

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
MECÂNICA**

JORDILAINY QUEIROZ BRASILINO DA SILVA

**APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS NO SISTEMA DE ATENDIMENTO DE
UM RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO**

TCC

JOÃO PESSOA PB

2017

JORDILAINY QUEIROZ BRASILINO DA SILVA

**APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS NO SISTEMA DE ATENDIMENTO DE
UM RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO**

Trabalho de conclusão de curso desenvolvido e apresentado no âmbito do curso de Graduação de Engenharia de Produção Mecânica como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador (a): Msc. Alessandra Berenguer de Moraes.

JOÃO PESSOA PB

2017

S586a Silva, Jordilainy Queiroz Brasilino da

Aplicação da teoria das filas no sistema de atendimento de um restaurante universitário. / Jordilainy Queiroz Brasilino da Silva. – João Pessoa, 2017.

74f. il.:

Orientador: Prof.^a Msc. Alessandra Berenguer de Moraes.

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Teoria das filas 2. Restaurante universitário 3. Capacidade de atendimento 4. Tempo de espera. I. Título.

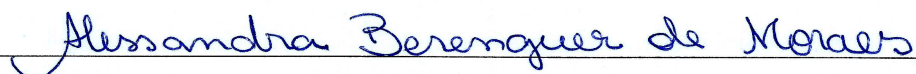
BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed. 519.872(043)

JORDILAINY QUEIROZ BRASILINO DA SILVA

**APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS NO SISTEMA DE ATENDIMENTO DE
UM RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO**

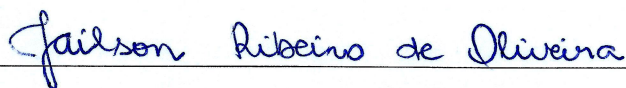
Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido e apresentado no âmbito do Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica, defendido em 14/11/2017, sob avaliação da banca examinadora a seguir, obtendo o conceito Aprovado.



Prof.^a. Msc. Alessandra Berenguer de Moraes
Orientadora – UFPB/CT/DEP



Prof.^o. Msc. Cláudio Ruy Portela de Vasconcelos
Examinador – UFPB/CT/DEP



Prof.^o. Msc. Jailson Ribeiro de Oliveira
Examinador – UFPB/CT/DEP

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha fonte de força e guiar meu caminho permitindo a conclusão desse trabalho.

Ao meu pai Eraldo, por ser minha fonte de inspiração, meu maior exemplo de homem, por sua força e coragem para vencer os obstáculos da vida, por toda sua dedicação à mim ao longo desses anos de curso, sem sua ajuda eu não teria chegado onde cheguei.

A minha mãe Joice, por toda dedicação, amor, educação e incentivo dedicados à mim. Por todo ser uma mulher de força e por todo seu carinho com nossa família.

Aos meus irmãos Emerson e Erickson, por serem parte da minha história e sempre torcerem por mim.

Ao meu noivo Cristiano Miguel, por ser o maior motivador dos meus sonhos, por todo seu companheirismo e amor. Obrigada por acreditar em mim além do que eu mesma acredito.

A amiga Jéssica Patrícia, por todo apoio e amizade ao longo dessa jornada. Obrigada por todos obstáculos que vencemos juntas nesse curso.

As amigas Raíssa Batista e Vanessa Ramalho, por serem tão presentes em minha vida, por todo apoio, amizade e carinho dedicados à mim. Obrigada por serem as irmãs que a vida me deu e torcerem por minhas conquistas.

A minha orientadora Msc. Alessandra Berenguer, por todo apoio e dedicação, por ela ser tão compreensiva e humana, por abdicar de momentos com seus familiares para me dar assistência. Só tenho à agradecer toda sua contribuição em meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Ao professor Msc. Claudio Ruy Portela, por ter me acolhido no Restaurante Universitário e por toda sua contribuição para conclusão deste trabalho.

A todos amigos e familiares, que de alguma forma contribuíram para a realização da tão sonhada conclusão de curso.

**“Dar o melhor de si, é mais importante do que ser o melhor”
(Mike Lerner)**

SILVA, Jordilainy Queiroz Brasilino da. **Aplicação da Teoria das Filas no Sistema de Atendimento de um Restaurante Universitário**, 2017. 74p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Mecânica). UFPB/CT/DEP. João Pessoa/PB

RESUMO

Ao oferecer um serviço é importante que sua capacidade de atendimento seja equivalente ou superior à sua demanda, pois a qualidade no atendimento reflete diretamente na qualidade total do serviço prestado. Uma má administração da capacidade do sistema, compromete o sucesso da empresa diante dos olhos de seus usuários. Nesse contexto, o referido trabalho tem a finalidade de analisar o tempo de espera na fila no sistema de atendimento do Restaurante Universitário da Universidade Federal da Paraíba, por meio da aplicação de um modelo de Teoria das Filas, com o intuito de avaliar a dinâmica das filas e a capacidade do sistema, em virtude da crescente demanda. O procedimento técnico utilizado foi um estudo de caso, onde foram coletados o número de clientes que chegam à fila por minuto, o tempo de atendimento do serviço e o tempo de espera na fila, por meio de observações e cronometragens, os dados foram registrados e armazenados em tabelas eletrônicas. A partir dos resultados obtidos com a aplicação do modelo, foi possível diagnosticar que o sistema encontra-se saturado, sendo necessário a ampliação de seus canais de atendimento. Por fim, diante de todo estudo realizado, foi possível criar dois cenários capazes de solucionar o problema de atendimento e consequentemente o tempo de espera nas filas.

Palavras-chave: Teoria das filas. Restaurante universitário. Capacidade de Atendimento. Tempo de espera.

SILVA, Jordilainy Queiroz Brasilino da. **The Application of Queuing Theory in the Attendance System of a University Restaurant**, 2017. 74p. Course Conclusion Work (Bachelor Degree in Mechanical Manufacturing Engineering). UFPB/CT/DEP. João Pessoa/PB.

ABSTRACT

When offering a service it is important that its service capacity is equivalent or superior to its demand, because the quality in the service reflects directly in the total quality of the service provided. Mismanagement of the system's capacity compromises the company's success in the view of its users. In this context, the purpose of this paper is to analyze the waiting time at the queue in the service system at the University Restaurant of the Federal University of Paraíba, through the application of an model from Queuing Theory, in order to evaluate queuing dynamics and system capacity, in view of the growing demand. The technical procedure used was a case study, where the number of clients arriving in the queue per minute, the time of attendance of the service and the waiting time in the queue were collected, through observations and timekeeping, the data were recorded and stored in electronic tables. From the results obtained with the application of the model, it was possible to diagnose that the system is saturated, being necessary the expansion of its service channels. Lastly, in face of the whole study carried out, it was possible to create two scenarios capable of solving the service system and consequently reduce the waiting time in the queues.

Keywords: Queue Theory. University restaurant. Attendance Capacity. Waiting time.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CONSEPE – Conselho Superior de Ensino, Pesquisa e Extensão;

CONSUNI - Conselho Universitário, órgão deliberativo superior em matéria de política geral da Universidade;

CT – Centro de Tecnologia;

DCE – Diretório Central dos Estudantes;

PECG - Programa de Estudantes convênio de Graduação;

PNAES - Plano Nacional de Assistência Estudantil;

PO – Pesquisa Operacional;

PRAPE - Pró-Reitoria de Assistência e Promoção ao Estudante;

R I – Refeitório 1;

R II – Refeitório 2;

RU- Restaurante Universitário;

RU I – Restaurante Universitário I;

RU II – Restaurante Universitário II;

RU III –Restaurante Universitário III;

RU IV –Restaurante Universitário IV;

RUs - Restaurantes Universitários;

SRU – Superintendência dos Restaurantes Universitários;

UFPB - Universidade Federal da Paraíba.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Esquemática das Fases de Estudo aplicando PO.....	22
Figura 2 - Modelos de uma Fila Simples	29
Figura 3 - As Quatro Situações Básicas de Fila.	32
Figura 4 - Modelos de Fila de Espera	36
Figura 5 - Estrutura Organizacional Geral do Restaurante Universitário	49
Figura 6 - Fluxo de atendimento do refeitório II	53
Figura 7 - Organização das filas de atendimento do refeitório II	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Equações para o modelo M/M/1	38
Quadro 2- Equações para o modelo M/M/k	39
Quadro 3- Equações para o modelo M/Ek/1	41
Quadro 4- Tipos de pesquisas	43
Quadro 5: Metodologia Utilizada.....	45
Quadro 6 - Fórmulas para o modelo M/M/k	51
Quadro 7 - Média da taxa de chegada.....	56
Quadro 8 - Média da taxa de atendimento	57
Quadro 9 - Média do tempo de espera na fila externa	59
Quadro 10 - Média do tempo de espera na fila interna	59
Quadro 11 - Tempo médio total de espera na fila	60
Quadro 12 - Parâmetros do modelo M/M/K	60
Quadro 13: Indicadores de desempenho do modelo M/M/k.....	63
Quadro 14 - Cenários da capacidade de atendimento do refeitório II	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proposta de Plano de Ação.....	66
--	-----------

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS AO ESTUDO PROPOSTO.....	16
1.2.	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	17
1.3.	JUSTIFICATIVA.....	17
1.4.	OBJETIVOS	18
1.4.1.	Objetivo Geral	18
1.4.2.	Objetivos Específicos	18
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	19
2.1.	ASPECTOS DA PESQUISA OPERACIONAL.....	19
2.2.	PESQUISA OPERACIONAL NA TOMADA DE DECISÃO.....	20
2.3.	FASES DA RESOLUÇÃO DE UM PROBLEMA PELA PESQUISA OPERACIONAL.....	22
2.4.	GESTÃO DAS FILAS E FLUXO DE CLIENTES	26
2.5.	TEORIA DAS FILAS	28
2.5.1.	Estrutura Básica de um Sistema de Filas	29
2.5.2.	Elementos de uma Fila	29
2.5.3.	Terminologias e considerações para modelos de filas	34
2.5.4.	Modelos de filas	35
2.5.4.1	<i>Filas de Espera com População Infinita e Canal de Atendimento Único (M/M/1)</i>	37
2.4.5.2	<i>Filas de Espera com população infinita e canal de atendimento múltiplo (M/M/k)</i>	38
2.4.5.3	<i>Modelo M/Ek/s e M/Ek/1</i>	40
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	42
3.2	INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS.....	44
3.3	TRATAMENTO DOS DADOS.....	46
3.4	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE DE PESQUISA.....	48
4.2	MODELO ESCOLHIDO PARA APLICAÇÃO.....	50
4.3	ANÁLISE DO FLUXO DE ATENDIMENTO	52
4.4	PARÂMETROS DA FILA.....	54
4.4.1	Coleta da taxa de chegada	56
4.4.2	Coleta da taxa de atendimento	57

4.4.3	Mensuração do tempo de espera nas filas.....	58
4.4.4	Aplicação do modelo Canal Único Atendimento Múltiplo (M/M/k)	60
4.5	PROPOSTA DE SOLUÇÃO	61
4.6	IMPLEMENTAÇÃO	65
5	CONCLUSÃO	69
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA EMPRESA.....	70
5.2	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	70
5.3	SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS	70
	REFERÊNCIAS.....	71
	APÊNDICE A – PONTOS ABORDADO NA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA.....	73
	APÊNDICE B - ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE INDIRETA	74

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o desempenho das atividades que compõem o setor de serviços vem se destacando pelo dinamismo e pela crescente participação na produção econômica brasileira (IBGE, 2017). Dentre os diversos serviços oferecidos à população, um serviço que vem se destacando no mercado brasileiro é o setor alimentício, uma vez que, os alimentos são bens de consumo de necessidade básica.

Arelado ao setor alimentício surge os restaurantes, para acompanhar o fenômeno de urbanização. As intensas jornadas de trabalho, a distância entre o trabalho e a residência, e o congestionamento intenso do trânsito nas cidades, são alguns fatores responsáveis pelo aumento da alimentação fora de casa.

A maioria das universidades públicas dispõem de restaurantes universitários, com o objetivo de atender à toda comunidade acadêmica. Os restaurantes universitários oferecem serviço de *self-service*, onde apenas a proteína é controlada por funcionários do restaurante. Todos os anos a comunidade acadêmica aumenta devido ao ingresso de novos alunos, funcionários e professores na universidade. Esse aumento gera uma maior demanda no restaurante universitário ocasionando filas de espera, que são reflexo da variação na chegada dos usuários, essas chegadas desordenadas tendem a aumentar ou diminuir de acordo com os horários de pico, causando em alguns momentos longas filas de espera.

Na tentativa de minimizar os problemas de filas de espera, uma área da Pesquisa Operacional conhecida como Teoria das Filas utiliza modelos matemáticos para determinar como operar um sistema de filas de forma mais eficiente. Esses modelos permitem encontrar um equilíbrio apropriado entre custos de serviço e tempo de espera, pois fornecer capacidade de atendimento em excesso para operar o sistema envolve custos demasiados e não fornece a capacidade de atendimento suficiente resulta em espera excessiva e todas as suas lamentáveis consequências.

O surgimento da teoria das Filas no século XX se deu como obra do matemático Agner Krarup Erlang, através de estudo de ligações telefônicas em uma vila, tratando-as como uma fila em espera. Este estudo disponibilizou expressões amplamente utilizadas,

em conjunto com distribuições probabilísticas, que visam modelar o comportamento do sistema de filas. (IGLESIAS, 2007 *apud* SOARES, 2016).

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS AO ESTUDO PROPOSTO

Os restaurantes universitários (RU's), tem o objetivo de oferecer refeições a um baixo custo ou gratuitas, auxiliando estudantes de carência econômica, promovendo a inclusão social e colaborando com a permanência desses alunos nos cursos de graduação. As refeições oferecidas pelos RU's devem seguir um rigoroso padrão de qualidade, seus alimentos devem ser selecionados seguindo uma dieta nutricional balanceada e monitorada por nutricionistas. Além disso, os refeitórios dos RU's devem estar de acordo com as normas de segurança e higiene, garantindo à integridade física e a saúde de seus usuários, procurando a melhoria contínua sempre. Segundo Fausto (et al, 2011) *apud* Alves (2012), os restaurantes dentro das instituições de ensino, são uma opção prática e cômoda para os estudantes e contribuem para a manutenção de uma alimentação saudável.

A Universidade Federal da Paraíba (UFPB), onde o restaurante em estudo está localizado, é prioritário aos estudantes cadastrados no Plano Nacional de Assistência Estudantil (Pnaes), que auxilia os estudantes de baixa renda, viabilizando a igualdade de oportunidades entre todos os estudantes. Além dos alunos cadastrados, o restaurante atende aos alunos cotistas, alunos do Programa de Estudantes convênio de Graduação (PECG), Escola Técnica de Enfermagem da UFPB, Diretório Central dos Estudantes (DCE), alunos não cadastrados, funcionários do restaurante e eventos que ocorram dentro da instituição de ensino.

