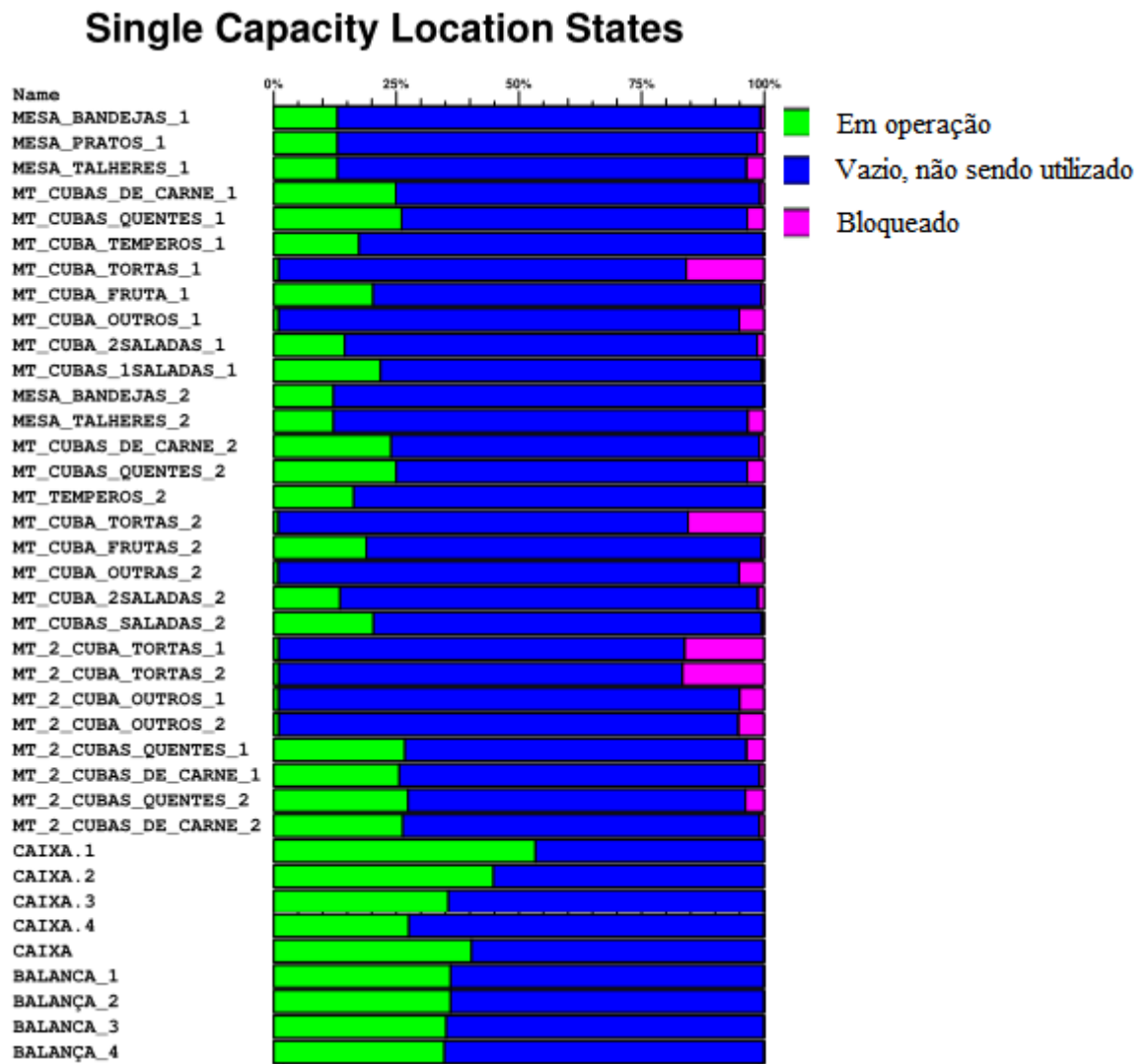


Figura 4.46 – Cenário 04 – Gráfico da análise da capacidade dos locais

5. Resultados

5.1. Considerações iniciais

Este Capítulo apresenta os resultados obtidos nesta pesquisa, buscou-se ordenar as seções seguindo as etapas de elaboração do modelo de simulação (concepção, implementação e análise).

Partindo desta premissa, na Seção 5.2 é sugerido um método para a realização da coleta de dados utilizando câmera ou cronômetro na etapa de concepção. O método baseia-se nas ações realizadas nesta pesquisa. Na Seção 5.2.1 realiza-se a comparação das técnicas utilizadas para a coleta de dados (cronometragem e filmagem).

A análise comparativa dos cenários, referente a etapa de análise do modelo, é realizada na Seção 5.3.

Finalizando na Seção 5.4 é descrito, em percentual, o tempo utilizado para elaboração do projeto de simulação e algumas observações importantes.

5.2. Sugestão de método para coleta de dados

Na execução desta pesquisa a atividade que demandou mais tempo foi a etapa de coleta de dados na fase de concepção do modelo. Pelo fato da maioria dos dados de entrada e validação do modelo não estarem disponíveis, ou seja, não haver dados históricos foi necessário realizar a coleta no local, posteriormente tratados e modelados.

A coleta de dados foi realizada várias vezes devido a fatores, como por exemplo, premissas erradas para elaboração do modelo e inicialmente a falta de um planejamento adequado para o sistema estudado. A cada coleta de dados realizada era adquirido um amadurecimento do funcionamento do sistema e seus problemas, contudo o tempo em um projeto de simulação é primordial e saber o que coletar e como coletar é tão importante quanto à elaboração correta do modelo.

Diante disto, com base no que foi realizado nesta pesquisa, considerando os erros, acertos e o que deveria ter sido realizado, foi desenvolvido um fluxograma das atividades para a coleta de dados com o objetivo de nortear os pesquisadores em pesquisa quantitativa de simulação a eventos discretos a fim de minimizar o retrabalho na fase de coleta de dados. As Figuras 5.1 e 5.2 apresentam este fluxograma e a seguir são descritos e explicados cada passo do fluxograma:

Capítulo 5 – Resultados

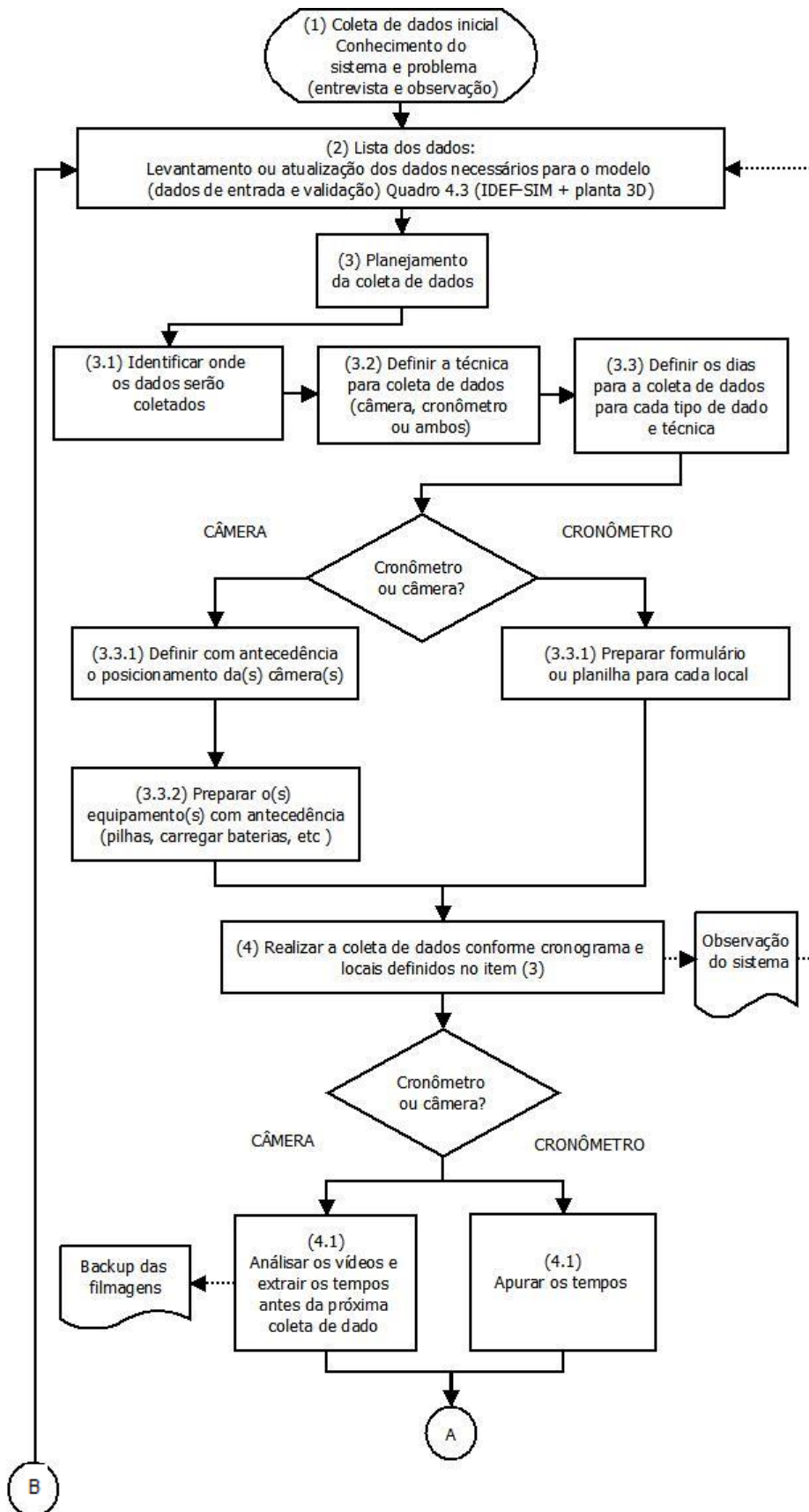


Figura 5.1 – Fluxograma das atividades de coleta de dados – Parte 1

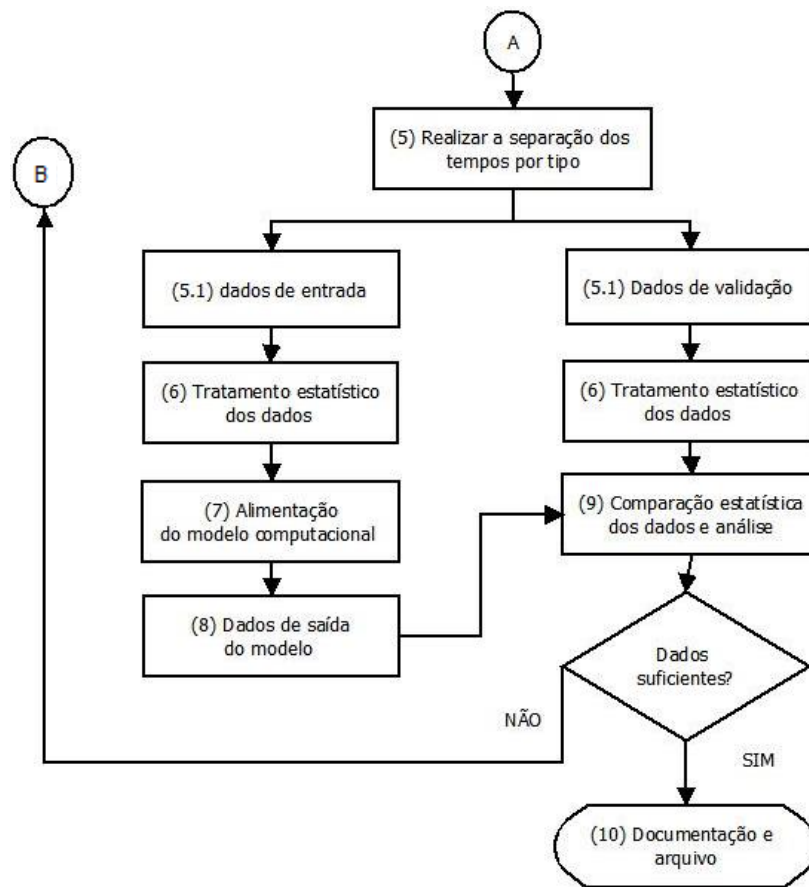


Figura 5.2 – Fluxograma das atividades de coleta de dados – Parte 2

1. Coleta de dados inicial – Neste primeiro passo o objetivo é coletar os primeiros dados referentes ao funcionamento do sistema e problema a ser estudado. Nesta etapa a entrevista com os gestores, funcionários e observação do sistema podem ser realizados. Para as entrevistas, as perguntas devem ser formuladas previamente, podendo ser utilizado, desde que seja autorizado pelo entrevistado, gravador para que a entrevista flua naturalmente e não seja perdida nenhuma informação importante que será utilizada posteriormente. Durante as observações fotografar o local ou mesmo filmar pode facilitar no delineamento, concepção e limitação do sistema;
2. Após definir o funcionamento do sistema, traçar os objetivos, limitações do modelo, elaborar e validar o mapa IDEF-SIM, o 2º passo é elaborar a tabela para registro e identificação de todos os dados de entrada, validação e outras informações importantes que serão necessárias à elaboração e validação do modelo computacional. Esta tabela, uma forma de *brainstorming* de dados, auxilia o pesquisador a organizar a coleta de dados, registrando e identificando os dados,

Capítulo 5 – Resultados

como coletá-los e em que local. A cada coleta de dados, observação do sistema ou *insight* importante deve-se anotar na tabela a fim de atualizá-la para aprimorar a coleta de dados. Para elaboração da tabela pode-se utilizar outras ferramentas, além do mapa IDEF-SIM, a fim de auxiliar na identificação dos dados e locais de coleta, como por exemplo, nesta pesquisa a utilização da Figura 4.6 que apresentou todo o restaurante, possibilitando identificar os locais de coleta de dados;

