



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

PESQUISA OPERACIONAL: UMA APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS A UM SISTEMA DE ATENDIMENTO FAST-FOOD

Diego Moah

Departamento de Engenharia - UEPA

Patricia de Araujo Nogueira

Departamento de Engenharia de Produção - UFRA

Natalia Aparecida Martins Nunes

Departamento de Engenharia de Produção - UFRA

Wellida Camila Araujo dos Santos

Departamento de Engenharia de Produção - UFRA

Edilma Seth Rodrigues

Departamento de Engenharia de Produção - UFRA

Resumo: Este trabalho busca realizar uma análise quantitativa do impacto causado na geração de filas de uma franquia de fast-food localizada em um shopping na cidade de Parauapebas – Pa. Este estudo de teoria das filas visa analisar o valor percebido pelo cliente na prestação do serviço. Verificou-se durante o estudo do sistema a fila caracteriza-se por M/M/C, existindo dois postos de atendimento, onde a ordem de atendimento é determinada pela chegada do cliente ao sistema (FIFO). A fila é gerada devido ao tempo de espera, do atendimento a realização do pagamento. Buscou-se compreender se a infraestrutura possui capacidade para atender a demanda diária, através dos dados buscou-se identificar os horários que geram um maior fluxo de atendimento. Analisou-se o sistema, verificando seu comportamento, com intuito de otimizar a utilização de equipamentos, instalações e infraestruturas na melhoria do sistema evitando desperdícios e os gargalos.

Palavras-chave: Teoria das filas; Franquia de fast-food; Filas de espera.

OPERATIONAL RESEARCH: AN APPLICATION OF THE QUEUE THEORY TO A FAST-FOOD SERVICE SYSTEM

Abstract: This work seeks to carry out a quantitative analysis of the impact caused in the generation of queues of a fast-food franchise located in a mall in the city of Parauapebas - Pa. This study of queuing theory aims to analyze the value perceived by the customer in the provision of the service. It was verified during the study of the system the queue is characterized by M / M / C, with two service stations, where the service order is determined by the customer's arrival in the system (FIFO). The queue is generated due to the waiting time, from service to payment. We sought to understand whether the infrastructure has the capacity to meet daily demand, through the data we sought to identify the times that generate a greater flow of service. The system was analyzed, verifying its behavior, in order to optimize the use of equipment, installations and infrastructures to improve the system, avoiding waste and bottlenecks.

Keywords: Queue Theory; Fast food chain; Waiting line.

1. Introdução

A busca pelo sistema de franquias no Brasil tem aumentado bastante a cada ano. Conforme a estimativa feita pela ABF – Associação Brasileira de Franchising, o sistema de franchising é um dos tipos de negócio que mais tem crescido na economia brasileira nos últimos anos, deste modo demonstrando ser uma ótima opção para quem deseja abrir seu próprio negócio.

O *franchising* é um procedimento que viabiliza a administração rápida da produção ou distribuição de produtos ou serviços em um mercado definido, dispensando o uso de capital próprio da empresa em expansão, e o direito de utilizar um sistema de operação de um negócio de sucesso, com riscos menores para o novo empreendedor.

No Brasil um dos setores de destaque é ramo alimentício. As principais franquias de alimentação existentes no Brasil são franquias de franchising. Dentre estas franquias podem ser citados como os principais restaurantes de franchising, o McDonald's, o Bob's, o Habib's, o Burger King e a Subway.

A empresa estudada trata-se de uma rede de franchising americana que surgiu em 1965 nos Estados Unidos, foi no ano de 1974 que iniciou o franqueamento da marca. Atualmente a empresa já possui mais de 30.000 franquias e está presente em 87 países, e continua se expandindo. Esta marca possui como diferencial cardápio mais saudável, sem frituras e com produtos com baixo teor de gordura e com sanduíches montados à vista do consumidor.