A demanda do restaurante cresce a cada ano, devido ao ingresso de novos alunos, professores e funcionários na universidade. Desse modo, a formação de fila de espera para o atendimento do serviço no restaurante, é inevitável. Atualmente as filas do restaurante se encontram desorganizadas, causando diversos problemas aos usuários. Sendo a maior das reclamações devido ao tempo de espera, todos esses fatores refletem negativamente na qualidade do serviço oferecido pelo restaurante. Por esse motivo uma equipe de professores e estudantes vêm trabalhando no desenvolvimento e aplicação de metodologias que tragam um melhoramento contínuo aos serviços prestados pelo restaurante universitário da UFPB.

Diante deste cenário, se faz necessário um estudo da dinâmica da filas e da capacidade de atendimento do restaurante universitário da UFPB, focado nos problemas

atuais que estão possivelmente causando a formação das filas e ocasionam o longo tempo de espera.

1.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Diante do que foi exposto nas considerações iniciais, o presente trabalho visa utilizar a Teoria das Filas afim de responder a seguinte pergunta: ***Como a aplicação de um modelo de filas pode contribuir para à análise do sistema de atendimento de um restaurante universitário?***

1.3. JUSTIFICATIVA

Numa universidade o tempo é um fator valioso e os estudantes estão sempre com esse fator limitado, é preciso administrar o curto tempo para resolver as diversas atividades acadêmicas. Passar um longo tempo esperando numa fila para ser atendido, não é nada agradável para quem está com pressa, esse tempo de espera é considerado um “tempo perdido” pelos usuários. Além do mais, para o restaurante em estudo, analisar a dinâmica de suas filas permitirá que a instituição identifique os possíveis gargalos no serviço oferecido, constate oportunidades de melhorias e desenvolva medidas que deixem o serviço mais eficiente.

A Teoria das Filas permite que sejam analisadas as variáveis que compõem um fila, mensurando parâmetros essenciais para o estudo da capacidade do sistema e consequentemente do tempo de espera nas filas. Sendo assim, o valor dessa pesquisa se justifica através da aplicação de um modelo de fila, capaz de identificar a capacidade do sistema, o tempo de espera na fila e o tempo de atendimento do serviço, com o objetivo de mensurar a agilidade do serviço do restaurante universitário e posterior satisfação de seus usuários.

Desta forma, o estudo se faz importante para aprofundar o conhecimento desta área de Pesquisa Operacional, que encontra-se cada vez mais sendo aplicada nas empresas para auxiliar na gestão dos recursos humanos, de materiais e operações, e nos setores financeiros das organizações. Sua aplicabilidade mostra-se essencial em diversas áreas da engenharia de produção, como exemplo podemos citar o setor de logística, que utiliza software e ferramentas matemáticas para um melhor desempenho de suas atividades.

1.4. OBJETIVOS

Diante do exposto, o objetivo da aplicação da Teoria das Filas é mensurar os parâmetros da fila de espera do RU do Campus I para compreender seu comportamento, afim de contribuir para a minimização do tempo de espera. No entanto, faz-se necessário conhecer todos os fluxos de pessoas do objeto de estudo. Para que após à aplicação e análise do modelo de filas, construam-se alternativas de cenários que melhorem o desempenho do sistema e traga estabilidade para o mesmo.

1.4.1. Objetivo Geral

Este trabalho visa analisar à aplicação de um modelo de Teoria das filas em um restaurante universitário, localizado no Campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), propondo melhorias para o sistema de atendimento.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analisar o fluxo de atendimento;
- Mensurar os parâmetros da fila (coletar a taxa de chegada e a taxa de atendimento);
- Mensurar o tempo de espera na fila;
- Analisar os resultados da aplicação do modelo de teoria das filas;
- Propor ações para otimizar o sistema de atendimento.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Neste capítulo apresenta-se o referencial teórico que serviu de base para o desenvolvimento deste estudo, é composto de informações sobre pesquisa operacional, definição de filas e Teoria das Filas. Assim, buscando mostrar conceitos importantes para o entendimento da pesquisa.

2.1 ASPECTOS DA PESQUISA OPERACIONAL

O termo *Pesquisa Operacional* foi criado em meados de 1938, devido à presença de cientistas nas análises de situações militares, na segunda guerra mundial. Devido aos esforços de guerra, existia uma necessidade urgente de alocar recursos escassos às várias operações militares e às atividades dentro de cada operação de uma maneira eficiente. Várias seções de Pesquisa Operacional foram estabelecidas nas forças armadas britânicas. Logo após, esforços similares foram empreendidos nos Estados Unidos. Um grande número de cientistas foi reunido para aplicar uma abordagem científica a problemas estratégicos e táticos. Esses cientistas foram chamados a realizar pesquisas (sobre atividades) operacionais militares, daí o nome de sua atividade (*Operational Research*, na Inglaterra, e *Operations Research*, nos Estados Unidos – a tradução para o português seguiu o termo britânico) (MOREIRA, 2007).

De acordo com Andrade (2007), com o fim da guerra e o êxito dos empreendimentos bélicos despertou-se o interesse de aplicação da PO fora do ambiente militar, o que conduziu o mundo acadêmico e empresarial a aplicar as técnicas desenvolvidas a problemas de administração.

Como o próprio nome indica, a pesquisa operacional envolve “pesquisa sobre operações”. Portanto a PO é aplicada a problemas que compreendem a condução e a coordenação das *Operações* (isto é, as atividades) em uma organização. A natureza das organizações é essencialmente secundária e, de fato, a PO tem sido amplamente aplicada em áreas distintas como manufatura, transportes, construções, telecomunicações, planejamento financeiro, assistência médica, militar e serviços públicos, somente para citar algumas delas. Portanto, a gama de aplicações é excepcionalmente grande (HILLIER e LIEBERMAN, 2013).

A expansão da PO no mundo acadêmico se deu inicialmente nos departamentos de Engenharia Industrial, e nas escolas de Administração das Universidades norte-americanas.

O rápido crescimento na utilização das ferramentas desenvolvidas pela Pesquisa Operacional tais como o método Simplex para a Programação Linear, as cadeias de Markov para problemas que envolvem distribuições de probabilidades, e os demais estudos desenvolvidos na área, deve-se principalmente ao progresso alcançado pelo desenvolvimento dos computadores eletrônicos.

Atualmente, a Pesquisa Operacional vem sendo aplicada nas mais diversas áreas, tais como logística, saúde, finanças, serviços públicos, indústrias, empresas prestadora de serviço, entre outras. A Pesquisa Operacional busca modelar os sistemas da vida real, utilizando-se de modelos matemáticos, estatísticos e algoritmos computacionais que geram soluções otimizadas para auxiliar na tomada de decisão. E com crescente avanço da tecnologia a PO consegue resolver problemas cada vez mais complexos, em tempos cada vez menores.

A PO tem a ver, portanto, com a pesquisa científica criativa em aspectos fundamentais das operações de uma organização. Portanto a PO é uma ciência aplicada, que utiliza técnicas científicas, tendo como ponto de referência a aplicação de modelos matemáticos. Pelo que foi dito antes, pode-se resumir os principais aspectos da PO como se segue:

- Possui uma ampla abrangência de utilização, em áreas do governo e suas agências, nas indústrias e em empresas comerciais e de serviço;
- É aplicada a problemas associados à condução e a coordenação de operações ou atividades numa organização;
- Adota um enfoque sistêmico para os problemas;
- Busca a solução “ótima” para o problema;
- Usa uma metodologia de trabalho em equipe (engenharia, computação, economia, estatística, administração, matemática, ciências comportamentais) (MARINS,2011).

2.2 PESQUISA OPERACIONAL NA TOMADA DE DECISÃO

Tomar decisões é algo comum em nosso dia-a-dia, estamos o tempo todo fazendo escolhas. Decidir significa optar por algo com o objetivo de resolver um problema ou

uma situação. Um gestor está vulnerável a tomar decisões a qualquer momento, devendo fazer uso de opções que sejam viáveis a cada situação

De acordo com Marins (2011), Apesar de cada gestor ter o seu próprio procedimento de análise e solução de problemas, pode-se, em geral, estabelecer algumas etapas que, necessariamente, devem ser observadas, configurando o que se denomina de papel do decisor:

a) Identificar o Problema: talvez seja a etapa mais difícil, pois, diferentemente dos livros, os problemas na prática não estão, inicialmente, claros, definidos e delimitados. Aqui é importante perceber quais são os demais sistemas que interagem com o sistema onde se insere o problema a ser tratado. É fundamental se ter uma equipe de analistas multidisciplinar para o problema seja visto de prismas diferentes e isso seja incorporado na sua solução;

b) Formular Objetivos: nesta etapa devem ser identificados e formulados (muitas vezes matematicamente) quais são os objetivos que deverão ser atingidos quando da solução do problema. Em alguns casos, podem-se ter vários objetivos que podem ser qualitativos (por exemplo, satisfação do cliente), quantitativos (custo ou lucros) ou ainda conflitantes;

c) Analisar Limitações: na sequência deve-se levantar quais são as restrições que limitarão as soluções a serem propostas. Comumente, essas limitações dizem respeito ao atendimento de tempo/prazo, orçamento demandas, capacidades (transporte, produção e armazenamento), tecnologia (equipamentos e processos), inventários (matéria-prima, subconjuntos, *work in process* e produtos acabados), entre outros;

d) Avaliar Alternativas: aqui, o decisor, após identificar quais são suas alternativas de ação, deverá, utilizando algum procedimento, escolher a “melhor solução” que poderá ser aplicada. Destaque-se que, muitas vezes a solução ótima pode não ter uma relação custo-benefício que permita sua adoção pela empresa, e uma outra solução que atende esse s requisitos pode vir a ser a escolhida. Nesse processo de avaliação de alternativas, o decisor poderá utilizar uma abordagem qualitativa ou quantitativa:

✓ A abordagem qualitativa se aplica em problemas simples, corriqueiros, repetitivos, com pouco impacto financeiro ou social, onde é fundamental a experiência do decisor (ou de sua equipe de analistas) em situações anteriores semelhantes. Nestes casos, adota-se uma solução similar àquela já utilizada com sucesso num problema

semelhante; Já a abordagem quantitativa é a recomendada quando os problemas são complexos, novos, envolvem grande volume de recursos humanos, materiais e financeiros, têm alto impacto no ambiente onde se insere (empresa ou sociedade). Aqui, recomenda-se o uso dos preceitos da ótica científica e os métodos quantitativos (algoritmos) disponíveis a obtenção de uma solução.

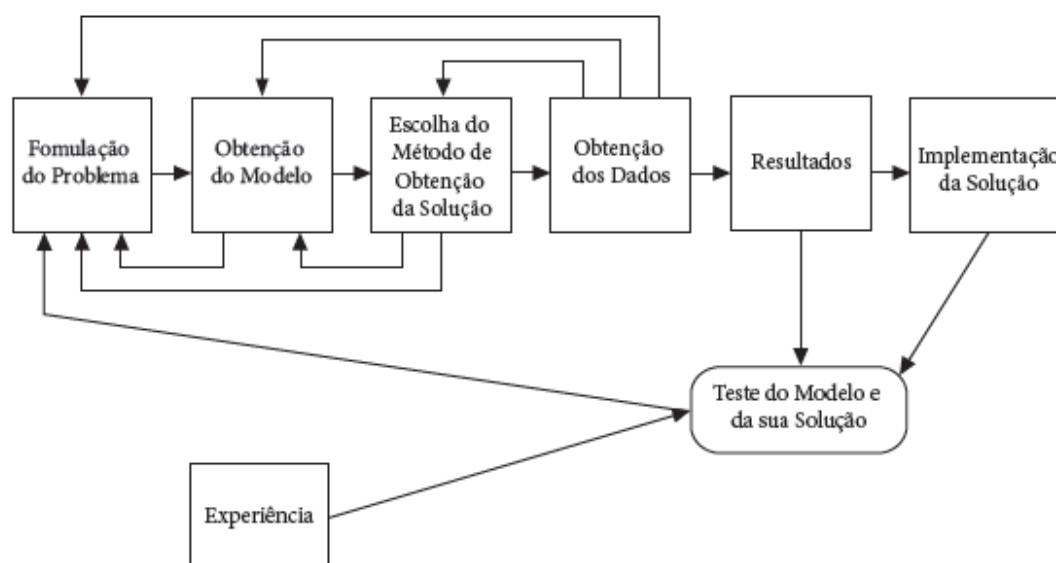
Neste contexto é que a Pesquisa Operacional se insere, colaborando na formação de profissionais capacitados em utilizar ferramentas e software com o objetivo de auxiliar as organizações na tomada de decisão.

2.3 FASES DA RESOLUÇÃO DE UM PROBLEMA PELA PESQUISA OPERACIONAL

De acordo com Marins (2011), pode-se de uma forma simplificada, subdividir a resolução de um problema pela PO em cinco etapas:

- a) Formulação do Problema (identificação do sistema);
- b) Construção do modelo matemático;
- c) Obtenção da solução;
- d) Implementação.

Figura 1-Esquematização das Fases de Estudo aplicando PO.



Fonte- Marins (2011)

a) Formulação do Problema (identificação do sistema)

Diferentemente dos exemplos dos livros, os problemas reais surgem de uma forma bastante vaga e imprecisa. Este fato exige do analista de PO uma grande capacidade de assimilar e sistematizar as situações reais. Para se formular corretamente um problema é necessário que o mesmo seja bem identificado.

Portanto, as seguintes informações básicas se tornam necessárias:

- Quem tomará as decisões?
- Quais são os seus objetivos?
- Que aspectos estão sujeitos ao controle de quem decide (variáveis de decisão) e quais as limitações a que estão sujeitas essas variáveis (restrições)?
- Quais os aspectos que estão envolvidos no processo, mas que fogem ao controle de quem decide?
- Uma vez formulado o problema, a etapa seguinte é a construção do modelo.

b) Construção do Modelo Matemático

Modelos são representações simplificadas da realidade, para possibilitar que sejam aplicados os instrumentos e as técnicas das teorias matemáticas no estudo do comportamento de sistemas complexos. Os modelos matemáticos podem dividir-se em deterministas (os dados utilizados são perfeitamente conhecidos e determinados) e estocásticos (são modelos probabilísticos).