3. Realizar o planejamento da coleta de dados, identificando (passo 3.1) em quais locais, (passo 3.2) as técnicas que serão utilizadas (cronometro ou câmera) e (passo 3.3) quais os dias para cada tipo de dado:
 - a. Câmera de filmagem: definir com antecedência: (passo 3.3.1) posicionamento dos equipamentos de modo a não atrapalhar o funcionamento do sistema (deslocamento e atendimento dos clientes e funcionários) e que consiga filmar vários locais ao mesmo tempo, mas com clareza suficiente para identificar os tempos posteriormente; (passo 3.3.2) preparar todos os equipamentos que serão utilizados no local, por exemplo: energizar baterias de *notebook*, máquina fotográfica e câmera de filmagem, acessórios como pilhas, carregadores de energia, tripé e também uma prancheta para anotações importantes durante a coleta. Verificar pontos de energia para carregar as baterias do equipamento durante a coleta, caso seja necessário recarrega-las no local;
 - b. Cronômetro: (passo 3.3.1) para cada local elaborar uma planilha ou formulário estruturado para registrar o tempo no local. Preparando também, previamente, os equipamentos necessários para o cronômetro: baterias, pilhas ou carregador.
4. Realizar a coleta conforme o planejado evitando fazer outras ações, além da observação do sistema, para não prejudicar a coleta de dados e ocasionar perdas de dados. Repassar para a tabela todas as informações importantes adquiridas durante a coleta de dados.
 - a. Utilizando câmera: (passo 4.1) analisar cada vídeo antes da próxima coleta de dados planejada, pois caso detecte alguma falha seja possível corrigi-la ou realizar uma filmagem complementar. Após cada filmagem realizar um *backup* seguro dos arquivos.
 - b. Utilizando cronômetro: (passo 4.1) Apurar os tempos anotados nas planilhas, transformando-os em arquivos eletrônicos para modelagem posterior.
5. Realizar a separação dos dados por tipo, se de entrada ou validação;

Capítulo 5 – Resultados

6. Realizar o tratamento estatístico dos dados, ou seja, a modelagem dos dados de entrada, verificação de *outliers*, identificação da distribuição de probabilidade que se encaixam nos dados de entrada. Realização, se necessários de teste de hipóteses para confirmar alguma dúvida sobre os dados de entrada e para os dados de validação preparar tabelas e gráficos de comparação para análise posterior;
7. Para os dados de entrada alimentação do modelo computacional;
8. Dados de saída do modelo: retirar dos relatórios de saída do modelo computacional os dados necessários para realizar a comparação com os dados de validação;
9. Comparação dos dados do sistema real com os dados de saída do modelo computacional, elaborando tabelas, gráficos realizando testes de hipóteses e outros testes a fim de validar o modelo computacional. Se após análise dos testes os dados não forem suficientes para realizar a validação do modelo, inicia-se todo o processo novamente.
10. Se os dados forem suficientes para a validação os documentos gerados pela coleta de dados como filmes, planilhas, gráficos, formulário de observação do sistema e outros, devem ser arquivados de forma organizada de maneira que se futuramente precisarem ser acessados seja facilmente encontrados.

5.2.1. Comparação das técnicas de coleta de dados

Nesta pesquisa foram utilizadas duas técnicas de coleta de dados referente ao tempo de atendimento:

- Utilizando apenas o cronômetro: o pesquisador permaneceu no local, cronometrando o tempo de atendimento ou autoatendimento no momento em que ocorreu.
- Utilizando câmeras de filmagem: o processo foi filmado e o pesquisador estava ou não no local e o registro e cálculo dos tempos foram feitos posteriormente.

Durante a coleta de dados utilizando cronômetro apenas uma vantagem foi percebida: a de que a identificação dos tempos é imediata, ou seja, apenas o tratamento dos dados é feito posteriormente como a análise e identificação das distribuições.

As desvantagens percebidas foram:

- Alguns fatores podem gerar erros e perdas durante no registro dos dados como o cansaço devido à permanência de várias horas no local e distrações geradas pelos clientes e operadores;
- Não há possibilidade de rever os dados coletados para verificação. Na ocorrência de dados duvidosos é necessário descartá-los e realizar outra coleta de dados;

Capítulo 5 – Resultados

- É possível cronometrar apenas uma atividade por vez.

Na coleta de dados utilizando equipamentos de filmagem as seguintes vantagens foram percebidas:

- A cobertura de vários pontos com câmeras diferentes, no mesmo período, proporcionou eficiência às ações do pesquisador e riqueza de detalhes que a observação simples no local, não proporcionou, como por exemplo, os tempos na mesa térmica;
- Qualquer equipamento de filmagem pode ser utilizado (celular, câmera digital, *webcam*, câmera de segurança ou filmadora) o importante foi um posicionamento que possibilitasse capturar vários locais ao mesmo tempo de forma a não interferir na qualidade dos dados que foram extraídos. A restrição foi devido à capacidade de armazenamento destes aparelhos. Mas, contudo, obter algum dado por certo período foi preferível a retornar várias vezes ao local para realizar a medição;
- Enquanto os locais foram filmados, foi possível, e se mostrou importante, a observação de todo o sistema (clientes, funcionários e todo processo no geral), pois o registro das particularidades do sistema foi significativo à modelagem. Como, por exemplo, a forma como os clientes passavam pela mesa térmica e os tipos de clientes;
- Com a filmagem foi possível rever os procedimentos, observar outras características, quantas vezes fosse necessário sem a necessidade de retornar ao local, reduzindo os erros e a perda de dados;
- Apesar do aumento da quantidade de postos de atendimento (entre a primeira coleta e a última) com a filmagem foi possível aumentar a eficiência dos registros dos tempos no local, fazendo com que os dias de permanência do pesquisador no restaurante fossem reduzidos.
- O registro, documentado em forma de filme, dos procedimentos.

As desvantagens percebidas foram:

- O tamanho físico da câmera influenciou diretamente o posicionamento no local filmado. Na segunda coleta de dados, utilizando uma câmera maior sobre um tripé, devido ao fluxo dos clientes e também a segurança do equipamento, foi preciso posicioná-la em local afastado do ponto a ser filmado, o que prejudicou a análise posterior. Em alguns locais a coleta precisou ser refeita o que gerou a terceira coleta de dados.

Capítulo 5 – Resultados

- O tamanho da câmera também gerou reações (dúvida, medo ou desconforto) nas pessoas que estavam envolvidas no processo (clientes e funcionários). Uma câmera menor, posicionada de forma discreta é preferível, como por exemplo, a câmera de segurança.
- A preocupação quanto à segurança dos equipamentos (roubos e esbarrões), devido à natureza do sistema, limitou a liberdade do pesquisador em ampliar sua área de observação ou mesmo filmagem em outros locais no mesmo dia.
- Detalhes como bateria, carregador e pilhas quando não planejados e organizados com antecedência acarretaram atrasos na coleta de dados.

Na utilização de filmagem para coleta de dados a medição dos tempos deve ser realizada antes da próxima filmagem, para que ações corretivas possam ser feitas imediatamente, como por exemplo, se a quantidade de dados não for suficiente outro filme possa ser realizado em paralelo ao principal, apenas como complemento, maximizando as ações.