Esta montagem gera filas de espera. Ao estudar esta fila é possível notar que é uma fila presencial e única, disposta em um processo de primeiro a entrar primeiro a sair, com diversos estágios de atendimento, o processo é similar a uma linha de montagem. Destarte, este artigo busca realizar uma análise quantitativa do impacto causado na geração de filas de uma *franchisig* de *franchising* localizada em um shopping na cidade de Parauapebas-PA. Para realizar esta análise os autores realizaram pesquisa de campo em busca de dados.

O presente artigo está estruturado uma breve introdução do tema abordado incluindo a motivação, contexto histórico da empresa e o objetivo do estudo. O segundo seguimento é composto por embasamento teórico para o estudo, com referências e citações. No terceiro seguimento encontra-se a descrição da metodologia abordada e o detalhamento da direção seguida pelos autores durante a pesquisa. No quarto seguimento é dada a continuidade no artigo abordando os resultados encontrados na pesquisa e a argumentação referente à sua compreensão. Ao final encontra-se o quinto seguimento onde são apresentadas as conclusões embasadas nos resultados obtidos.

2. Referencial Teórico

Segundo Torres (1966) os primeiros estudos relacionados à Teoria das Filas foram desenvolvidos em uma Companhia telefônica de Compenhagen em 1908 em trabalhos realizados por Erlang. E ganhou investimentos durante a Segunda Guerra Mundial e no pós-guerra com aplicações voltadas para a área civil.

Segundo Anjos *et al.* (2018) a Teoria das filas estuda o surgimento, características e a espera em filas que surgem nos diferentes sistemas de produção e serviços. As filas surgem em um processo quando um usuário chega em um posto que oferece determinado serviço e não é atendido imediatamente, tendo assim que esperar para até que o atendimento aconteça.

Para Anjos *et al.* (2018) o objetivo da Teoria das Filas é estudar os tipos de filas, prevendo seu comportamento, para que seja possível determinar uma estrutura de trabalho com os

equipamentos e profissionais em quantidades adequadas. Resolvendo os problemas relacionados à espera de um sistema.

Conforme Kolansk *et al.* (2015) as filas são conhecidas como instrumento de gerenciamento das operações, existe uma certa semelhança ao estoque, ajustando procura e oferta de um serviço por um lado, associado aos inconvenientes para o demandante do serviço, na outra ponta. As filas podem obedecer a padrões distintos de constituição, podendo ser presenciais ou virtuais. A necessidade de estudar as filas parte do princípio de que às mesmas podem causar insatisfação ao cliente no processo de espera (KOLANSK *et al.*, 2015).

De acordo com Iglesias (2007) as filas presenciais possuem um comportamento específico, como ficar em pé esperando atrás dos que chegaram primeiro. Nesta classificação pode ser incluído as filas por agendamento prévio ou os casos de organização por senhas pois o atendimento é presencial, entretanto o usuário pode se ausentar do local por tempo determinado. As filas não presenciais são filas invisíveis, em muitas vezes o usuário não possui o tempo previsto de espera ou o número de pessoas na frente.

As filas podem ser únicas ou múltiplas. A fila única consiste em formar uma única sequência, onde os usuários se posicionam uns atrás dos outros conforme ordem de chegada. Podendo haver mais de um guichê de atendimento, entretanto o acesso a qualquer um deles é estabelecido quase de maneira aleatória dependendo apenas quando o usuário chega ao início da fila. Já as filas múltiplas são formadas individualmente para guichê de atendimento (IGLESIAS, 2007).

Segundo Kolansk *et al.* (2015) é dado ao gestor da fila o poder de impor uma capacidade máxima ao sistema. Existem características que podem diminuir este poder, são elas:

- Arranjo da expectativa do período de chegada e do tempo de atendimento;
- Fonte finita ou infinita de suprimento;
- Poder de recusa dos clientes devido ao tamanho da fila frente ao serviço desejado.