A utilização de modelos possui duas importantes características:

- Permitem à análise do modelo do problema modelado, indicando quais são as relações importantes entre as variáveis, quais os dados relevantes, e quais são as variáveis de maior importância.
- Possibilita a tentativa de várias alternativas de ação sem interromper o funcionamento do sistema em estudo.

Uma classificação possível para os modelos seria: icônicos ou físicos (por exemplo, maquetes), analógicos (por exemplo, organograma), e matemáticos. Os modelos físicos assemelham-se fisicamente aos sistemas que representam, enquanto os

modelos abstratos têm apenas uma semelhança lógica com os sistemas representados. Os modelos matemáticos podem ser de otimização ou de simulação, sendo que este texto se concentrará nos modelos matemáticos de otimização.

Um modelo matemático de um problema real é uma representação através de expressões matemáticas que descrevem a essência do problema. Se existirem n decisões quantificáveis, elas serão representadas por n variáveis de decisão ou de controle. As relações e limitações a que estão sujeitas as variáveis de decisão são expressas por meio de equações e inequações, denominadas restrições. O objetivo que se pretende atingir é formulado como uma função (ou mais de uma), colocada em termos das variáveis de decisão, denominada função objetivo.

Normalmente na etapa de modelagem leva-se em conta a técnica que poderá vir a ser utilizada, uma vez que muitas vezes através de pequenas adaptações nesta fase, que não comprometem os resultados obtidos, consegue-se uma simplificação na etapa de obtenção da solução.

c) Obtenção da solução

Diversos são os métodos matemáticos utilizados em PO para a resolução de problemas, associados às várias áreas que compõe a PO entre estas podem se citar, a Programação Linear, a Programação em Redes, a Teoria dos Grafos e a Teoria das Filas. Depois de escolhido o modelo matemático que será utilizado, parte-se para a obtenção de uma solução.

Estes métodos matemáticos têm evoluído na sua aplicabilidade e utilização devido ao desenvolvimento de softwares e avanços computacionais, além da descoberta de novas técnicas. Foram desenvolvidos diversos softwares, que disponibilizam alguns métodos importantes da Pesquisa Operacional. A aplicação de software torna viável e eficiente a solução de problemas complexos. Como exemplos têm-se o Solver do Excel® que atua com planilhas eletrônicas, o LINDO® – Linear Discrete Optimizer (www.lindo.com) e o CPLEX® (www.ILOG.com), para problemas de Programação Linear e Não Lineares e as suas variações, PROMODEL® (www.belge.com.br/produtos_promodel.html) e o ARENA® (www.paragon.com.br/), que além de solucionar problemas da pesquisa operacional também fazem simulação.

d) Teste do modelo e da solução obtida

Dada a complexidade dos problemas, e a dificuldade de comunicação e compreensão de todos os aspectos, existe a possibilidade que a equipe de analistas obtenha ou interprete de forma errônea alguns fatos, o que pode acarretar uma distorção elaboração do modelo. Essa distorção levará a soluções que não se ajustarão à realidade, por isso é importante compreender todo o processo analisado, para que o modelo desenvolvido seja o mais próximo da realidade. Dessa forma, o modelo precisa ser testado. Em alguns casos o modelo pode ser testado através da reconstrução do passado (com o uso de dados históricos), verificando-se a adequação do modelo às informações disponíveis.

Em cada situação específica pode ser definida uma sistemática para testar o modelo e sua solução. O importante é que se a solução for usada repetidamente o modelo deve continuar a ser testado. A fase de teste pode indicar deficiências exigindo correções do modelo, seja pelo refinamento de algum aspecto, pela consideração de algum aspecto omitido ou possíveis simplificações do modelo. Nesse contexto a simulação é essencial para averiguar os gargalos encontrados na concepção do sistema.

e) Implementação

A última fase de um estudo de PO trata de implementar a solução obtida, uma vez aprovada por quem decide. Esta é uma fase crítica, pois é somente nesta fase que os resultados do estudo serão obtidos. Por este motivo, é muito importante a participação da equipe que trabalhou com o modelo de forma a garantir a sua correta implementação. Este contato estreito garantirá também uma intervenção no caso de ocorrer qualquer tipo de falha não prevista.

A fase de implementação envolve um aspecto essencialmente técnico e um aspecto pessoal. Como normalmente é utilizado o computador para obtenção dos resultados, toda documentação necessária deve ser muito bem organizada e detalhada, de forma a não suscitar dúvidas quando de sua utilização. Por outro lado, deve-se preparar a equipe que irá utilizar os resultados, procurando-se o entrosamento com a equipe de operação, bem antes da fase de implementação. A participação mais efetiva de quem irá utilizar os resultados, nas etapas de formulação e modelagem certamente contribuirá para o sucesso da implementação dos resultados obtidos (MARINS,2011).

2.4 GESTÃO DAS FILAS E FLUXO DE CLIENTES

Uma fila é caracterizada por um processo de chegadas (pessoas, veículos, trens, etc.) a um sistema de atendimento formado por uma ou mais unidades de serviço. As unidades podem ser atendidas individualmente (pedágio, porto, etc.), ou em grupos (pessoas num elevador, veículos num semáforo, etc.) (FOGLIATTI, BRUNS e SONCIM, 2001).

As filas são um fator importante na gestão de serviços, estando presente em diversos tipos de serviços sejam num banco, num supermercado, num consultório médico, cinemas, Estádios, teatros, enfim, existe uma infinidade de serviços onde podemos nos deparar com filas. O gerenciamento das filas é sensível a percepção do cliente quanto à qualidade do serviço prestado. Quando desejamos reduzir as filas em um sistema com grande variabilidade no processo de chegada de clientes e no processo de atendimento, é necessário manter a taxa média de atendimento maior do que a taxa média de chegada dos clientes.

Como já foi mencionado anteriormente a percepção do cliente sobre um serviço influencia diretamente na qualidade do mesmo. Nas filas a percepção de espera sob a *ótica do cliente* é mais importante que o tempo de espera real. De acordo com Corrêa e Caon (2002), essa é uma constatação com implicações gerenciais importantes, pois faz com que o gerente forçado por restrições de recursos a conviver com filas em seu sistema de serviços pense em meios de atenuar a sensação de espera do cliente. Como o tempo ocioso parece mais longo do que aquele em que estamos ocupados pode-se tentar ocupar o cliente de alguma forma. A música e as revistas em consultórios médicos e dentários são uma tentativa de atenuar a sensação de espera dos clientes.

Além da sensação de espera, outro fator psicológico numa fila é a relação de poder que se estabelece quando um fila se forma. Numa fila o cliente só pode cessar o seu desejo de ser atendido mediante uma iniciativa do atendente. Desse modo, o atendente, mesmo que inconscientemente, exerce um poder sobre o cliente, ou seja, o cliente depende do atendente para acabar sua espera na fila.

Segundo Corrêa e Caon (2002), esperar é reconhecer que o tempo do consumidor é menos valioso que o da pessoa que impõe a espera. O gerente de serviços deve procurar

enfaticamente que os funcionários em serviço não alimentem seus “egos” à custa da necessidade dos clientes. Isso pode ser feito de várias formas:

- Treinamentos e conscientização para que os servidores sejam corteses e gentis em todas as situações;
- Criar um ambiente organizacional que reforce tais atitudes por parte dos funcionários. Isso deve começar pelo respeito do funcionário, enfatizando a dignidade do indivíduo;
- Procurar dar aos funcionários preocupações gerenciais mediante gestões mais participativas;
- Evitar que os funcionários ignorem os clientes, treinando-os para um contato inicial. Isso pode fazer com que o cliente sinta-se dentro do processo do serviço desde o primeiro momento.

A disciplina de uma fila depende dos fatores culturais de sua região, na maioria das filas de espera por um serviço, os responsáveis por manter a sequência de chegada são os atendentes. Os gerentes dos locais devem manter a justiça quanto a ordem de chegada.

De acordo com Corrêa e Caon (2002), existem alguns mecanismos que podem ajudar nesse sentido:

- Alguns restaurantes adotam o sistema de senhas que o cliente retira no momento em que chega ao estabelecimento. Cabe então ao maître garantir que a sequência de chegadas seja respeitada;
- Quando os bancos passaram a adotar o sistema de fila única nas agências, delimitavam, seja com pilaretes e cordas, seja com faixas pintadas no chão, o trajeto da fila, evitando tumulto e melhorando a utilização do espaço.

As filas também permitem uma *interação social* entre os clientes que aguardam o atendimento. Em alguns casos, por exemplo, o atraso de um voo, a comunicação entre os passageiros pode proporcionar um ambiente mais agradável, diminuindo tensão e provocando uma sensação de bem-estar.

Percebemos que as filas têm grande influência na qualidade de um serviço, dessa forma, as filas merecem uma atenção especial dos gestores. A área do conhecimento que auxilia o estudo e análise das filas é chamada “Teoria das Filas”, através de modelos matemáticos é possível se obter o tempo médio que um cliente passa na fila, tamanho médio da fila, tempo médio que cada cliente permanece no sistema, número médio de clientes no sistema, a probabilidade de ociosidade do sistema, utilização média dos recursos, e a probabilidade de existir determinado número de clientes no sistema. Através desses parâmetros é possível se obter as características específicas de um fila.

2.5 TEORIA DAS FILAS

A Teoria das Filas tem como objetivo principal o desenvolvimento de modelos matemáticos que permitam prever o comportamento de sistemas de prestação de serviços. Admite-se, em geral, que as solicitações ocorrem em instantes aleatórios e que a duração do tempo de atendimento de cada pedido é também uma variável aleatória (MARINS,2011).

A teoria das filas é um campo de conhecimentos matemáticos aplicado a fenômeno das filas. É um campo de conhecimento em constante evolução, aplicando-se continuamente a mais e mais situações envolvendo filas. É também um campo de trabalho no qual, muitos profissionais de Pesquisa Operacional acabam se especializando (Moreira, 2007).

A importância em se estudar as características de um sistema de filas está relacionada à viabilidade de inserir mudanças, que auxiliem de algum modo para melhorar o serviço oferecido. Em alguns momentos, a demanda por um determinado serviço chega a ser tão intensa que supera sua capacidade de atendimento, promovendo filas e um tempo alto de espera para os usuários do serviço. Essa espera deixa os usuários irritados e insatisfeitos com a prestação do serviço.

Em contrapartida, é provável que, em outros períodos, essa demanda possa reduzir de tal modo que os atendentes, de um determinado sistema, fiquem ociosos durante boa parte do tempo.

2.5.1 Estrutura Básica de um Sistema de Filas

Os elementos de uma fila, de acordo com Prado (1999, p.23) temos que de uma certa **população**, surgem **clientes** que formam uma **fila** e que aguardam por algum tipo de **serviço**. O termo cliente é utilizado de forma genérica e pode designar tanto uma pessoa, um navio ou um lingote. É utilizado o termo “**transação**” ou “**entidade**” como sinônimo de cliente. O **atendimento** pode ser constituído de um ou mais **servidores** (podendo ser chamados também de **atendentes** ou **canais de serviço**) e tanto pode fazer referência um barbeiro, um cais de atracação ou uma máquina de lingotamento.

2.5.2 Elementos de uma Fila

De acordo com Moreira (2007), os elementos importantes para a análise de um sistema de filas são: **fonte de clientes, comportamento da chegada de clientes, processo de seleção e posto de atendimento**.

Figura 2 - Modelos de uma Fila Simples



Fonte: Moreira (2007)

Os elementos de um sistema de filas citados na Figura 2, serão descritos nos tópicos a seguir, segundo a visão de Moreira (2007).

a) Fontes Cliente

Chama-se de fonte de clientes à *população de clientes* que podem demandar algum tipo de serviço. Essa fonte de clientes pode ser *finita* ou *infinita*.

Fonte finita é aquela que existe limite sobre a população a ser atendida, a chegada e, conseqüentemente, o atendimento de novos clientes são significativamente afetados pelo tamanho da fila atual. Um exemplo é um técnico eletricista que tenha sob sua responsabilidade um conjunto definido de 20 máquinas, o número de máquinas que estão

aguardando reparo pode influenciar na probabilidade de que uma nova máquina exija reparos.

Fonte Infinita é aquela que a probabilidade de chegada não é afetada de forma significativa pelo fato de que alguns clientes já estão aguardando na fila, ou seja, o tamanho da fila não interfere numa nova chegada. Exemplos de fontes infinitas são os sistemas abertos ao público em geral, com cinemas, teatros, postos de votação e assim por diante (MOREIRA,2007).

b) Comportamento da chegada de clientes

Segundo Moreira (2007), a chegada dos clientes pode ser obtida de três maneiras:

✓ **Chegada Isolada ou em Grupos:** o cliente pode chegar sozinho ao posto de atendimento, como acontece por exemplo, com carros que chegam a um sinal de tráfego; e pode chegar em grupos, como se dá quando um ônibus cheio de turistas para em um restaurante de beira de estrada para o almoço. Há casos que podem ser considerados intermediários, como quando pequenos grupos, de duas, três ou quatro pessoas, chegam a um restaurante ou teatro.

Quando as chegadas são isoladas ou são uma mistura de chegadas isoladas e de pequenos grupos, faz-se a suposição de que todas as chegadas são isoladas.

✓ **A paciência ou impaciência do cliente:** um cliente é considerado *paciente* se aceitar permanecer na fila até que seja atendido. Caso contrário, ele é dito *impaciente*, podendo assumir duas diferentes atitudes:

- ❖ O cliente recusa juntar-se à fila, abandonando o posto de atendimento;
- ❖ O cliente junta-se à fila, mas acaba desistindo ao cabo de algum tempo.

✓ **A distribuição de probabilidade associada à chegada**

Há duas formas tradicionais de se falar sobre a chegada de clientes para o atendimento. Pode-se tomar como base:

- ❖ O número de clientes que chegam em um dado intervalo de tempo;
- ❖ O tempo decorrido entre duas chegadas consecutivas.

c) Processo de Atendimento

O critério pelo qual se escolhe qual será o próximo cliente a ser atendido recebe o nome de *disciplina da fila*. Nas atividades de serviços, de forma geral, a disciplina adotada é chamada **PEPS** (Primeiro a Entrar, Primeiro a Sair) em inglês FIFO, ou seja, segue a ordem de chegada. Isso tende a segurar uma certa justiça, tendo aceitação generalizada. Entretanto, a regra PEPS não é a única disciplina possível.