No entanto é importante ressaltar que embora a filmagem reduza o tempo de permanência do pesquisador no local, o tempo posterior, necessário à análise dos filmes e também cronometragem dos tempos em cada posto a partir dos filmes é grande.

Com a facilidade de pausar e retroceder o filme, muitas vezes o período para a extração dos tempos de processamento se mostrou, algumas vezes, superior à cronometragem manual no local.

Na hora da escolha é importante considerar o tempo que será gasto não apenas no local da coleta, mas também o tempo posterior com análise e tratamento dos dados.

5.3. Análise e comparação dos cenários

Embora o acréscimo de uma segunda mesa térmica, sob o ponto de vista de eliminar a espera, fosse uma questão óbvia, as consequências desta inclusão não são evidentes. Verificando o tempo máximo de espera em cada local, as Figuras 5.3 e 5.4 exibem uma comparação dos tempos máximos e médios para todos os cenário e sistema atual.

Nas Figuras 5.3 e 5.4, observa-se que em todos os cenários houve redução do tempo de espera para a mesa térmica. No entanto houve um aumento na espera na fila do caixa, principalmente para os tempos máximos de espera na Figura 5.3. Uma explicação para o aumento dos tempos de espera nos caixas no cenário 01 e 02 é que com a duplicação completa da mesa térmica o número de clientes liberados para área de consumo é maior. No Cenário 02 com redução da espera nas balanças o número de cliente liberados para a área de refeição é

Capítulo 5 – Resultados

maior que no Cenário 01. Diante destas modificações e mantidos os mesmo tempos de consumo para o cliente, a quantidade de clientes que vão para os caixas em um mesmo período é maior em todos os horários, inclusive nos horários de pico, explicando este aumento no tempo máximo de espera do cliente nos caixas.

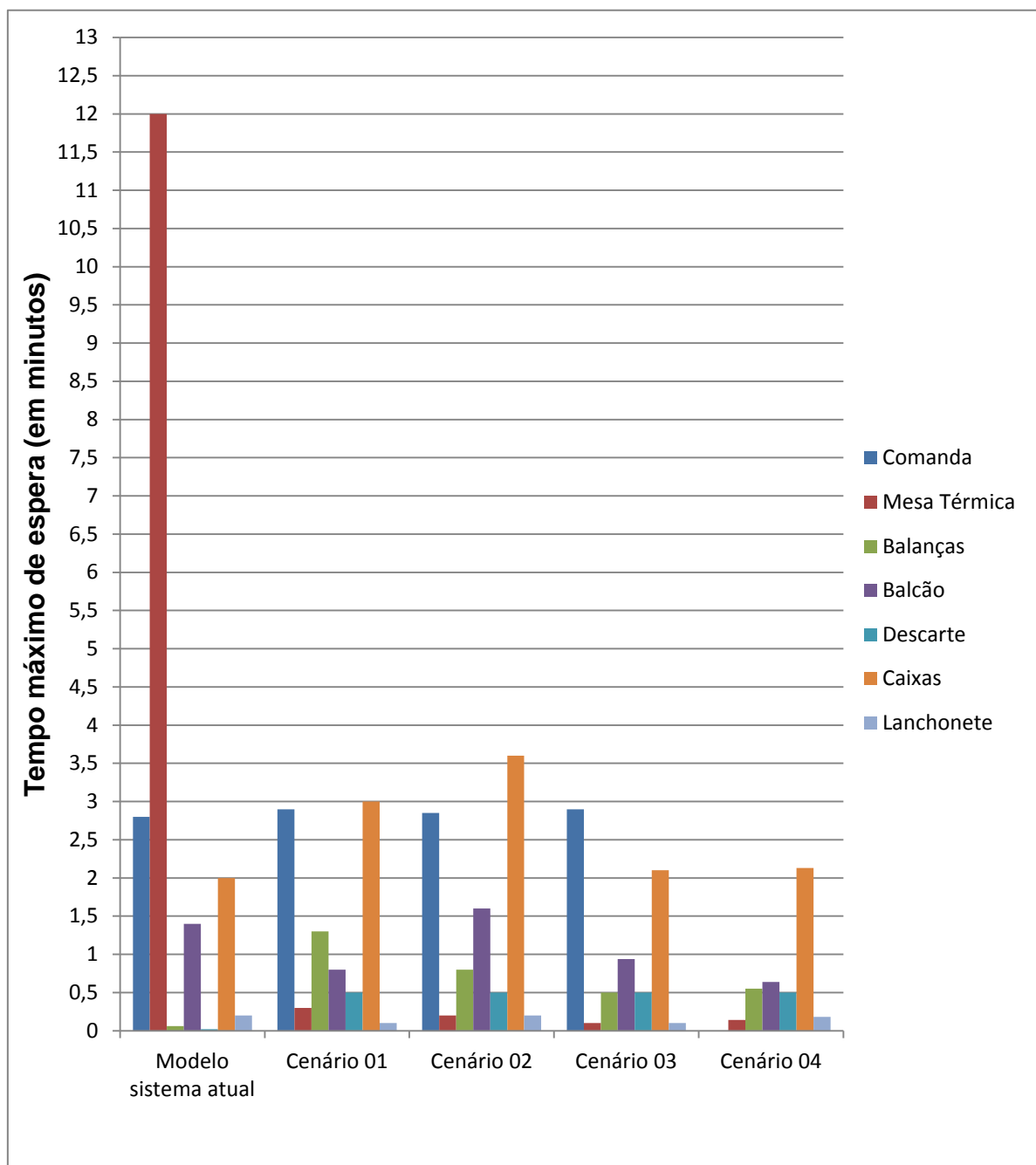


Figura 5.3 – Comparação dos tempos máximos de espera por cenário

Observa-se também que nos Cenários 3 e 4, apesar da duplicação parcial da mesa térmica e aumentar no número de clientes atendidos por ela, não houve um aumento significativo no tempo de espera dos clientes nos caixas. A explicação para tal comportamento é que com a duplicação de parte da mesa térmica, algumas cubas na mesa

Capítulo 5 – Resultados

térmica permanecem bloqueadas, aumentando o tempo de permanência na mesa térmica, sem no entanto prejudicar a espera na fila da mesa térmica. No Cenário 04, com o acréscimo do Caixa 04, considerando o aumento da demanda no caixa no horário de pico, o aumento do tempo de espera não foi significativo. Esta explicação também é válida para a análise dos tempos médios de espera, demonstrados na Figura 5.4.

Referente ao tempo médio de espera, a Figura 5.4 evidência que em todos os cenários o tempo de espera não é significativo. Com excessão das filas da comanda e do caixa, o tempo de espera nas filas é inferior a 50 segundos.