Segundo Amidani (1975) é necessário conhecer alguns elementos básicos do processo de formações de filas, são eles:

a) Chegada dos clientes: Neste elemento deve ser definido os padrões estatísticos de chegadas, no caso o (λ) que significa taxa média de chegadas por unidades de tempo; o arranjo de chance quer se ajustar de melhor maneira à distribuição de chegadas; e se as chegadas têm probabilidade estacionária.

b) Serviços: a apuração de serviços deve buscar padrão estatístico da duração de serviços deste modo encontrar o (μ) que é a taxa média de atendimento traduzido pelo número de clientes atendidos na unidade de tempo; a disponibilidade dos serviços; a quantidade de usuários que podem estar ao mesmo tempo no sistema; a capacidade deste sistema; e quão demorado é o atendimento do sistema.

c) A disciplina da fila: Neste elemento os regimes mais comuns são: a) primeiro a chegar, primeiro a ser atendido (FIFO); b) último a chegar, primeiro a ser atendido (LIFO); c) em ordem aleatória (SIRO); d) com prioridade: atendimento obedecendo a uma escala de preferência; e) com manobra (*jockeying*): é facultado ao cliente mudar de fila.

2.1. Modelo M/M/1

O Modelo M/M/1 é o mais simples dentre os modelos de filas existentes. Trata-se do comprimento de uma fila que possui apenas um servidor que adota o sistema *First in First out* que significa que o primeiro usuário que entra no sistema é o primeiro que será atendido e o primeiro que sairá do sistema. As chegadas de clientes no sistema são caracterizadas

pelo processo de Poisson e o tempo de serviço é determinado pela distribuição Exponencial que é um tipo distribuição contínua de probabilidade (ANJOS *et al.*, 2018).

As equações do modelo M/M/1 foram desenvolvidas baseadas nas características do processo de chegadas de clientes no sistema segundo a distribuição de Poisson, no tempo que esses clientes levam para serem atendidos e classificação da população do sistema (NASCIMENTO, 2012). Na tabela 1 contém as equações do modelo M/M/1.

Quadro 1 – Equações do modelo M/M/1

a) Probabilidade de haver n clientes no sistema	$P(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(\frac{\mu-\lambda}{\mu}\right)$
b) Probabilidade de que o número de clientes no sistema	$P(n > k) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1}$
c) Probabilidade de que o sistema esteja ocioso	$P(n = 0) = \left(\frac{\mu-\lambda}{\mu}\right)$
d) Probabilidade de que o sistema esteja ocupado	$P(n > 0) = \rho = \frac{\lambda}{\mu}$
e) Número Médio de Clientes no Sistema	$NS = \frac{\lambda}{\mu-\lambda}$
f) Número Médio de Clientes na Fila	$NF = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}$
g) Tempo Médio de Espera na Fila por Cliente	$TF = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)}$
h) Tempo Médio Gasto no Sistema por Cliente	$TS = \frac{1}{\mu-\lambda}$

Fonte: Ferreira (2017)

2.2. Modelo M/M/c

O Modelo de fila M/M/c é uma extensão do tipo de fila M/M/1, pois apresenta características em comum. Tendo a taxa de chegada dos clientes também determinada pelo Processo de Poisson e o tempo médio de atendimento determinado pela distribuição contínua. Diferindo apenas na quantidade de servidores no sistema (FERREIRA, 2017).

Quadro 2 – Equações do modelo M/M/c

a) Probabilidade de ter 0 clientes no sistema	$P_0 = \frac{1}{\sum_{j=0}^{s-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^s}{(s-1)!(s-\rho)}}$
b) Probabilidade de todos os canais estejam ocupados	$P_{ocutot} = \frac{\rho^s}{(s-1)!(s-\rho)} P_0$
c) Número médio de clientes na fila	$NF = \frac{\rho}{s-\rho} P_{ocutot}$
d) Tempo médio de espera na fila	$TF = NF \frac{1}{\gamma}$
e) Número médio de clientes no sistema	$NS = TF + \rho$
f) Tempo médio de espera no sistema	$TS = NS \frac{1}{\gamma}$

Fonte: Ferreira (2017)