É frequente em filas, darem prioridades às crianças, idosos, mulheres grávidas, pessoas portadoras de necessidades especiais entre outros. Nesse contexto surge uma outra disciplina a **UEPS** (último a Entrar, Primeiro a Ser Servido), em inglês LIFO.

d) Posto de Atendimento

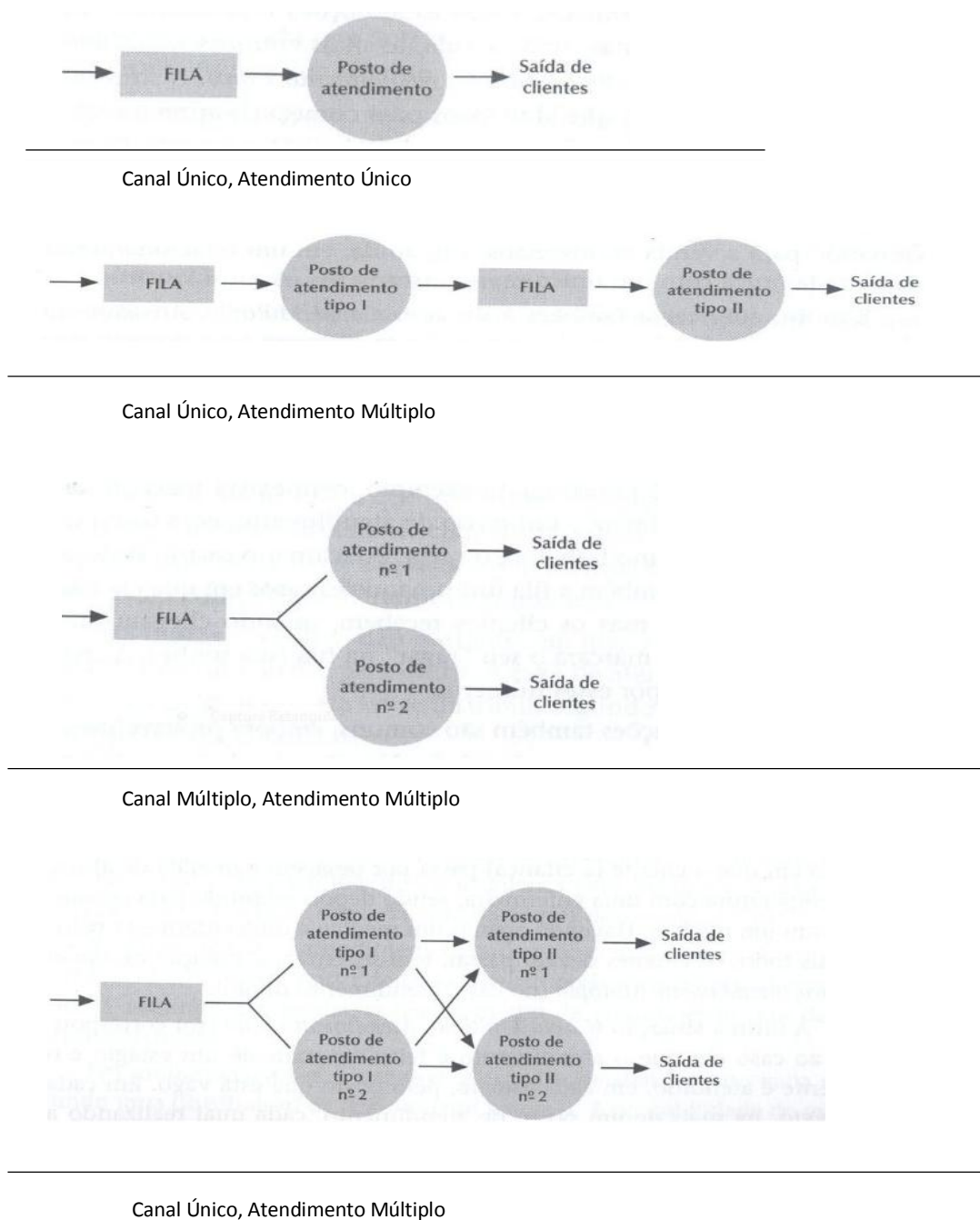
De acordo com Moreira(2007), o posto de atendimento é a instalação ou sistema de instalações que servirá de suporte ao atendimento da fila.

Vejamos algumas definições básicas:

- ✓ Uma fila é chamada de fila de *canal único* quando existe uma única instalação de atendimento. Essa instalação pode constituir de um só posto, que realiza sozinho todo o atendimento, ou de vários postos em série, cada qual realizando uma parte do atendimento.
- ✓ Uma fila é chamada de fila de *canal múltiplo* se existirem duas ou mais instalações de atendimento em paralelo, cada qual atendendo de forma independente das demais. Cada instalação pode consistir de um posto isolado ou de vários postos em série.
- ✓ O atendimento é chamado de *atendimento único* se for realizado integralmente por um só posto de serviço; é chamado de *atendimento múltiplo* se forem necessários dois ou mais postos em sequência, cada qual responsável por uma parte do atendimento.

Com a combinação das três conceituações anteriores, as filas podem apresentar-se segundo as figuras abaixo:

Figura 3- As Quatro Situações Básicas de Fila.



Fonte- Adaptado de Moreira (2007)

A primeira situação de fila *Canal Único, Atendimento Único* é quando existe uma única fila e um único posto de atendimento. Exemplo dessa situação é o que encontramos num teatro em que só um guinche está funcionando para venda de ingressos. Ou ainda, em um estacionamento de entrada única com um único manobrista.

A segunda situação de fila *Canal Único, Atendimento Múltiplo*, é quando existe apenas uma sequência de postos de atendimento em série, de maneira que a fila se mantém sequencialmente. Exemplo dessa situação é o que encontramos em restaurantes *self-service*, em que o cliente se dirige as cubas de comida cada um com um tipo de alimento, cada uma dessas cubas representam um posto de atendimento. Ou ainda um leitor de um ambulatório pediátrico em que a criança passa por pesagem e medida de altura e temperatura com a enfermeira, sendo depois admitido para consulta um médico. Havendo apenas um médico e uma enfermeira pelos quais todos os clientes devam passar.

A terceira situação *Canal Múltiplo, Atendimento Único*, essa situação é aquela na qual a fila é uma só, mas o cliente se dirige para o posto que esteja vago. Todos os postos realizam o mesmo tipo de atendimento. Um exemplo dessa situação é o que ocorre nos bancos, caixas em magazines.

A quarta situação é *Canal Múltiplo, Atendimento Múltiplo*, nessa situação o atendimento é feito em mais de um estágio e o cliente é atendido, em cada estágio, pelo posto que está vago. Em cada estágio, existe mais de um posto de atendimento, onde ambos realizam a mesma função. Como exemplo podemos utilizar o leitor do ambulatório pediátrico, mas admitindo que as medidas iniciais no consultório pode ser realizado por duas enfermeiras de forma independente, ou seja, o cliente é atendido por aquela que estiver disponível no momento e que, de mesmo modo, a consulta será realizada por dois médicos, dirigindo-se o cliente para aquele que esteja livre no momento.

e) **Comportamento do Atendimento**

Para Moreira (2007), Chamamos de *taxa de atendimento* ao tempo que um posto de serviço demora para atender um cliente. A taxa de atendimento de um posto de trabalho pode se comportar de forma *determinística ou probabilística*.

Quando o posto de serviço consegue atender exatamente o mesmo número de clientes dentro de uma unidade de tempo especificada. Dizemos que a taxa de atendimento será constante, e o posto de serviço comporta-se deterministicamente.

Há outras situações, em que o tempo de atendimento se altera de um cliente para outro, nesse caso a taxa de atendimento é variável, e assumindo que ela irá se distribuir segundo alguma distribuição de probabilidade adequada. Dizemos então que o posto de serviço comporta-se probabilisticamente.

2.5.3 Terminologias e considerações para modelos de filas

Para uma melhor compreensão será definido alguns termos essenciais para os problemas com filas, essas terminologias são utilizadas para todos os modelos de filas aqui representados.

Cientes: Aquele que chega e deseja atendimento;

Fila: É o número de clientes que estão aguardando atendimento;

Canal de atendimento: Processo ou sistema que vai realizar o atendimento do cliente;

Tamanho da População: É o tamanho do grupo de clientes. Se o número de clientes for menos de 30, chamaremos a população de finita, caso seja maior que 30 consideraremos uma população infinita.

$N(t)$: é o número de clientes na fila no instante t ($t \geq 0$);

$P_n(t)$: é a probabilidade de exatamente n clientes no sistema de filas no instante t , dado o número no instante 0.

P_n : probabilidade de exatamente n clientes se encontrarem no sistema de filas;

P_0 : Probabilidade do sistema está vazio;

k : número de atendentes (canais de atendimento paralelos) no sistema de filas.

λ_n : é a taxa média de chegada (número de chegadas esperado por unidade de tempo) de novos clientes quando n clientes se encontram no sistema.

μ_n : é a taxa média de atendimento, número de clientes que estão sendo atendidos num determinado período de tempo;

Número esperado na fila: É o número de cliente que aguarda atendimento. É representado por **L_q** .

Número esperado no sistema: É o número esperado de clientes que estejam esperando na fila ou que estejam sendo atendido. É representado por **L**.

Tempo esperado na fila: É o tempo individual que cada cliente aguarda na fila, excluindo o tempo de atendimento. É representado por **Wq**.

Tempo de sistema esperado: É o tempo de espera no sistema incluindo o tempo de atendimento para cada cliente individual. É representado por **W**.

Segundo Hillier e Lieberman (2013), os modelos serão considerados válidos depois que entrarem num estado estável, considera-se um sistema estável aquele que após ter decorrido tempo suficiente, o estado do sistema se torna basicamente independente do estado inicial e o tempo decorrido, na qual a distribuição probabilística do estado do sistema permanece a mesma ao longo do tempo, onde seu fator de utilização deve ser inferior a 1 ($\rho \leq 1$).

2.5.4 Modelos de filas

De acordo com Marins (2011), antes de se iniciar o estudo dos modelos de filas, deve-se apresentar a notação de Kendall, que é universalmente adotada nos modelos de filas. Segundo a notação de Kendall, um modelo de filas é descrito por uma sucessão de símbolos, colocados em campos delimitados por barras inclinadas.

Essa notação é representada como:

$$A/B/s/K/N/Z$$

Onde:

A: representa a distribuição dos intervalos entre chegadas;

B: representa a distribuição do tempo de atendimento;

s: indica o número de atendentes disponíveis;

K: indica a restrição sobre a capacidade máxima do sistema;

N: indica o tamanho da população;

Z: indica a disciplina do atendimento.

No entanto, quando utilizada a notação de Kendall em que a capacidade é ilimitada, a população infinita é a disciplina FIFO, os três últimos símbolos, K, N e Z podem ser omitidos. As letras da notação de Kendall podem mudar dependendo do autor, mas, posição de onde cada letra esteja, vai determinar seu significado.

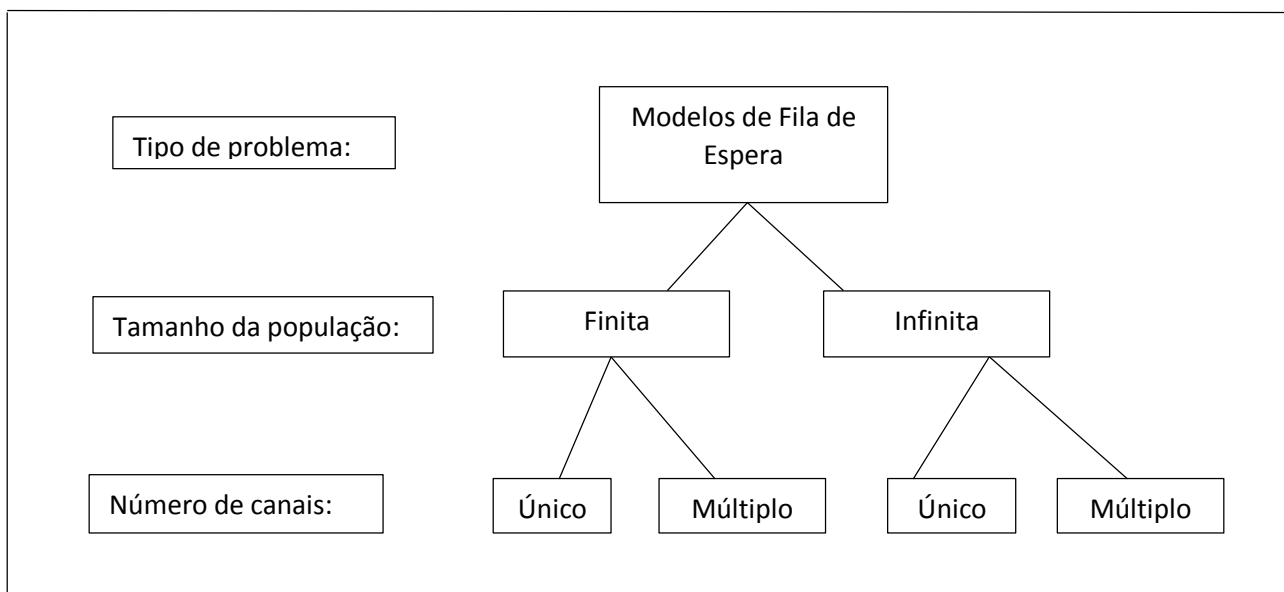
De acordo com Marins (2011), todos os modelos têm o objetivo de gerar quatro variáveis de decisão importantes para a análise de desempenho do sistema, são elas:

- (1) Tempo que um cliente permanece na fila; (W_q)
- (2) Número de clientes na fila; (L_q)
- (3) Tempo que um cliente permanece no sistema; (W)
- (4) Número de clientes no sistema; (L)
- (5) Ociosidade dos atendentes. (P_o)

Os modelos mais utilizados na Teoria das Filas se baseiam no processo de nascimento-e-morte e se diferenciam de acordo com as hipóteses de como suas taxas de chegada (λ) e de atendimento (μ) variam.

A Figura 4 mostra os modelos de filas divididos em classes de acordo com o tipo de problema tratado no respectivo modelo.

Figura 4- Modelos de Fila de Espera



Fonte – Adaptado de Shamblim, J.E. e Stevens Jr., G.T., (1979)

De acordo com a Figura 4, percebemos que de acordo com os modelos de fila, a população pode ser finita ou infinita, e em ambos os tipos de população os canais de atendimento podem ser único ou múltiplo. Este trabalho ficará restrito há filas de espera com população infinita.

Os modelos que serão mostrados a seguir possuem a simbologia “M” (que representam o processo de chegadas com distribuição de probabilidades Poisson, e o processo de atendimento com distribuição de probabilidades Exponencial para os tempos de serviço) e “Ek” (que representa a distribuição de Erlang com parâmetro k).