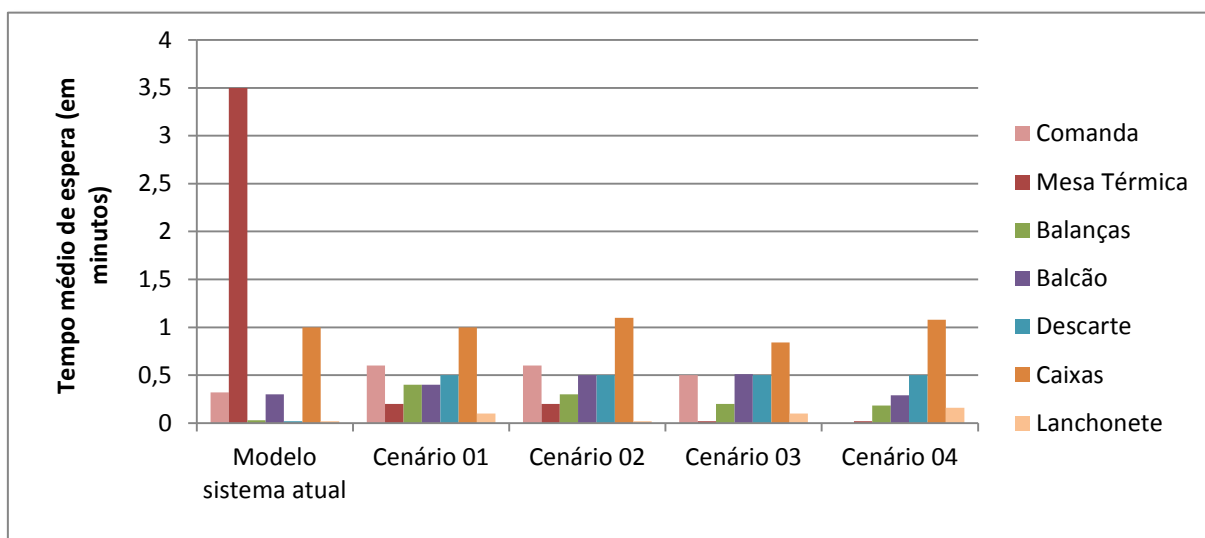


Figura 5.4 – Comparação dos tempos médios de espera por cenário

Comparando os tempos de espera por tipo de cliente, as Figuras 5.5 e 5.6, demonstram que referente ao tempo de espera máximo e médio, o cliente C.03B (cliente da comanda que consome outros produtos além da refeição) possui o maior tempo de espera. Entretanto em comparação com o modelo atual em todos os cenários há uma redução no tempo de espera para todos os clientes que consomem refeição.

Capítulo 5 – Resultados

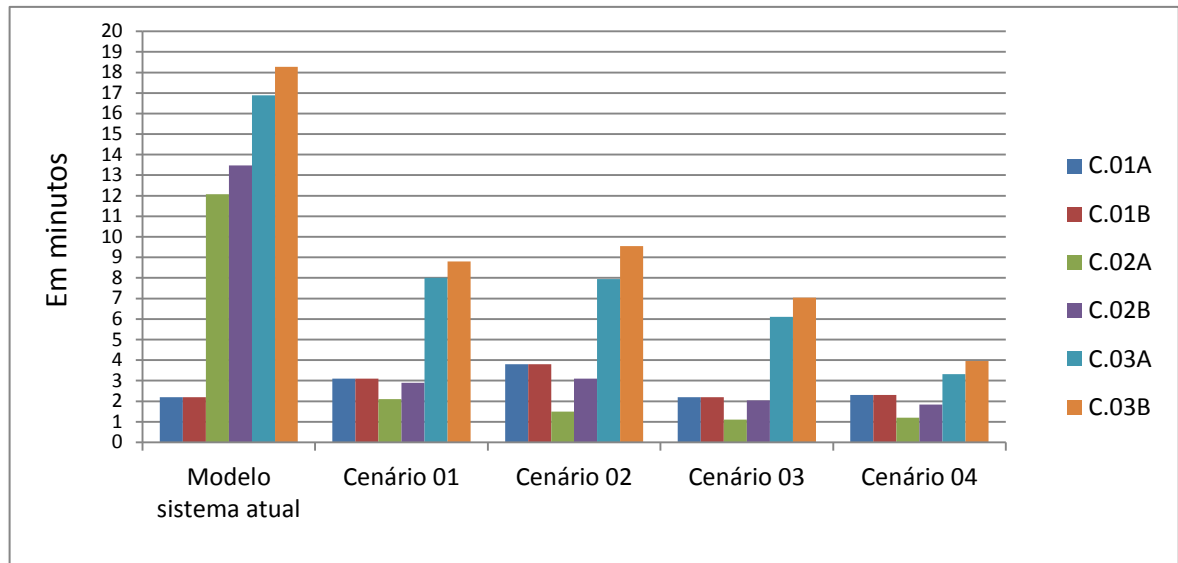


Figura 5.5 – Comparação dos tempos máximos de espera para cada tipo de cliente

Analisanado a espera por tipo de cliente, na Figura 5.5, os cliente com comanda (C.03), devido a fila da mesa da comanda, permanece nos cenários 01, 02 e 03 com um tempo de espera máxima superior a 6 minutos. O cenário 04, no entanto, com a eliminação da mesa da comanda, esta espera máxima reduz para menos de 4 minutos e de forma geral é o cenário com maior redução no tempo total de espera dos clientes.

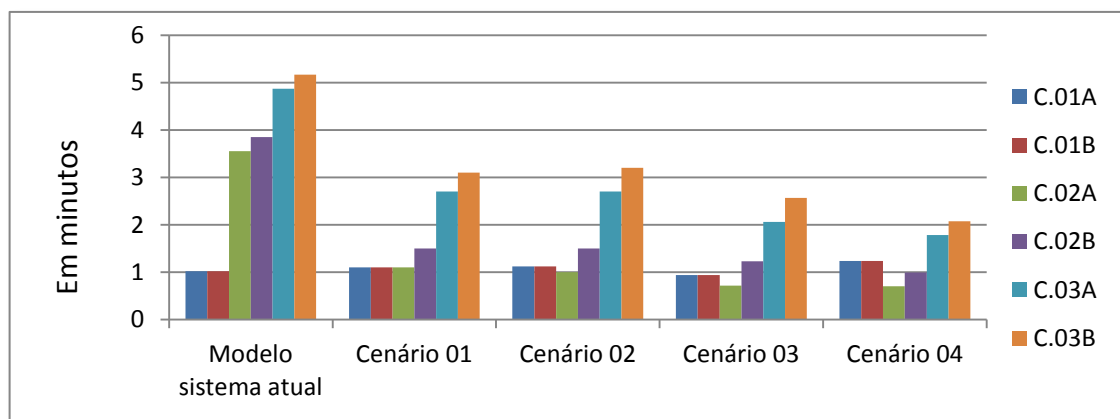


Figura 5.6 – Comparação dos tempos médios de espera para cada tipo de cliente

A Tabela 5.1 traz um comparativo do tempo total máximo de espera em cada modelo.