3. Metodologia

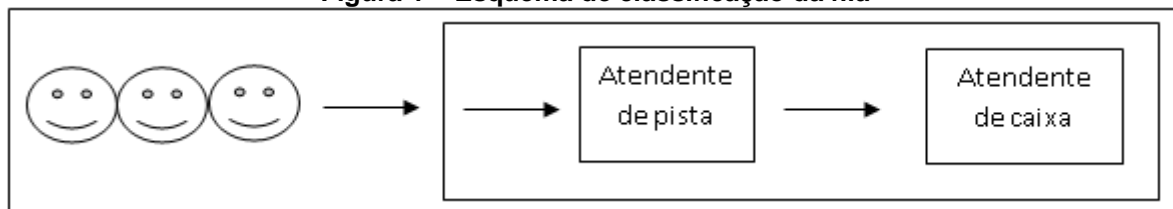
O estudo de caso foi realizado segundo os passos mostrados abaixo:

a) Escolha do local: Para a escolha do local, considerou-se a busca por um modelo de fila M/M/1 que permite uma análise mais simplificada, e após discussões optou-se por realizar o estudo em um restaurante *fast-food* multinacional localizada em um shopping da cidade de Parauapebas por haver fluxo de pessoas e atender as características sugeridas pelo professor.

b) Levantamento de dados: A coleta dos dados foi realizada através de observação não participante. Os dados foram coletados por duas integrantes por 6 dias consecutivos durante 1 hora e 30 minutos no período entre 16:30 e 18:00h com intervalos de 15 minutos. O ritmo de chegada dos clientes, o tempo na fila e o tempo de atendimento foram mensurados com auxílio do cronômetro.

c) Classificação de sistema de fila: após a coleta dos dados foi identificada como fila única com múltiplos servidores em série. O primeiro servidor é o atendente da pista, que monta os lanches conforme o desejo do cliente que pode escolher cada ingrediente, logo após o usuário segue para o caixa para realizar o pagamento com outro atendente. O sistema possui filas físicas na qual os usuários ficam realmente enfileirados, pois dispensa o uso de senhas.

Figura 1 – Esquema de classificação da fila



Fonte: Autores (2020)

d) Para uma análise mais aprofundada sobre o sistema estudado e análise dos dados coletados, utilizou-se o software Arena® 11.0 versão *Student*, o que deu embasamento para e sugestão de melhorias com hipóteses viáveis de serem implantadas.

4. Resultados

O padrão do processo de atendimento é realizado individualmente, o servidor atende uma pessoa por vez. Não houve atendimentos prioritários, podendo ser citado como exemplo, os idosos, as pessoas com deficiência ou gestantes. Apesar de possuir dois servidores atuando no sistema, as estações de atendimento estão dispostas em série servindo uma única fila.

Durante a pesquisa *in loco* coletou-se a informações para identificar a taxa média de chegada dos clientes na franchising, foram coletados dados durante os quatro dias. Para calcular o valor de cada dia, coletou-se dados para identificar a quantidade de pessoas que chegavam a cada 15 minutos no período de coleta de dados (16:30 às 18:00).

Após a realização do mapeamento através dos dados coletados, realizou-se o cálculo da taxa média de chegada (λ) da fila em todos os dias através da divisão entre o número total de dados que foram coletados do dia e a quantidade de intervalos coletados do dia (5 intervalos de 15 minutos).

Durante a análise dos resultados referentes ao atendimento realizado pelo caixa, notou-se que existe uma regularidade da taxa média de chegada. No sistema estudado, após o

cliente finalizar a montagem de seu sanduiche, logo dirige-se ao caixa para efetuar o pagamento e finalizar seu atendimento, saindo desta maneira do sistema.

O comportamento mediante a prestação do serviço demonstra uma baixa variabilidade da demanda (durante o período de coleta dos dados), o atendimento mostra-se quase constante. Para a realização de uma análise para compreender o comportamento do sistema, calculou-se o tempo de atendimento dos clientes da franchising no período estipulado (6 dias consecutivos). A medição foi realizada através da diferença entre o horário de saída do sistema (finalização do atendimento) e o horário de chegada no sistema (horário de início do atendimento).

Quanto ao atendimento do servidor que realiza a montagem do sanduiche, as taxas de atendimento foram menores quando se comparou a fila do atendimento do caixa. Este dado demonstra que existe uma lentidão do atendente. Esse aspecto de lentidão pode ser influenciado pela demora do cliente em realizar escolhas da montagem do sanduiche, devida a quantidade de opções na composição de seu lanche.