2.5.4.1 Filas de Espera com População Infinita e Canal de Atendimento Único (M/M/1)

Vamos considerar que a fila de espera possui o canal de atendimento mais simples, o canal único, aquele que possui apenas um atendente e disciplina de atendimento FIFO, ou seja, o primeiro cliente a chegar é o primeiro a sair. Nesse modelo considera-se a fila infinita e estado estável no sistema, com população infinita. Utilizando a nomenclatura de Stevens Jr. e Shamblim (1979), temos sete equações básicas que podem ser utilizadas para a resolução desse tipo de problema.

A probabilidade de um sistema está ocupado ou da utilização de um sistema é representado por:

$$\rho = \lambda/\mu$$

Onde:

ρ = Representa a utilização do sistema,

λ = Representa a taxa de chegada por unidades em um determinado período de tempo,

μ = Representa a taxa de atendimento por unidade em um determinado período de tempo.

As equações a seguir serão válidas quando $\lambda/\mu < 1$, sendo assim temos:

Quadro 1- Equações para o modelo M/M/1

Indicadores	Equações
Probabilidade do sistema está vazio ou ocioso	$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \quad \text{Eq.(9)}$
Número esperado de clientes na fila	$Lq = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu + \lambda)} \quad \text{Eq.(10)}$
Número esperado de clientes esperando no sistema	$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad \text{Eq.(11)}$
Tempo de espera na fila	$Wq = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad \text{Eq.(12)}$
Tempo de espera no sistema	$W = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad \text{Eq.(13)}$

Fonte- Elaborado pela autora (2017)

2.4.5.2 Filas de Espera com população infinita e canal de atendimento múltiplo (M/M/k)

Esse modelo é aplicado em problemas de filas que envolvem população infinita, canal de atendimento múltiplo ou seja, aquele com mais de um atendente e com disciplina de atendimento FIFO, onde os valores de λ e μ não serão sempre constantes.

De acordo com os autores Hillier e Lieberman (2013), o modelo M/M/k baseia-se na hipótese que todos os tempos entre atendimentos sejam distribuídos de forma independente idêntica seguindo uma distribuição exponencial (isto é, o processo de entrada é de Poisson), que todos os tempos de atendimento sejam distribuídos de forma independente e idêntica de acordo com outra distribuição exponencial e que o número de atendentes seja k (qualquer inteiro positivo).

Sendo assim, ainda utilizando a nomenclatura de Stevens Jr. e Shamblim (1979), temos as seguintes equações:

Quadro 2- Equações para o modelo M/M/k

Indicadores	Equações
Probabilidade do sistema está vazio	$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{k-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] + \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{k\mu}{k\mu - \lambda}}$ Eq.(14)
Probabilidade que uma chegada tenha que esperar	$P_k = \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{k\mu}{k\mu - \lambda} P_0$ Eq.(15)
Número de clientes esperando no fila	$L_q = \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^k P_0}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2}$ Eq.(16)
Número de clientes esperando no sistema	$L = \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^k}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$ Eq.(17)
Tempo de espera na fila	$W_q = \frac{\mu(\lambda/\mu)^k P_0}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2}$ Eq.(18)
Tempo de espera no sistema	$W = \frac{\mu(\lambda/\mu)^k P_0}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2} + \frac{1}{\mu}$ Eq.(19)

Fonte- Elaborado pela autora (2017)

Nesse modelo para que o sistema esteja estável é necessário que:

$$\rho = \frac{\lambda}{k\mu} < 1 \quad \text{Eq.(20)}$$

Onde:

λ é a taxa média de chegada dos clientes;

μ : É a taxa de atendimento de um canal único, nesse caso, supõe que todos os μ sejam iguais;

ρ : é o fator de utilização do sistema;

K : É o número de canais de atendimento.

2.4.5.3 Modelo M/Ek/s e M/Ek/1

Outro tipo de distribuição de tempos de atendimento é a **Distribuição de Erlang**, recebe esse nome em homenagem ao fundador da teoria das filas, Agner Krarup Erlang. A função densidade probabilística de Erlang é:

$$f(t) = \frac{(\mu k)^k}{(k-1)!} t^{k-1} e^{-k\mu t}, \quad \text{para } t \geq 0 \quad \text{Eq.(21)}$$

Na distribuição de Erlang os parâmetros utilizados são μ e k , onde μ representa a taxa média de atendimento e k é o parâmetro que especifica o grau de variabilidade dos tempos de atendimento relativos à média. Ambos os parâmetros da distribuição devem ser estritamente positivos e, além disso, k também restringe-se a ser inteiro.

Segundo Hillier e Lieberman (2013), “A distribuição de Erlang também é muito útil, pois ela é uma grande (dois parâmetros) família de distribuições que permite somente valores não negativos. Assim, distribuições de tempo de atendimento empíricas podem normalmente ser razoavelmente aproximadas por uma distribuição de Erlang”.

Nesse contexto, temos que a distribuição exponencial é um caso especial da distribuição de Erlang com $K = 1$ e $K = \infty$, os valores de k fornecem a média = $1/\mu$, variância = $1/(k\mu^2)$ e moda = $(k-1) / (k\mu)$. Com a estimativa da média e variância de um distribuição empírica de tempos de atendimento, essas formulas de média e variância podem ser usadas para escolher o valor inteiro de k que se aproxime das estimativas.

Considerando o modelo M/Ek/1, onde os tempos de atendimento possuem uma distribuição com parâmetro k , e utilizando um atendente temos as seguintes equações:

Quadro 3- Equações para o modelo M/Ek/1

Indicadores	Equações
Número de clientes esperando na fila	$Lq = \frac{1+k}{2k} \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}$ Eq.(22)
Número de clientes esperando no sistema	$L = \lambda W$ Eq.(23)
Tempo de espera na fila	$Wq = \frac{1+k}{2k} \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)}$ Eq.(24)
Tempo de espera no sistema	$W = Wq + \frac{\lambda}{\mu}$ Eq.(25)

Fonte- Elaborado pela autora (2017)

Para o modelo M/Ek/s, com vários atendentes, a relação da distribuição de Erlang para a distribuição exponencial que descrita anteriormente pode ser explorada para formular um processo de nascimento-e-morte modificado (cadeia de Markov de tempo contínuo) em termos de fases de atendimento exponenciais individuais (k por cliente) em vez de clientes completos. Nesse caso, não foi possível derivar uma solução de estado estável genérica para $\rho = \lambda/s\mu$, para isso são necessárias teorias avançadas para resolver numericamente cada caso (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada na pesquisa, introduzindo informações sobre o tipo de pesquisa, os instrumentos de coleta, tratamento dos dados e a caracterização da amostra.

Os procedimentos metodológicos contêm o plano de ação do pesquisador com detalhes suficientes para a compreensão do modo como os dados e as informações serão colhidos. Deve ficar claro cada passo, em que ordem cada passo será/foram dados e que base eles serão colhidos. No instrumento será especificado e descrito todo o material coletado e como se relaciona com as variáveis que foram determinadas. (FARIAS FILHO; ARRUDA FILHO, 2015).

Para Gil (2008), pode-se definir método como caminho para se chegar a determinado fim. E método científico como conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para se atingir o conhecimento.

Não se cria um método, a escolha do método depende exclusivamente do objeto de estudo. Em geral o método é a ordem que se deve seguir, para alcançar os objetivos da pesquisa. Essa pesquisa seguirá o método científico, utilizando de observações, comparações e análises na resolução dos problemas

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa surge através da inexistência de informações que justifique o problema, ou que as informações disponíveis não estejam adequadamente relacionadas ao problema. A classificação da pesquisa é a parte mais sensível da metodologia, ela permite verificar quais os procedimentos metodológicos mais adequados ao estudo.

Existem diversos aspectos para se classificar uma pesquisa. No entanto, as formas clássicas de classificação está relacionada a natureza, a abordagem, aos objetivos e ao procedimento técnico. O Quadro 4 a seguir representa como pode ser classificada a pesquisa diante desses aspectos.

Quadro 4- Tipos de pesquisas

Aspectos	Classificação
Natureza	Básica
	Aplicada
Abordagem	Quantitativa
	Qualitativa
Objetivos	Exploratória
	Descritiva
	Explicativa
Procedimentos Técnicos	Bibliográfica
	Documental
	Experimental
	Levantamento
	Estudo de Caso
	Expost-Facto

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

De acordo com o Quadro 4, essa pesquisa é de natureza **aplicada**, onde deseja-se adquirir conhecimentos para uma aplicação prática com a finalidade de encontrar soluções para o problema, os resultados obtidos poderão ser utilizados pela empresa na tentativa de melhorar o desempenho e a qualidade de seus serviços. A abordagem da pesquisa se mostra **qualitativa e quantitativa**.

Em relação aos objetivos a pesquisa classifica-se como **descritiva**, porque analisa o comportamento da fila do restaurante universitário, utilizando a coleta de dados. Pois segundo Gil (2009), a pesquisa descritiva tem como objetivo primordial a descrição das

características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. E **exploratória**, levando em consideração que a empresa objeto de estudo se trata de uma instituição pública, cujo volume de publicações sobre a empresa é escasso, sendo necessário um estudo aprofundado e investigativo para à obtenção das informações. Onde para Gil (2009), as pesquisas exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Como procedimento técnico a presente pesquisa inicialmente pode ser classificada como **bibliográfica**, devido a necessidade de utilizar livros, artigos e outros documentos, para uma melhor familiaridade com o objeto de estudo e aprofundamento da Teoria das Filas, proporcionando uma melhor compreensão do estudo.

Para Gil (2009), o estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado. Assim, de um forma mais específica essa pesquisa quanto ao seu procedimento técnico, é classificada como um **estudo de caso**.

A realização desta pesquisa visa analisar o comportamento do fluxo de atendimento do serviço de almoço de um restaurante universitário, com o objetivo de aplicar um modelo de teoria das filas detectando os possíveis problemas e gerando soluções.

3.2 INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS

A coleta de dados envolve diversos passos, como a determinação da população a ser estudada, a elaboração do instrumento de coleta, a programação da coleta e também o tipo de dados e de coleta. (CERVO; BERVIAN; DA SILVA, 2007).

A definição do instrumento de coleta de dados dependerá dos objetivos que se pretende alcançar com a pesquisa do universo a ser estudado. O instrumento de coleta de dados deve proporcionar uma interação entre o informante e a pesquisa que está sendo realizada (SILVA; MENEZES,2005). Os instrumentos de análise dessa pesquisa estão representados a seguir, no Quadro 5.

Quadro 5: Metodologia Utilizada

Objetivo	Ferramenta de Análise	Atividades Desenvolvidas	Instrumento de Coleta
Análise do Fluxo de atendimento	<i>Block Layout</i> (layout em blocos)	- Registrar a sequência do fluxo. - Registrar as informações coletadas com os entrevistados;	-Observação indireta participante sistemática - Entrevistas semi estruturadas
Coletar a Taxa de Chegada	Cronometragem	Registrar a frequência de chegada dos usuários.	Observação indireta participante sistemática
Coletar a Taxa de Atendimento	Cronometragem	- Registrar o tempo que o usuário leva para se servir	Observação indireta participante sistemática
Mensurar o tempo de espera da fila	Cronometragem	- Registrar o tempo de espera na fila até o atendimento	Observação indireta participante e sistemática
Proposta de solução	Modelo de filas M/M/k	Projetar novos cenários com base no modelo aplicado	Cálculo dos novos Parâmetros do modelo de fila

Fonte: Adaptado de Santos; Gohr; Laitano (2012)

O Quadro 5 mostra os objetivos específicos dessa pesquisa, relacionados respectivamente com seu instrumento de coleta, ferramenta de análise, e as atividades desenvolvidas, cada instrumento foi escolhido de forma à atender cada um de seus respectivos objetivos.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico dos assuntos expostos no capítulo do Referencial Teórico para uma melhor compreensão dos temas. Em seguida, foram realizadas visitas ao restaurante universitário para a coleta dos dados, registrando-se o número de chegada dos clientes por minuto e o tempo de atendimento em que ocorreram, por meio de observação indireta participante da pesquisadora (Apêndice B), com o auxílio de cronômetros para a precisão dos dados. Enquanto que, para a análise do fluxo de atendimento foi utilizado além da observação indireta participante da pesquisadora, entrevistas semi estruturada (Apêndice

A) para interagir com os funcionários dos setores: portaria, abastecimento, manutenção e superintendência.

A entrevista com a funcionária da portaria permitiu conhecer todo o controle de acesso de entrada do refeitório II. Enquanto que, as entrevistas realizadas com o superintendente e o técnico de refrigeração do setor de manutenção foram essenciais para conhecer toda a origem e organização administrativa da empresa. Já a entrevista com o funcionário da empresa terceirizada responsável pelo abastecimento dos *buffets*, foi importante para conhecer toda a rotina do serviço de almoço.

Os dados foram coletados diariamente durante o período da pesquisa. Em contrapartida, com a necessidade de obter maiores informações sobre o objeto de estudo, foram utilizadas fontes secundárias como pesquisas bibliográficas e alguns relatórios, os relatórios foram elaborados pelo próprio superintendente do restaurante.

3.3 TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados foram analisados e organizados de maneira qualitativa e quantitativa. O dados coletados com o número de chegada de clientes à fila e o tempo de atendimento, foram organizados e armazenados em tabelas eletrônicas do *Microsoft Excel*®, existe outras ferramentas utilizadas para o controle de dados mas, o *Excel*® supriu as necessidades desta pesquisa. Os dados coletados servirão de base na determinação dos parâmetros λ e μ , ou seja, da taxa média de chegada e da taxa média de atendimento, respectivamente, esses parâmetros serão utilizados no modelo de teoria das filas escolhido.

Para a determinação do número de amostras necessárias para a taxa de chegada e de atendimento foi utilizada a formula a seguir, baseada na calculadora amostral online desenvolvida por Santos (2017):

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p) + e^2 \cdot (N - 1)}$$

Onde:

n = amostra calculada

N = população

Z = variável normal padronizada associada ao nível de confiança

p = verdadeira probabilidade do evento

e = erro amostral

Para a determinação da população foi utilizado o número máximo de refeições diárias de almoço servidas no refeitório II, totalizando uma população de 2000 pessoas e foi utilizado o nível de confiança de 95%.

Finalmente, será realizada uma análise na dinâmica atual das filas do refeitório II aplicando-se o modelo de filas adequado, propondo-se cenários de melhorias e plano de ação para a implantação do cenário escolhido, buscando proporcionar um melhor desempenho do serviço oferecido, minimizando principalmente o tempo de espera nas filas e assim melhorar o atendimento a seus usuários. Para a construção dos cenários foi levado em consideração o novo fator de utilização encontrado em cada proposta, também foi desenvolvido um plano de ação com base na tabela do modelo 5W2H.