Tabela 5.1 – Comparativo do tempo total máximo de espera

100 Replicações – Médias do tempo máximo de espera nas filas (em minutos)					
	Modelo sistema atual	Cenário 01	Cenário 02	Cenário 03	Cenário 04
Tempo total	18,5	8,9	9,8	7,1	4,1
% de redução do tempo de espera em relação ao sistema atual		-52%	-47%	-61%	-78%

Analisando a Tabela 5.1 verifica-se que os cenários 03 e 04 apresentam a maior redução no de espera do cliente.

Em análise aos resultados, os gestores do restaurante, visualizaram o Cenário 03 com maior possibilidade de ser implementado. Para tanto é necessário verificar a capacidade produtiva da cozinha para atender a uma segunda mesa térmica quente, visto que a saída dos alimentos seria maior e o tempo para produção destes alimento também é maior.

5.4. Tempo gasto no projeto de simulação

Esta pesquisa, conforme descrito na Seção 4.1 foi elaborada em três anos. No entanto, para o desenvolvimento do projeto de simulação que abrange as três etapas (Concepção, Implementação e Análise) foi de aproximadamente seis meses, não considerando horas trabalhadas, mas apenas os dias dedicados à elaboração do projeto de simulação.

A Figura 5.7 apresenta esta mensuração, em percentual, do tempo total que foi necessário para a conclusão deste projeto de simulação. A divisão do tempo gasto é apresentada tendo como base a estrutura proposta por Motevechi *et. al* (2010) apresentada na Figura 3.2.

Capítulo 5 – Resultados

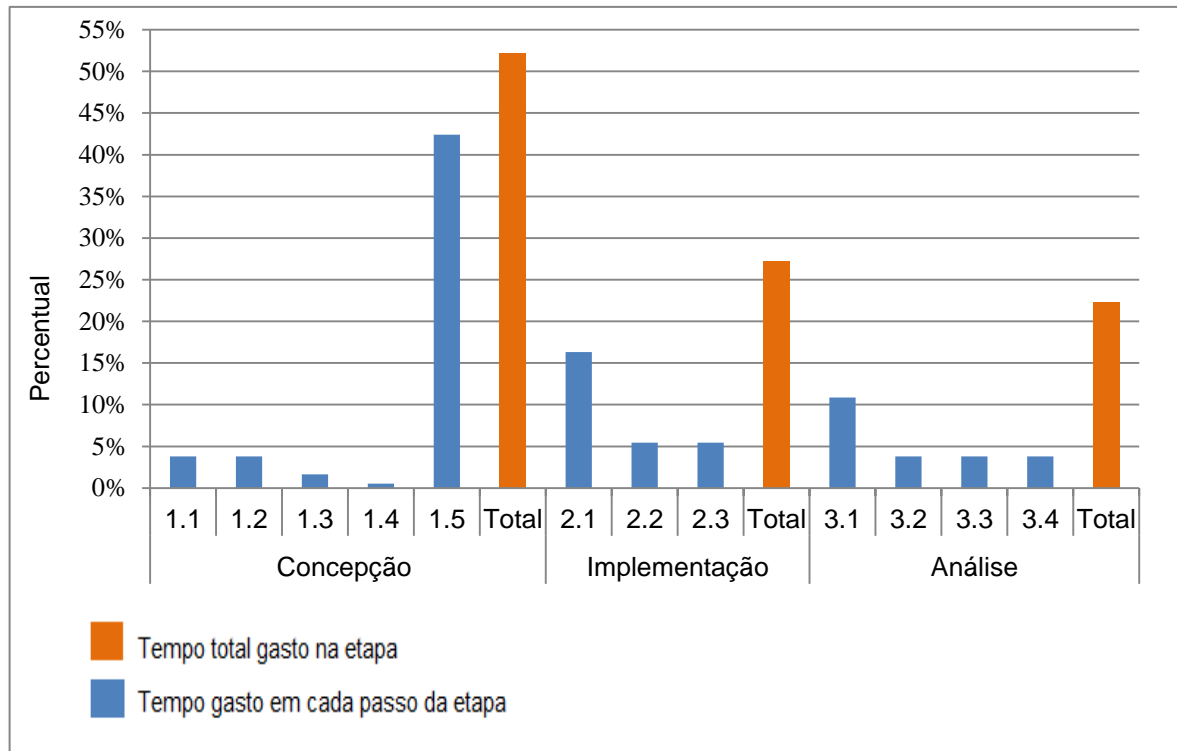


Figura 5.7 – Tempo gasto no projeto de simulação

A etapa que solicitou mais dias de trabalho foi a etapa de concepção do modelo, sendo o passo 1.5 (modelagem dos dados), abrangendo a coleta e tratamento dos dados que requereu maior dedicação devido as dificuldades e detalhes descritos na Seção 4.2.4.

A elaboração do modelo (passo 2.1) também necessitou maior tempo, seguido dos passos 3.1 (definição do projeto experimental), 2.2 (verificação) e 2.3 (validação). O passo 3.1 neste projeto incluiu a análise dos resultados do modelo computacional do sistema atual, pois a cada modificação era realizado uma rodada no modelo e dependendo dos resultados obtidos, uma nova coleta de dados era realizada ou novas modificações eram feitas no modelo computacional.

6. Conclusão

Este trabalho descreve um modelo validado de simulação a eventos discretos do sistema de prestação de serviço do Restaurante Acadêmico Junior da Universidade Federal de Itajubá.

A coleta de dados foi planejada e um método para sua realização foi proposto por meio de um fluxograma de atividades descrito nas Figuras 5.1 e 5.2 com base nas ações realizadas neste trabalho. O mapeamento IDEF-SIM associado à Figura 4.6 e o Quadro 4.4 mostraram-se fundamentais para a organização da coleta de dados e conhecimento do sistema o que refletiu diretamente na elaboração do modelo computacional e os resultados obtidos.

Foram identificadas as vantagens e desvantagens das técnicas de coletas de dados realizadas nesta pesquisa. A utilização de câmeras de filmagem se mostrou mais vantajosa devido aos desafios apresentados nesta pesquisa, pois esta técnica possibilitou capturar detalhes do sistema que a simples observação e utilização apenas do cronômetro não permitiu, como por exemplo os tempos na mesa térmica.

Nesta pesquisa a etapa de concepção do modelo, permeando a elaboração do modelo conceitual e modelagem dos dados de entrada, foi de extrema importância. Constatou-se, no passo de modelagem dos dados de entrada, que não só a qualidade dos dados são importantes para o resultado do modelo como também o tempo dedicado a esta atividade. Esta etapa tem um peso fundamental no projeto, exigindo do pesquisador planejamento e organização para que esta fase não se torne um obstáculo para a conclusão projeto.

A análise das filas foi realizada, identificando o tempo de espera de cada tipo de cliente. Também foi identificado o impacto percentual do tempo de espera em função ao tempo total de cada tipo de cliente no restaurante, revelando o tempo real que o cliente permanece em espera. Apontou-se o cliente com comanda (C.03) o que permanece mais tempo em espera, podendo ficar até 35% do seu tempo total no restaurante em espera.