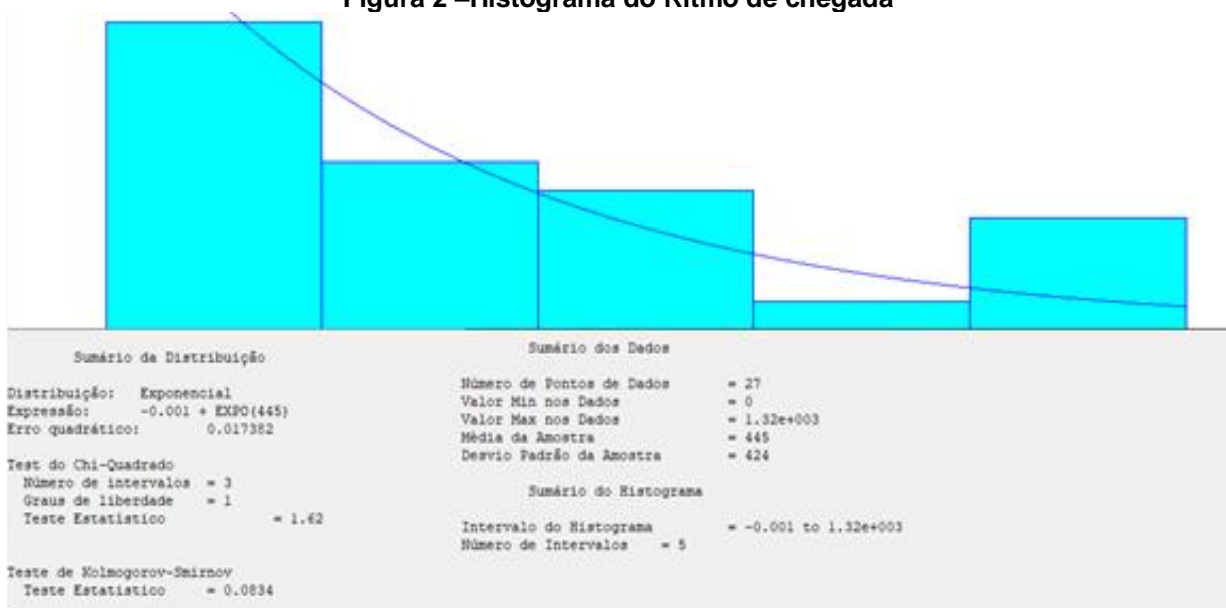
Diante desta peculiaridade do sistema, iremos propor melhoria no atendimento durante a montagem do lanche, mediante essa análise, é possível que diante deste cenário as informações coletadas podem ser relevantes na tomada das decisões gerenciais.

O levantamento dos dados foi realizado conforme proposto inicialmente. Após conclusão da coleta desses dados, eles foram tabulados em Excel e convertidos ao formato txt para carregamento na ferramenta *Input Analyzer* do software *Arena® 11.0* versão *Student*.

O software possibilitou caracterização do sistema de fila por meio do tratamento estatísticos dos dados levantados para que através do Qui-Quadrado seja possível atestar que o modelo corresponde ao sistema escolhido.

A distribuição exponencial está ligada à de Poisson, ela analisa inversamente o experimento, um intervalo ou espaço para ocorrência de um evento, ela se diferencia por ser uma distribuição contínua. A distribuição contínua descreve as probabilidades dos possíveis valores de uma variável aleatória contínua. Uma variável aleatória contínua é uma variável aleatória com um conjunto de valores. Abaixo imagens dos gráficos obtidos através da ferramenta *Input Analyzer*.