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

As coletas foram realizadas do dia 3 de Abril de 2017 à 25 de Abril de 2017, as variáveis escolhidas para o estudo foram: o fluxo de atendimento, a taxa de chegada, a taxa de atendimento e o tempo de espera na fila. Para uma melhor análise, a coleta dos dados foi separada por variável, sendo realizada em dias úteis e horários alternados.

Para cada variável em estudo, foram realizadas 5 coletas diárias, gerando um média diária. Com exceção da análise do fluxo, que foi realizada apenas por observação não participativa e sistêmica.

Utilizando a calculadora online amostral para simular o número necessário de amostra, o resultado obtido foi de 130 amostras. Foram coletadas ao todo nesta pesquisa 200 amostras, como de acordo com a calculadora online amostral o mínimo de amostras seria de 130 amostras o número de amostras utilizadas nesta pesquisa é suficiente.

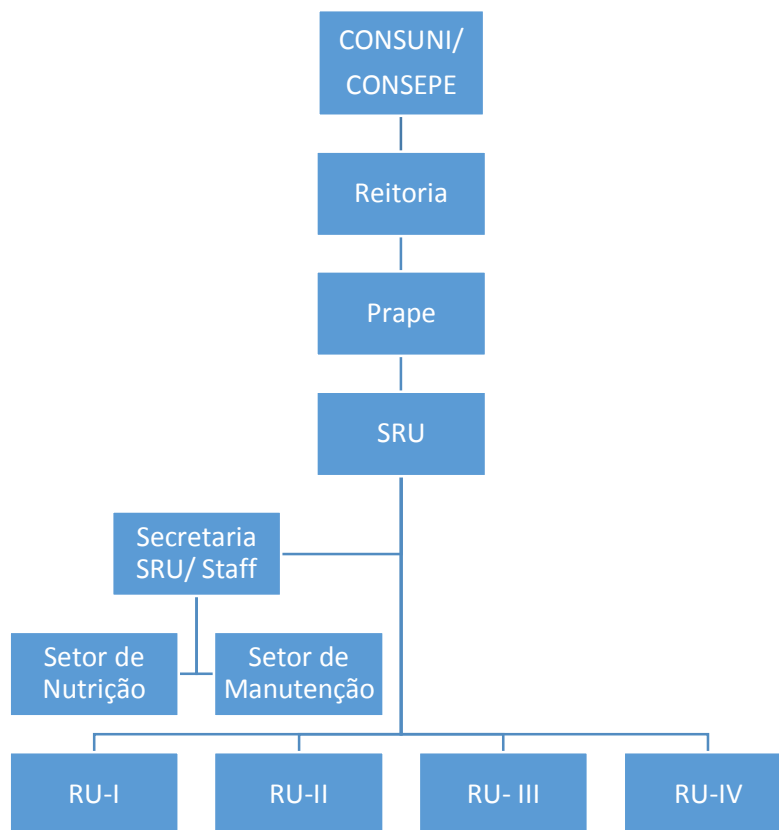
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo é exposto informações sobre a empresa objeto de estudo juntamente com a análise dos resultados obtidos com a pesquisa. A intenção desse capítulo é responder aos objetivos gerais e específicos citados no início da pesquisa, propondo soluções para a empresa.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE DE PESQUISA

A empresa selecionada para o estudo de caso foi o Restaurante Universitário I (RU-I), localizado na sede da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no Campus I, em João Pessoa. Para sua escolha foi levado em consideração alguns fatores como: disponibilidade da empresa, localização e demanda. A universidade é uma instituição de ensino superior pública, conhecida por sua excelência no ensino, além do RU-I, a instituição conta com mais quatro restaurantes distribuídos nos demais campi da universidade.

A Figura 5 a seguir representa o organograma geral dos Restaurantes Universitários.

Figura 5 - Estrutura Organizacional Geral do Restaurante Universitário

Fonte - Elaborado pela autora (2017)

O restaurante universitário I, é o maior entre os demais restaurantes universitários da UFPB, fundado em 1974, contando com dois refeitórios, o refeitório I e o refeitório II, para servir cerca de 3.940 refeições diárias distribuídas entre desjejum, almoço, jantar e ceia noturna. Para o desjejum e a ceia noturna são servidas 940 refeições diárias, sendo 470 refeições para cada, essas refeições são servidas apenas para alunos beneficiados com a residência universitária. Para o jantar são servidas até 1000 refeições diárias e para o almoço até 2000. Para atender essa demanda o RU-I, possui cerca de 26 funcionários gerenciados pela Superintendência de Restaurantes Universitários (SRU), um órgão vinculado à Pró-Reitoria de Assistência e Promoção ao Estudante – PRAPE/UFPB, e ainda conta com a secretaria da SRU, que auxilia no controle da demanda. Além disso, os refeitórios do restaurante são administrados por uma empresa terceirizada, sendo esta responsável pela preparação das refeições e pela organização e limpeza do refeitório. A empresa possui total autonomia em suas atividades dentro dos refeitórios.

Dentre os serviços oferecidos pelo RU-I, o serviço de almoço é o que possui maior demanda, cerca de 2000 refeições diárias ocasionando um grande fluxo de pessoas, em ambos os refeitórios, vale ressaltar que, o refeitório II é o mais amplo e ventilado, sendo ele o de maior procura pelos usuários. O refeitório II é aberto para o serviço de almoço das 10h e 30 min às 13h e 30 min. Com uma grande demanda o refeitório II é alvo de reclamações constantes devido à suas filas de espera.

Nesse contexto, o objeto de estudo foi delimitado à análise das filas de atendimento do serviço de almoço do refeitório II no restaurante universitário – UFPB, por meio de observações e aplicação de um modelo de filas adequado. Buscando uma proposta de melhoria para o serviço oferecido pela empresa.

4.2 MODELO ESCOLHIDO PARA APLICAÇÃO

Levando em consideração a dinâmica das filas do refeitório II, objeto de estudo da presente pesquisa, o modelo de filas *Canal único Atendimento múltiplo* (M/M/k), é o que representa o serviço do RU para ser aplicado. Para a utilização desse modelo é necessário que o objeto de estudo apresente por hipóteses as características abaixo:

- Ter uma população infinita;
- Possuir mais de um canal de atendimento, canal múltiplo;
- Fila única;
- Disciplina de fila FIFO;
- Taxa de chegada e Taxa de atendimento independentes;
- Seguir uma distribuição de chegada por Poisson;
- Seguir uma distribuição de atendimento exponencial.

Depois de satisfazer as características citadas anteriormente, deve-se mensurar os seguintes parâmetros:

K = representa o número de canais de atendimento;

λ = representa a taxa de chegada de clientes,

μ = representa a taxa de atendimento de um canal único, nesse caso, com vários canais de atendimento, supõe que todos os μ sejam iguais.

Em seguida, os parâmetros λ , μ e k , são utilizados nas fórmulas expostas no Quadro 6 a seguir.

Quadro 6 - Fórmulas para o modelo M/M/k

Indicadores	Equações
Probabilidade do sistema está vazio	$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{k-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] + \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{k\mu}{k\mu - \lambda}}$ <p style="text-align: center;">Eq.(14)</p>
Probabilidade que uma chegada tenha que esperar	$P_k = \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{k\mu}{k\mu - \lambda} P_0$ <p style="text-align: right;">Eq.(15)</p>
Número de clientes esperando no fila	$L_q = \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^k P_0}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2}$ <p style="text-align: right;">Eq.(16)</p>
Número de clientes esperando no sistema	$L = \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^k}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$ <p style="text-align: center;">Eq.(17)</p>
Tempo de espera na fila	$W_q = \frac{\mu(\lambda/\mu)^k P_0}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2}$ <p style="text-align: right;">Eq.(18)</p>
Tempo de espera no sistema	$W = \frac{\mu(\lambda/\mu)^k P_0}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2} + \frac{1}{\mu}$ <p style="text-align: right;">Eq.(19)</p>

Fonte - Elaborado pela autora (2017)

As fórmulas representadas no Quadro 6, permite um estudo da capacidade do sistema, elas determinam se o sistema está operando abaixo ou acima de sua capacidade de atendimento. Além disso, permitem mensurar o tempo que um cliente aguarda na fila e/ou no sistema para ser atendido, bem como o número de clientes que aguardam esse atendimento.

O tamanho da fila do refeitório II, não interfere numa nova chegada de cliente, sendo assim, sua população é considerada infinita, sua fila se caracteriza como fila única, seguindo o modelo de disciplina FIFO, ou seja, o primeiro cliente a entrar é o primeiro a

sair. Além disso, o refeitório conta com dois canais de atendimento, caracterizando o seu canal de atendimento como múltiplo, e considerando que cada um dos canais possuem a mesma capacidade de atendimento. Além disso, se tem por hipóteses que o processo de entrada das filas do refeitório II segue uma distribuição de Poisson e o atendimento segue uma distribuição exponencial. Nesse contexto, fica evidente que o refeitório II possui todas as condições necessárias para à aplicação do modelo M/M/k.

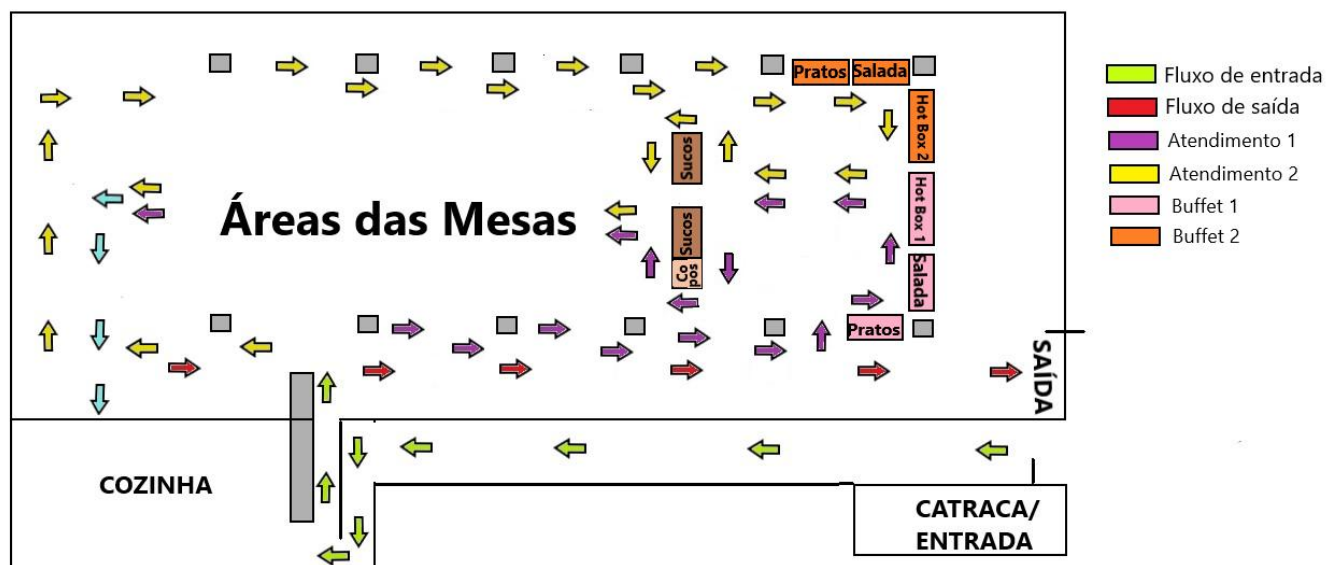
Para a coleta de dos tempos de chegada entre clientes e o tempo de atendimento, foi utilizado cronômetros e as coletas foram realizadas em dias alternados e em diferente horários de atendimento, com a finalidade de gerar dados mais próximos da realidade. Os dados coletados servirão de base na determinação dos parâmetros λ e μ , ou seja, da taxa média de chegada e da taxa média de atendimento, respectivamente.

Finalmente, será realizada uma análise comparando os resultados obtidos com a aplicação do modelo M/M/k na dinâmica atual das filas do refeitório II, com os cenários propostos. Propondo melhorias que aumente o desempenho do serviço oferecido e minimize o tempo de espera para o prestação do serviço.

4.3 ANÁLISE DO FLUXO DE ATENDIMENTO

O estudo de caso foi realizado no Restaurante Universitário da UFPB, ficando restrito ao serviço de almoço do Refeitório II. O estudo do fluxo de atendimento se iniciou através de visitas ao refeitório II, tendo duração de 5 dias úteis, de 3 à 7 de Abril de 2017, as observações tinham a finalidade de identificar o fluxo de pessoas e de atendimento, em conjunto foi analisado o *layout* atual, em seguida, através das visitas e das observações foi elaborado um *layout* em blocos, essa ferramenta permite uma melhor visualização do fluxo de atendimento no refeitório II. Como mostra a Figura 6 abaixo.

Figura 6 - Fluxo de atendimento do refeitório II



Fonte - Elaborado pela autora (2017)

De acordo com a Figura 6, observamos que o processo de atendimento se divide em:

- **Entrada dos clientes:** os alunos cadastrados são identificados na catraca através de sua matrícula no sistema. Em alguns momentos o sistema não reconhece o aluno, nesse caso, é necessário que a funcionária responsável pela catraca, veja através de uma lista se o aluno ainda não está cadastrado no sistema, mas, tem direito ao restaurante, ou se o aluno já perdeu o direito de acesso ao restaurante.
- **Canais de atendimento:** após ser identificado na catraca, o cliente tem a opção de escolher por dois canais de atendimento, representados pelos *buffet 1* e *buffet 2*, ambos possuem o mesmo cardápio. Cada *buffet* é composto por bancadas para o armazenamento de pratos, talheres, saladas, frutas e sobremesas, juntamente com um *hot box* para o aquecimento das cubas de arroz, macarrão, feijão e proteína. O serviço de atendimento do almoço é self-service, o cliente é quem escolhe seu prato e seus talheres, em seguida seus alimentos, apenas a proteína é servida pelos funcionários do restaurante. Por fim, o cliente escolhe o suco e senta em uma das mesas disponíveis.
- **Devolução:** ao término de sua refeição o cliente deve fazer a devolução dos pratos e talheres na cozinha.
- **Saída:** após a devolução dos pratos e talheres o cliente sai do refeitório.

O fluxo de pessoas é intenso dentro do refeitório II, de acordo com a Figura 6, podemos perceber que o fluxo de clientes chegando, se servindo, fazendo devolução dos pratos e saindo do refeitório gera cruzamentos. Além disso, o *layout* se encontra desorganizado, as mesas são muito próximas das filas, causando congestionamento e desconforto para os usuários que aguardam atendimento e para aqueles que já se encontram nas mesas.