Inicialmente imaginava-se que o gargalo do sistema era as balanças, no entanto, com a realização da simulação, verificou-se que a mesa térmica, principalmente as cubas de carnes e cubas quentes são o gargalo do sistema gerando a fila que proporciona maior espera ao cliente.

Na realização de experimentos com intuito de reduzir o tempo de espera do cliente foram elaborados 04 cenários. Na comparação destes cenários com o modelo do sistema atual os Cenários 03 e 04 se mostraram mais benéficos devido à maior diminuição no tempo de espera total do cliente, reduzindo consecutivamente 61% e 78% do tempo de espera do cliente. E para o cliente com comanda, devido a eliminação da mesa da comanda, o Cenário

Capítulo 6 – Conclusão

04 é o que lhe proporciona menor tempo de espera reduzindo seu tempo em espera para 11% do seu tempo total no restaurante.

No entanto, é preciso realizar um estudo da viabilidade econômica e análise da capacidade produtiva da cozinha para implantar estas alternativas.

Com este modelo os gestores podem criar outros cenários e fazer modificações necessárias ao restaurante e testar sua eficácia sem a necessidade de realizar “experiências” no sistema real.

Sugere-se para trabalhos futuros:

- Acrescentar os custos no modelo computacional, realizando uma análise de viabilidade econômica para verificar se seria possível a implantação dos cenários 03 ou 04.
- Criação de um *software* para cronometragem dos tempos nas filmagens;
- Desenvolvimento de outros trabalhos no setor de serviços em outras áreas e no setor de manufatura, aplicando e testando o fluxograma sugerido nesta pesquisa para a coleta de dados.

REFERENCIAL TEÓRICO

ANDERSON, J. R. Managing employees in the service sector: a literatura review and conceptual development. **Journal of Business and Psychology**. Vol. 20, n. 4, DOI: 10.1007/s10869-005-9002-5, 2006.

BAINES, T.; MASON, S.; SIEBERS, P.; LADBROOK, J. Humans: the missing link in manufacturing simulation? **Simulation Modelling Practice and Theory**. V. 12, pp. 515–526, 2004.

BANKS, J.; CARSON, J.S.; NELSON, B.L.; NICOL, D.M. **Discrete-event system simulation**. 5 ed., New Jersey: Prentice Hall, 2010.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Modelling and Simulation: operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, pp.241-264, 2002.

BOWEN, J.; FORD, R. C. Managing service organizations: does having a “thing” make a difference? **Journal of Management**, v. 28, n. 3, p. 447 – 469, 2002.

BRASIL, Decreto Nº 6.096, de 24 de abril de 2007. Institui o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI. **Planalto Central**. Disponível:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-010/2007/Decreto/D6096.htm>. Acesso em: 26/11/2010.

BRASIL, Portaria Normativa Nº 39, de 12 de dezembro de 2007. Institui o Programa Nacional de Assistência Estudantil – PNAES. **Ministério da Educação**. Disponível: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/portaria_pnaes.pdf>. Acesso em: 21/05/2011.

CERVO, A. L. ; BERVIAN, P. A.. **Metodologia Científica**. 5ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da Produção e Operações para Vantagens Competitivas**. 11ª Ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

CHASE, R.B; APTE, U.M. a history of research in service operation: What’s the big idea? **Journal of Operations Management**. V.25, p. 375-386, 2007.

CHEN, E. Jack; LEE,Young M.; SELIKSON, Paul L. A simulation study of logistics activities in a chemical plant. **Simulation Modelling Practice and Theory**, vol. 10, p. 235-245, 2002.

CHEUNG, Yen; BAL, Jay. Process analysis techniques and tools for business improvements. **Business Process Management Journal**, vol. 4, n.4, p.274-290, 1998.

CHWIF, L.; MEDINA, A.C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos, Teoria & publicações**. 3. ed. São Paulo: Ed do autor, 2010.

CONTADOR, José Celso. Modelo geral das atividades da empresa. **Revista Gestão**

Referencial teórico

&Produção. Vol. 8, No. 3, p. 219-236, 2001.

CORRÊA, H. L.; CAON, M. **Gestão de serviços: lucratividade por meio de operações e de satisfação dos clientes**. São Paulo: Atlas, 2002.

COSTA, R. F. S. **Abordagem sistemática para avaliação econômica de cenários para modelos de simulação discreta em manufatura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá, 2010.

COUTINHO, E. P.; MOREIRA, R. T.; SOUZA, D. M. Aplicação do ciclo de serviços na análise da gestão da qualidade de um restaurante universitário. In: **XXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. Porto Alegre, 2005, p. 1247 – 1254.

CURIN, S. A.; VOSKO, J. S.; CHAN, E. W.; TSIMHONI, O. Reducing service time at a busy fast food restaurant on campus. In: **WINTER SIMULATION CONFERENCE**, 2005. Michigan, 2005 p. 2628-2635.

DAVIS, M.; AQUILANO, N.; CHASE, R. **Fundamentos da administração da produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001

DIAS, V.V. A service-based economy: where do we stand? Note on structural change and economic development. **Rede Latino-America de Política Comercial**. Vol. 139, 2011.

FARAHMAND, K.; MARTINEZ, A. F. G. Simulation and animation of the operation of fast food restaurant. In: **WINTER SIMULATION CONFERENCE**, 1996. Texas, 1996.

FERNANDES, F. C. F; GODINHO FILHO, M. C. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2010.

FITZSIMMONS, J. A; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia de informação**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 564 p.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Operations management**. Australia: South-Western, 2002.

GIANESI, I. ; CORRÊA, H. L. **Administração estratégica de serviços: operações para a satisfação do cliente**. São Paulo: Atlas, 1996.

GOLDRATT, E. M; COX, J. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 2002. 365 p.

GRÖNROOS, C. **Marketing gerenciamento e serviços**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

HARREL, Charles R. *et al.* **Simulação otimizando sistemas**. São Paulo: IMAM, 2002.

HARREL, C.; GHOSH, B.K.; BOWDEN, R.O. **Simulation using ProModel**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

HARRINGTON, J. **Gerenciamento total da melhoria Contínua**. São Paulo: Makron, 1993

Referencial teórico

HARRINGTON, J. **Business process improvement workbook: documentation, analysis, design and management of business process improvement**. New York: McGraw-Hill, 1997.

HWANG J. Restaurant Table Management to Reduce Customer Waiting Times. **Journal of Food service Business Research**, v.11, n.4, p. 334-351, 2008.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 8. Ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

HWANG, J.; GAO, L.; JANG, W. Joint demand and capacity management in a restaurant system. **European Journal of Operational Research**. V. 207, pp. 465-472, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Anual de Serviços 2011. **Pesquisa Anual de Serviços**, Rio de Janeiro, v. 13, 2011. P. 1-219. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/d_detalhes.php?id=7150. Acesso em: 25/09/13

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores - Contas Nacionais Trimestrais**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/pib/defaultcnt.shtm>. Acesso em: 26/09/13

JACOB, A. V.; MENITA, B. G; BARCELLOS, E. B.; POSTALI, F. M. P.; GIACOMELLI, J. R.; AQUINO, J. M.; MSC, M. B.; SILVEIRA, T. Avaliação da satisfação dos clientes e diagnóstico de filas no Restaurante Universitário Noturno da UFSC. In: **VI SEMANA DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO SUL-AMERICANA**. Florianópolis, 2006.