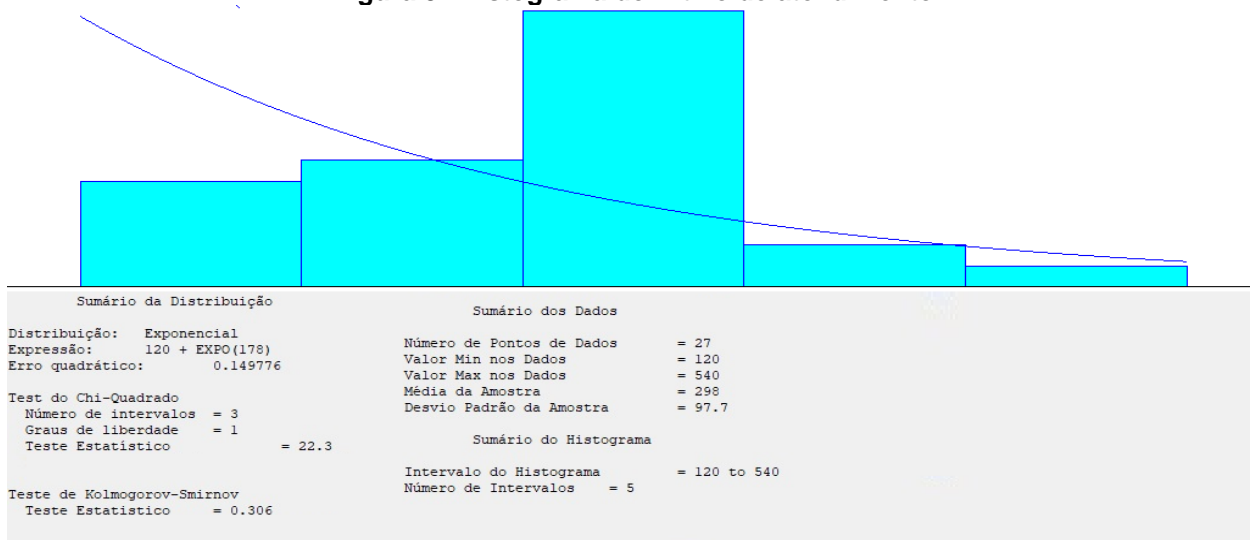
Figura 2 –Histograma do Ritmo de chegada



Fonte: Autores (2020)

Por meio dos dados levantados foi possível definir a notação de Kendall como sendo M/M/1/∞/∞/FIFO o primeiro M da notação, representa o ritmo de chegada, o segundo M representa o ritmo de atendimento, sendo os dois Markovianos, o número de servidores equivale a 1 pois os dois servidores existentes que são de pista de ingredientes e operador de caixa trabalham em série, o tamanho da população e capacidade são considerados infinitos e a disposição da fila como FIFO onde o primeiro que chega é o primeiro que sai.

Figura 3 –Histograma do Ritmo de atendimento



Fonte: Autores (2020)

Por meio das figuras foi possível perceber que o grau de liberdade de 1 para ambos os gráficos. O erro quadrático foi baixo demonstrando que os dados possuem precisão. Entretanto de todo modo para estudos futuros sugere-se coleta de maior números de amostra em horários de distintos.

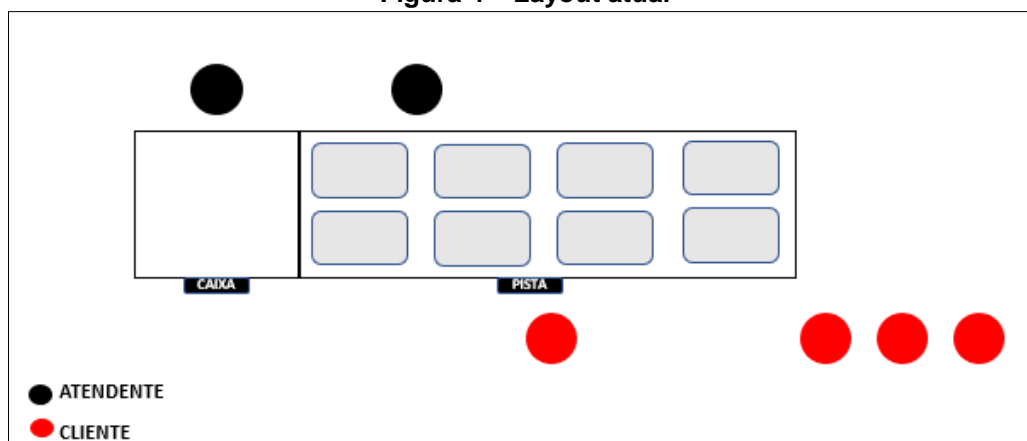
Tabela 1 – Parâmetro de análise atual das filas