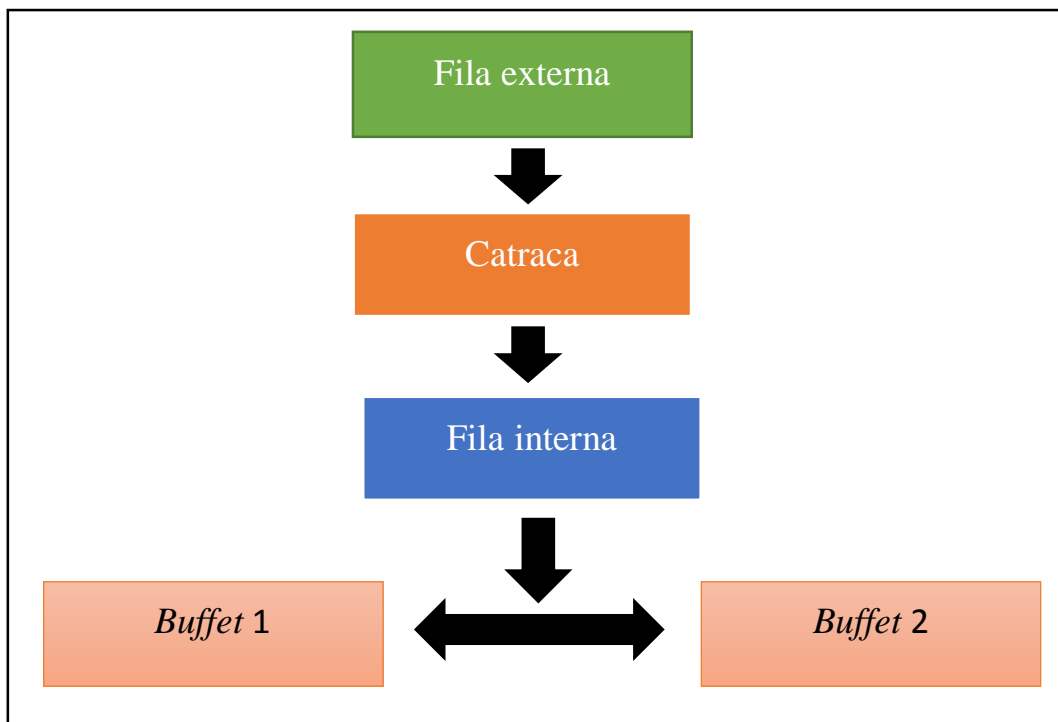
Um ponto a ser ressaltado é que mesmo o restaurante dispondo de mesas, o estudo da capacidade do mesmo não foi realizado nem considerado neste trabalho. Além disso, o tempo de permanência do cliente nas mesa também não foi levado em consideração, este trabalho restringiu-se a análise dos fluxos de pessoas e atendimento do refeitório II.

4.4 PARÂMETROS DA FILA

Antes de mensurar os índices da fila é preciso compreender sua dinâmica. As filas estão presentes no restaurante antes mesmo de sua abertura ao público, muitos clientes chegam cerca de meia hora antes da abertura do restaurante, na busca de ser atendido o mais breve possível. As filas ocupam a parte externa e interna dos refeitórios, em dias de pico, a fila interna ocupa grande parte do refeitório II, causando problemas na locomoção dos usuários, segundo os usuários, o tempo de espera é longo, gerando um transtorno para quem depende da refeição do restaurante universitário. Além disso, os comerciantes locais próximos ao restaurante também enfrentam problemas devido as filas externas, elas em alguns momentos são longas e ocupam à frente desses estabelecimentos atrapalhando o seu funcionamento.

Para uma melhor visualização das filas, estas foram representadas na Figura 7 abaixo:

Figura 7 - Organização das filas de atendimento do refeitório II



Fonte - Elaborado pela autora (2017)

De acordo com a Figura 7, percebemos que as filas começam antes da catraca, ou seja, fora do refeitório II, formando a fila externa, essa fila prossegue até o cliente ser identificado na catraca e adentrar o refeitório II, formando a fila interna. A fila interna segue para parte interna do refeitório II, onde este conta com dois postos de atendimento (*Buffet 1* e *2*), e o usuário tem a liberdade de escolher um dos dois postos caracterizando um atendimento múltiplo. Mesmo com a divisão do fluxo de entrada em fila externa e interna, observamos que essa divisão não interfere na característica da fila, que permanece única. Assim, comprovando que as filas do refeitório II obedece as características do modelo de fila *Canal único atendimento múltiplo*, onde a fila se mantém sequencialmente e o cliente se dirige aos *buffets*, cada uma das cubas dos *buffets* possuem um tipo de alimento e representam um posto de atendimento.

Para a aplicação do modelo de fila *Canal único atendimento múltiplo*, nas filas do refeitório II é necessário definir alguns parâmetros λ e μ , taxa de chegada e taxa de atendimento respectivamente. Para definir esses parâmetros foram feitas novas visitas com o objetivo de coleta de dados. Os dados coletados consiste no número de clientes

que chegam na fila de espera, tempo de espera na fila e o tempo de atendimento. As coletas foram realizadas durante 10 dias úteis, no período de 10 à 25 de Abril de 2017, cada visita tinham duração de quatro horas, durante essas horas eram feitas as coletas dos clientes que chegam na fila, tempo de atendimento e tempo de espera na fila. As coletas ocorreram de forma alternada, com a finalidade de garantir uma uniformidade dos dados coletados e proximidade com a realidade do restaurante. Vale ressaltar, que as coletas foram realizadas num período em que houve diversos feriados e a demanda do refeitório sofreu oscilações sendo assim, os valores obtidos podem ser atípicos da realidade, pois o comportamento dos usuários é variável, diante do curto tempo de análise. Os dados coletados foram divididos em tópicos para uma melhor compreensão da coleta e dos resultados.

4.4.1 Coleta da taxa de chegada

Para mensurar o número de clientes que chegam na fila, observando sempre o último cliente, foram feitas por dia, 5 cronometragens de um minuto cada, a soma dessas cronometragens geraram uma média diária. A média diária representa o número de clientes que chegaram na fila por minuto do referido dia. Os dados coletados estão representados no Quadro 7 a seguir:

Quadro 7 - Média da taxa de chegada

Dias	Média Diária de Chegadas
10/04/2017	8,2 min
11/04/2017	9,2 min
12/04/2017	6,4 min
13/04/2017	9 min
17/04/2017	6,4 min
18/04/2017	8 min
19/04/2017	8,4 min
20/04/2017	9,2 min
24/04/2017	8,6 min
25/04/2017	9,8 min
Média total	8,32 clientes/minuto

Fonte - Elaborado pela autora (2017)

De acordo com o Quadro 7, a média total representa o número médio de clientes que chegam ao refeitório II. É importante observar as unidades em que os dados se encontram, para não ocorrer erros em sua leitura. Concluímos então, que a taxa média de chegada do refeitório II é aproximadamente 8 clientes por minutos, ou seja, chega em média na fila 8 clientes a cada minuto, Assim temos:

$$\lambda = 8 \text{ clientes/minuto}$$

4.4.2 Coleta da taxa de atendimento

Levando em consideração que existe dois *Buffets* para atendimento e que o cliente opta por aquele que julga ser o mais rápido. Foram selecionados aleatoriamente e sequencialmente 30 clientes prestes a ser atendidos, afim de se obter por cronometragem o tempo que os 30 voluntários juntos levam para montar seus pratos. De forma idêntica à taxa de chegada, foram feitas 5 cronometragens fazendo rotação entre os dois postos de atendimento (*Buffet 1 e Buffet 2*), do tempo que os voluntários juntos levaram para montar seus pratos. Os tempos apurados geraram uma média. Os dados coletados estão representados no Quadro 8 a seguir:

Quadro 8 - Média da taxa de atendimento

Dias	Média do tempo de atendimento
10/04/2017	8 min
11/04/2017	7min
12/04/2017	10 min
13/04/2017	9,8 min
17/04/2017	11 min
18/04/2017	9 min
19/04/2017	8,8 min
20/04/2017	8 min
24/04/2017	8,2 min
25/04/2017	8,8 min
Média total	9 min

Fonte - Elaborado pela autora (2017)

Observando o Quadro 8, percebemos que a média total se refere ao tempo em que 30 clientes levam em média para ser atendidos. Para se obter o número de clientes que é atendido por minuto é necessário dividir o número de voluntários pela média do tempo total. Nesse contexto temos, que a taxa média de atendimento do refeitório II é aproximadamente 3,33 clientes por minutos, ou seja, em média são atendidos 3 clientes a cada minuto, Assim temos:

$$\mu = 3,33 \text{ clientes/minuto}$$

4.4.3 Mensuração do tempo de espera nas filas

As fila do refeitório II como já foi mencionado anteriormente, se divide em fila externa e interna. De forma semelhante as coletas da taxa de chegada e da taxa de atendimento, para mensurar o tempo de espera em ambas as filas, foi utilizado a técnica de cronometragem.

Para mensurar o tempo de espera na fila externa (antes da catraca) e interna (depois da catraca), foram selecionados cinco voluntários aleatórios, com intervalo de dez minutos entre eles e considerando sempre o último da fila. O tempo em que cada voluntário aguardava na fila externa e depois na fila interna foi cronometrado e a soma desses tempos geraram uma média diária.

Os dados coletados de ambas as filas se encontram nos Quadros 9 e 10 abaixo:

Quadro 9 - Média do tempo de espera na fila externa

Dias	Média do tempo de espera na fila externa
10/04/2017	14,8 min
11/04/2017	11 min
12/04/2017	5,2 min
13/04/2017	9 min
17/04/2017	12 min
18/04/2017	14,6 min
19/04/2017	11 min
20/04/2017	13,8 min
24/04/2017	10 min
25/04/2017	9,2 min
Média total	11,06 min

Fonte - Elaborado pela autora (2017)

Quadro 10 - Média do tempo de espera na fila interna

Dias	Média do tempo de espera na fila interna
10/04/2017	12 min
11/04/2017	12,8 min
12/04/2017	16 min
13/04/2017	15,2 min
17/04/2017	18,2 min
18/04/2017	13,8 min
19/04/2017	12,2 min
20/04/2017	18 min
24/04/2017	13 min
25/04/2017	15,2 min
Média total	14,64 min

Fonte - Elaborado pela autora (2017)

De acordo com a dinâmica do refeitório II, podemos considerar que a fila externa e a fila interna é um só. Portanto, somando-se as médias totais dos Quadros 9 e 10, temos por aproximação o tempo médio em que um cliente aguarda na fila até chegar nos *buffets*. Esse tempo está representado no Quadro 11 abaixo.

Quadro 11 - Tempo médio total de espera na fila

Média total fila externa	11 min
Média total fila interna	15 min
Tempo médio total de espera	26 min

Fonte - Elaborado pela autora (2017)

De acordo com o Quadro 11, o tempo médio em que um cliente aguarda nas filas para ser atendido é de 26 minutos. Lembrando que esse tempo é uma estimativa, foi mensurado de acordo com as condições em que se encontrava o fluxo do refeitório II no período da coleta, podendo haver discrepâncias entre o tempo estimado e o tempo real.

4.4.4 Aplicação do modelo Canal Único Atendimento Múltiplo (M/M/k)

Por fim, após as observações e coleta de dados, concluímos por hipóteses que a fila do refeitório II, segue uma distribuição exponencial e de Poisson, com disciplina de fila FIFO (primeiro a entrar, primeiro a sair), sendo sua fila única, com múltiplos canais de atendimento. Sendo assim, os dados mensurados como a taxa de chegada (λ) e a taxa de atendimento (μ), servem de parâmetros para o modelo.

Inicialmente foi calculado o estado de estabilidade do sistema, através do fator de utilização ρ dado pela Eq. (20) e a probabilidade do sistema está vazio P_0 dada pela Eq. (14), como representado no Quadro 12 abaixo, através da coleta de dados temos:

Quadro 12 - Parâmetros do modelo M/M/K

Parâmetros	Valores
λ	8 clientes/minuto
μ	3,33 clientes/minuto
k	2
$\rho = \frac{\lambda}{k\mu} < 1$	1, 21 ou 121 %
$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{n=k-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] + \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{k\mu}{k\mu - \lambda}}$	- 0,09 0u - 9%

Fonte - Elaborado pela autora (2017)

Onde:

λ = taxa média de chegada de clientes;

μ = taxa média de atendimento

k = número de canais de atendimento

Observando os resultados obtidos no Quadro 12, constatamos que o refeitório II está trabalhando acima de sua capacidade, pois o fator de utilização ρ é maior do que 1, isso demonstra que os canais de atendimento existentes já chegaram ao limite de sua capacidade de atendimento. Além disso, $\mu < \lambda$, e $P_0 < 0$, o que inviabiliza os cálculos matemáticos, contrariando a hipótese da teoria das filas. Concluindo que, os canais de atendimento existentes são insuficientes para atender a demanda sendo necessário para a utilização da teoria das filas $k \geq 3$.

4.5 PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Diante da impossibilidade da utilização da teoria das filas e das equações do modelo *Canal Único Atendimento Múltiplo* no cenário atual do refeitório II, ficou comprovado que os dois canais de atendimento utilizados para atender a demanda do refeitório II é insuficiente. Sendo necessário $k > 2$ para a utilização da hipótese da teoria das filas.