JOHNSTON , R.; CLARK, G. **Administração de operações de serviço**. São Paulo: Atlas, 2002.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de Produção e Operações**. 8ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

KOTLER, P; KELLER, k. L. **Administração de Marketing**. 12ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

LEAL, F. **Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional**. Dissertação (Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá, 2003.

LEAL, F. **Análise do efeito interativo de falhas em processos de manufatura através de projeto de experimentos simulados**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008

LEAL, F.; OLIVEIRA, M. L. M.; ALMEIDA, D. A.; MONTEVECHI, J. A. B. Desenvolvimento e aplicação de uma técnica de modelagem conceitual de processos em projetos de simulação: o IDEF-SIM. **XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. Salvador, BA, 2009.

Referencial teórico

LOVELOCK, C. H. Classifying Service to Gain Strategic Marketing Insights. **Journal of Marketing**. Vol. 47, pp. 9 – 20, Summer 1983.

LOVELOCK, C.; GUMMESSON, E. Whither Services Marketing? In search for a new paradigm and fresh perspectives. **Journal of Service Research**, Vol. 7, No. 1, August, pp. 20-41, 2004.

LOVELOCK, C.; WRIGHT, L. **Serviços: marketing e gestão**. São Paulo, Saraiva, 2001. 416p.

MABIN, V. J.; BALDERSTONE, S.J. The Performance of the Theory of Constraints Methodology: Analysis and Discussion of Successful TOC Applications. **International Journal of Operations and Production Management**. V. 23, n.8 pp. 568-595, 2003.

MAISTER, D. H. 1985. **The psychology of waiting lines**. In: **The Service Encounter**, J. A. Czepiel, M. R. Solomon, C. F. Suprenant (eds.). Lexington Books, Lexington, Massachusetts, 1985, pp. 113–124.

MEIRELLES, D. S. O Conceito de Serviço. **Revista de Economia Política**. V. 26, n. 1, pp.119-136, janeiro-março, 2006.

MELLO, C. H. P.; COSTA N. P. L. O.; TURRIONI, J. B.; SILVA, C. **Gestão do processo de desenvolvimento de serviços**. São Paulo: Atlas S. A, 2010. 194 p. ISBN 978-85-224-5956-8.

MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONE, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MORABITO, R.; LIMA, F. Um modelo para analisar o problema de filas em caixas de supermercados: Um estudo de caso. **Pesquisa Operacional** , Vol. 20, n.1, pp. 59-71, 2000.

MONTEVECHI, J., A. B.; PINHO, A. F.; LEAL, F.; MARINS, F. A. Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry. In: **WINTER SIMULATION CONFERENCE**, Washington, USA, 2007.

MONTEVECHI, J.A.B.; LEAL, F.; PINHO, A.F. ; COSTA, R.F.S.; OLIVEIRA, M.L.M. de; SILVA, A.L.F. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. **WINTER SIMULATION CONFERENCE**. Baltimore, USA, 2010.

OLHAGER, J.; JOHANSSON, P. Linking long-term capacity management for manufacturing and service operations. **Journal of Engineering and Technology Management**. Vol. 29 pp. 22–33, 2012.

OLIVEIRA, P. W. S.; LEONE, N. M. C. P. G.; SOUZA, T. Restaurante Sabor de Casa. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 13, n. 1, 2009.

PAIVA, C. N. **A Relevância do Fator Humano na Simulação Computacional**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá, 2010.

Referencial teórico

PATRICIO, L.; FISK, R. P.; CUNHA, J. F. Designing Multi-Interface Service Experiences : The Service Experience Blueprint. **Journal of Service Research**. V.10, No. 4, p. 318-334, 2008.

PERERA, T.; LIYANAGE, K. Methodology for rapid identification and collection of input data in the simulation of manufacturing systems. **Simulation Practice and Theory**, vol. 07 p.645-56, 2000.

QUEIROZ, J. A.; MIRANDA, R. C.; TORRES, A. F.; PINHO, A. F. Proposta de uma metodologia para utilização no planejamento e implantação dos sistemas de produção enxuta, **XLIV SPBO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL E VI CLAUDIO CONGRESSO LATINO-IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA, ANAIS DO XL SPBO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL**. Rio de Janeiro, 2012.

REID, D.; SANDERS, N. **Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

ROBERTSON, N.; PERERA, T. Automated data collection for simulation? **Simulation Practice and Theory**. V. 09, pp. 349-369, 2002.

ROBINSON; S. Conceptual Modeling for Simulation Part II: a framework for conceptual modeling. **Journal of the Operational Research Society**. V.59, pp. 291-304, 2008

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Gestão e Produção**, v. 16, n.1, São Carlos Jan./Mar. 2009.

SABBADINI, F.; GONÇALVES, A. A. & OLIVEIRA, M. J. F. Gestão da capacidade de atendimento e simulação computacional para a melhoria na alocação de recursos e no nível de serviço em hospitais. In: **III SEGET, SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA**. Resende, 2006.

SARGENT, R. G. Verification and Validation of Simulation Models. **WINTER SIMULATION CONFERENCE**. Miami, 2008.

SARGENT, R. G, Verification and Validation of Simulation Models, In Proc. **WINTER SIMULATION CONFERENCE**. Nova York, 2011.

SARGENT, R. G, Verification and Validation of Simulation Models. **Journal of Simulation**. V. 7 pp. 12-24, 2013.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E QUALIDADE. **Relatório de Gestão do Exercício de 2011**. Universidade Federal de Itajubá, 2012. Acesso em 08/10/2013 às 17h16min, disponível em:
<http://www.unifei.edu.br/files/arquivos/acessoinformacao/relgestao/RelatorioGestao2011.pdf>

Referencial teórico

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E QUALIDADE. **Relatório de Gestão do Exercício de 2011**. Universidade Federal de Itajubá, 2013. Acesso em 08/10/2013 às 17h16min, disponível em: <http://www.unifei.edu.br/files/arquivos/acessoinformacao/relgestao/RelatorioGestao2012.pdf>

SEILA, A.F. Introduction to simulation. In: **WINTER SIMULATION CONFERENCE**. Arlington, 1995.

SHANNON R. E., Introduction to the art and science of simulation. **WINTER SIMULATION CONFERENCE**. Washington, 1998.

STURROCK, D. T. Tips for successful practice of simulation. In: **WINTER SIMULATION CONFERENCE**. Austin, TX, EUA, 2009.

THOMPSON, G. M.; KWORTNIK, R. J. J. Pooling Restaurant Reservations to Increase Service Efficiency. **Journal of Service Research**, v. 10, n. 4, p. 335-346, 2008.

TRYRULA, W. J. Building simulation models without data. **PROCEEDINGS OF THE IEEE CONFERENCE OF SYSTEMS, MAN AND CYBERNETICS**. USA, 1994, pp. 109–111.