Com a finalidade de melhorar o atendimento do refeitório II e utilizar as hipóteses da teoria das filas, foi desenvolvido o estudo do modelo *Canal Único Atendimento Múltiplo*, considerando que o refeitório tenha 3 ou 4 canais de atendimento, ou seja, $K = 3$ e $K = 4$, respectivamente. Para esse estudo foi utilizado os mesmos parâmetros coletados anteriormente a taxa média de chegada e a taxa média de atendimento. Assim temos são:

$\lambda = 8$ clientes/minuto

$\mu = 3,33$ clientes/minuto

O parâmetro alterado foi apenas o k , que representa o número de canais de atendimento, onde para esse estudo foi considerados os seguintes valores:

$$k = 3$$

$$k = 4$$

No estudo da projeção dos cenários com $k = 3$ e $k = 4$, foram utilizadas as equações do modelo *Canal Único Atendimento Múltiplo*, para avaliar a capacidade do sistema em cada um desses cenários. As equações e seus respectivos resultados estão representados no Quadro 13 abaixo:

Quadro 13: Indicadores de desempenho do modelo M/M/k

Indicadores	Equação	K = 3	K = 4
Probabilidade do sistema está vazio	$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{k-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] + \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{k\mu}{k\mu - \lambda}}$	0,056 ou 5,6%	0,083 ou 8,3%
Probabilidade que uma chegada tenha que esperar	$P_k = \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{k\mu}{k\mu - \lambda} P_0$	0,65 ou 65%	0,29 ou 29%
Número de clientes esperando no fila	$L_q = \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^k P_0}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2}$	2,6 cliente/ minuto	0,43 cliente/ minuto
Número de clientes esperando no sistema	$L = \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^k}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$	5 clientes/ minuto	2,8 cliente/ minuto
Tempo de espera na fila	$W_q = \frac{\mu(\lambda/\mu)^k P_0}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2}$	0,325 minutos	0,054 minutos
Tempo de espera no sistema	$W = \frac{\mu(\lambda/\mu)^k P_0}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2} + \frac{1}{\mu}$	0,625 minutos	0,354 minutos
Fator de Utilização	$\rho = \frac{\lambda}{k\mu}$	0,80 ou 80%	0,60 ou 60%

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

Observamos anteriormente que com $k = 2$, a probabilidade de que o sistema estivesse vazio (P_0), era um valor negativo, ou seja, $P_0 < 0$, simbolizando que o sistema sempre estaria cheio. A ampliação do número de canais de atendimento, como mostra o Quadro 13, possibilitou à aplicação do modelo *Canal Único Atendimento Múltiplo*. Além disso, a probabilidade do sistema está vazio em $K = 3$ e $K = 4$ deram valores positivos demonstrando que em algum momento o sistema poderá está vazio.

O Quadro 13 também mostra os valores da probabilidade de que uma chegada tenha que esperar (P_k); o número de clientes na fila (L_q); o número de clientes no sistema (L); o tempo de espera na fila (W_q); o tempo de espera no sistema (W); e o fator de utilização (ρ), esses valores se reduzem a medida que aumentamos o número de canais de atendimento. Os resultados obtidos não refletem a realidade total do refeitório II, tendo em vista, que o tempo médio de permanência de um cliente na fila de espera é cerca de 26 minutos, esse tempo demonstra que existem outros fatores afetando o fluxo de atendimento.

Dentre os fatores que podem afetar o processo de atendimento e ocasionar esse longo tempo de espera são: identificação do cliente na catraca, reabastecimento dos alimentos nos *buffets*, reposição de pratos e talheres, desorganização do *layout*, planejamento de demanda e fatores comportamentais, como a chegada de pessoas em vários locais da fila (o famoso furar fila), desrespeitando a disciplina da fila FIFO (primeiro a entrar, primeiro a sair), esses fatores não foram considerados no estudo atual. Para futuros estudos, esses fatores podem ser considerados para a elaboração de um modelo mais preciso que poderá ser utilizado à longo prazo pela empresa.

Apesar das limitações, o modelo gerado, obteve resultados significativos. Onde utilizando esses resultados e levando em consideração o fator de utilização (ρ) (que representa a fração média do tempo que o servidor está ocupado), o número de canais de atendimento, a taxa de chegada (λ), a taxa de atendimento (μ) e a probabilidade do sistema está vazio (P_0) foi desenvolvido os seguintes cenários, representados no Quadro 14 abaixo:

Quadro 14 - Cenários da capacidade de atendimento do refeitório II

Parâmetros	Cenário Atual	Cenário Ideal	Cenário Ótimo
λ	8 clientes/minuto	8 clientes/minuto	8 clientes/minuto
μ	3,33 clientes/minuto	3,33 clientes/minuto	3,33 clientes/minuto
K	2	3	4
P_0	-0,09 ou -9%	0,056 ou 5,6%	0,083 ou 8,3%
ρ	1,21 ou 121%	0,80 ou 80%	0,60 ou 60%

Fonte - Elaborado pela autora (2017)

Vale ressaltar, que as taxa de chegada e de atendimento não foram alteradas, permaneceram as mesmas nos três cenários. De acordo com o Quadro 14, vemos que $\rho < 1$, tanto para o cenário ideal quanto para o cenário ótimo, o que valida a equação (Eq. 20) abaixo:

$$\rho = \frac{\lambda}{k\mu} < 1$$

No cenário ideal a taxa de utilização ainda é alta em torno de 80%, implicando que provavelmente com um novo aumento de demanda seria necessário mais um canal de atendimento, já no cenário ótimo a taxa de utilização é cerca de 60% um pouco mais da metade, nesse caso, um aumento na demanda não traria grandes problemas, pois os postos conseguiriam atender até o dobro da demanda atual. Nesse contexto a empresa deve escolher entre o cenário ideal e o ótimo.

4.6 IMPLEMENTAÇÃO

A fase de implementação é bastante crítica, pois é nesta fase que os resultados do estudo realmente serão obtidos. É importante que todos os envolvidos no estudo esteja presente, para garantir que a implementação seja correta. Pensando numa forma de auxiliar a empresa nesta fase, foi desenvolvido um plano de ação com base no modelo 5W2H. A Tabela 1 representa o plano de ação.

Tabela 1 - Proposta de Plano de Ação

Plano de Ação

Meta/Objetivo: Ampliar os canais de atendimento do RU			Data de Elaboração:		Responsável:		
O que	Como	Quem	Quando		Onde	Quanto	Status
			Início	Fim			
Organizar o Layout	Definindo os departamentos e demarcando o piso.	SRU			Refeitório II		
Reformar o Refeitório II	Reforma da cozinha, banheiros, área das mesas e instalações elétricas	SRU			Refeitório II		
Comprar nova mobília e equipamentos	Trocar as mesas e cadeiras; Comprar novos <i>Hot Box</i> ; Comprar pratos e talheres.	SRU/Empresa Terceirizada			Refeitório II		

Plano financeiro	Deve-se fazer um estudo de viabilidade	SRU			Refeitório II		
Escolha do número de canais de atendimento	Observar os resultados da pesquisa e o resultado do estudo de viabilidade	SRU			Refeitório II		

Fonte - Elaborado pela autora (2017)

Para uma melhor decisão sobre a ampliação do número de canais de atendimento proposto nesta pesquisa, sugere-se que a empresa realize um estudo de viabilidade financeira para a ampliação de 3 e 4 canais de atendimento, o resultado desse estudo irá determinar financeiramente para qual número de ampliação à empresa possui recursos suficientes.

Deve-se estabelecer uma ordem prioritária para iniciar as atividades necessárias à implementação, para um melhor resultado todos os funcionários envolvidos no serviço oferecido pelo refeitório II, devem participar dessa nova implementação sendo capacitados para atender a nova demanda, a empresa terceirizada também deve estar de acordo com a proposta e cumprir fielmente suas obrigações para que não ocorra problemas no reabastecimento de alimentos, pratos e talheres, garantindo assim que o fluxo de atendimento ocorra sem paradas.

Observando a Tabela 1, percebemos que para ampliar os canais de atendimento é necessário que a empresa faça uma reforma completa no refeitório II, também exige que haja a troca completa das mobílias pois estas se encontram deterioradas. Toda reforma dentro de uma instituição pública é obrigatório que ocorra licitações, para a escolha da empresa que vai executar o serviço, esse processo de licitação demanda um certo tempo sendo assim, a empresa precisa colocar em prática o plano de ação o mais breve possível independente da escolha do número de canais de atendimento a ser implementado, pois a situação atual em que se encontra o serviço de almoço no refeitório II está um caos.

Por fim, para garantir que todo o processo de implementação dos canais de atendimento ocorra tranquilamente e que o tempo de espera nas filas diminua, é de máxima importância a fiscalização de todas as atividades desenvolvidas no âmbito do refeitório II.

5 CONCLUSÃO

O uso da Teoria das Filas permite avaliar o desempenho do sistema de uma empresa, independentemente de seu ramo de atividades. Os modelos de filas auxiliam na caracterização da dinâmica operacional da empresa, auxiliando no estudo de sua capacidade de atendimento.

Para responder o problema exposto inicialmente neste trabalho, foi utilizado o modelo de fila *Canal Único Atendimento Múltiplo*, sendo este, o que melhor se adequou a dinâmica das filas do refeitório II. O modelo é direcionado para empresas que possuem mais de um canal de atendimento, com fila única, e disciplina de atendimento FIFO.

Com a análise do fluxo de pessoas e atendimento, juntamente com os resultados da aplicação do modelo, verificou-se que a empresa objeto de estudo deste trabalho encontra-se operando acima da sua capacidade de atendimento. Além disso, o estudo mostra que o gargalo está nos canais de atendimento pois, estes são insuficientes para suprir a demanda do refeitório II, que está operando apenas com dois canais de atendimento, ou seja $k = 2$, onde deveria estar operando com no mínimo três postos de atendimento ($k \geq 3$).

Quanto ao tempo médio de espera nas filas para o atendimento de 26 minutos, o estudo mostrou que ele não é apenas uma consequência do número de canais de atendimento insuficientes, esse tempo também é influenciado por fatores internos do serviço de almoço, pelos fatores comportamentais de seus usuários e pela desorganização do layout do refeitório II.

Considerando todos os resultados obtidos com o estudo, a empresa deve ampliar seus canais de atendimento o mais breve possível, para aumentar a capacidade de atendimento e suprir sua demanda. Neste trabalho foi desenvolvido dois cenários como solução para o problema, o cenário ideal que conta com $k = 3$, ou seja, três canais de atendimento, esse cenário supri as necessidades de atendimento em curto prazo, enquanto que, o cenário ótimo com $k = 4$, teremos quatro canais de atendimento garantindo a estabilidade do sistema à longo prazo. A implantação de novos canais de atendimento, implica em custos sendo assim, é necessário um estudo de viabilidade para escolher o cenário que melhor se adequa a realidade financeira do restaurante.

Por fim, o estudo realizado no restaurante universitário é um ganho para toda a comunidade acadêmica, pois gerou informações que irão contribuir para a instituição de ensino e servirá de apoio para outros estudos desenvolvidos na área. Concluímos que existe espaço para o estudo das diversas áreas da engenharia de produção dentro do restaurante.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA EMPRESA

Recomenda-se a empresa realizar um estudo de layout juntamente com o estudo de capacidade, também é necessário a troca de mobília e equipamentos muitas mesas e cadeiras encontram-se danificadas, além de uma reforma em toda sua estrutura física, cômodos como o banheiros estão deteriorados. Sugere-se também um estudo em saúde e segurança do trabalho, pois os refeitórios não possuem extintores de incêndio nem sinalizações, os ruídos são intensos gerando um risco a saúde dos usuários.

5.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Os principais fatores limitantes dessa pesquisa foram:

- Acesso restrito a alguns departamentos do refeitório, como a cozinha;
- Acesso limitado as informações do processo produtivo;
- Ausência de informações sobre o restaurante universitário;
- Curto tempo de análise;
- Amostras pequenas de voluntários.

5.3 SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Para futuras pesquisas sugere-se

- Estudo de tempos e movimentos;
- Estudo do conforto térmico;
- Estudo ergonômico, principalmente para cadeirantes e para os postos de trabalho;
- Estudo de Teoria da Filas com os novos canais de atendimento;
- Estudo de teoria das filas nos demais serviços oferecidos pelo restaurante, e nos demais restaurantes da UFPB.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Eduardo Leopoldino. Introdução à Pesquisa Operacional, métodos e modelos para análise de decisões. 3ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. Ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2007.

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

FARIAS FILHO, Milton Cordeiro; ARRUDA FILHO, Emílio J. M. **Planejamento da pesquisa Científica**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2015.

FAUSTO, Roberta Alves *et al.* **Simulação da Dinâmica Operacional de Um Restaurante Universitário de Pequeno Porte, 2012**. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1087/1/MD_COENP_2012_1_07.pdf>. Acesso em Set. 2017.

FOGLIATTI, M; BRUNS, R & SONCIM, S. **Pesquisa operacional: uma aplicação da teoria das filas a um sistema de atendimento**. Instituto Militar de Engenharia. ENEGEP, 2001. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR60_0158.pdf>. Acesso em 1 de Set. 2017.

GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HILLER, Frederick s.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução a Pesquisa Operacional**. 9ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2013.

IBGE, Brasil em síntese. 2017. Disponível em: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/servicos.html>>. Acesso em 3 de Set. 2017.

MARINS, Fernando Augusto Silva. **Introdução a Pesquisa Operacional**. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró - Reitoria de Graduação, 2011. Disponível em: <http://www.cairu.br/biblioteca/arquivos/Ciencia/Introducao_pesquisa_operacional.pdf>. Acesso em 20 Set. 2017.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Pesquisa Operacional: curso introdutório**. 2ª Ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

PRADO, Darci. **Teoria das Filas e da simulação**. Série operacional, vol. 2. Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999

SANTOS, L. C.; GOHR, C. F.; LAITANO, J. C. A. **Planejamento sistemático de layout**: adaptação e aplicação em operações de serviços. Revista Gestão Industrial, Paraná, v.08, n. 01, 2012.

SANTOS, Glauber Eduardo de Oliveira. **Cálculo amostral**: calculadora on-line. Disponível em: <<http://www.calculoamostral.vai.la>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ª ed. rev. Atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SOARES, Mateus dos Santos. **Aplicação de um modelo de Teoria das Filas em um restaurante universitário: estudo do tempo de atendimento**, 2016.

STEVENS JR, G. T. e SHAMBLIN, J.E. **Pesquisa Operacional Uma Abordagem Básica**. 1ª Ed. São Paulo: Atlas, 1979.

**APÊNDICE A – PONTOS ABORDADO NA ENTREVISTA
SEMIESTRUTURADA**

- a) Ano de fundação do restaurante Universitário?
- b) Qual a estrutura organizacional do Restaurante Universitário?
- c) Qual o horário de abertura do Restaurante Universitário ao público?
- d) Qual o número de funcionários da universidade trabalhando no RU?
- e) Quem são os beneficiados com o RU?
- f) Quantos alunos em média utilizam diariamente o serviço de almoço no refeitório II?
- g) Quem são os responsáveis pela organização, limpeza e preparo das refeições no RU?
- h) Como e de que é composto os *buffets*?
- i) Como ocorre o processo de atendimento nos *buffets*?
- j) Quais as principais causas de erros de identificação dos alunos na catraca?
- k) Quais as consequências do longo tempo de espera nas filas?

APÊNDICE B - ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE INDIRETA

TEMA	ASPECTOS OBSERVADOS
Controle de acesso	Formação das filas
	Identificação do usuário
	Problemas na identificação do usuário
Características das Filas (Fila externa e Interna)	Disciplina da fila
	Comportamento dos clientes
	Tempo de espera
Operações internas no refeitório II	Reabastecimento de alimentos, pratos e talheres
	Devolução de Pratos e talheres
	Organização do <i>layout</i>
	Montagem dos <i>buffets</i>