Parâmetros	Atendente	Unidades
λ	0,13	clientes/minuto
μ	0,2	clientes/minuto
Taxa de Utilização	65%	–
Tamanho Médio da fila	1,207	Clientes
Tempo médio de Clientes na fila	9,286	Minutos
Número Médio de Clientes no Sistema	1,857	Clientes
Tempo Médio no Sistema	14,286	Minutos

Fonte: Autores (2020)

Através dos dados coletados sabe-se que o ritmo de chegada é 0,13 clientes por minuto, e o tempo de atendimento médio é de 0,2 clientes por minuto. A Tabela 1 permite analisar que a taxa de utilização é de 65% que é considerada relativamente baixa, o que pode ser atribuído ao horário de coleta dos dados ou até mesmo ao dia da semana que possuem baixa rotatividade de clientes.

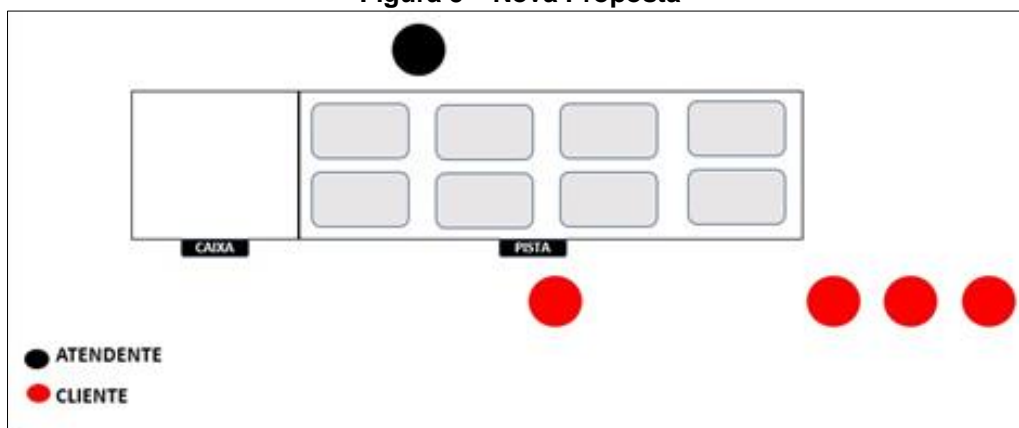
Figura 4 – Layout atual



Fonte: Autores (2020)

Não foram sugeridas modificações significativas no layout físico, visto que a *franchising* está localizada em um shopping center, portanto possui pouco mobiliário próprio. Para sugestão de mudança foram analisados os dados obtidos através dos cálculos referentes as fórmulas mencionadas na seção 2, no qual foi observada uma taxa de utilização do servidor de 65%, que foi considerada baixa. Como o sistema opera com duas atendentes em série, uma no atendimento de pista de ingredientes e outra no caixa o que eleva o custo de atendimento, em uma primeira observação indica ser viável que o atendimento completo seja realizado por apenas uma atendente desde a pista de ingredientes até o recebimento no caixa, poderia ser feita a contratação de diarista para horários de pico.

Figura 5 – Nova Proposta



Fonte: Autores (2020)

5. Conclusão

A busca pela satisfação dos clientes é resultado do alto grau de competitividade entre as empresas. Com o crescimento de empresas que optam pelo fornecimento de serviços através de uma *franchising*, houve a necessidade de conquistar mais clientes, não deixando de fidelizá-los.

Através da coleta dos dados e posteriormente sua análise, foi possível identificar as oportunidades de melhoria para otimizar o tempo de atendimento durante a montagem, de forma a melhorar o tempo de atendimento.

A satisfação do cliente é fruto da percepção de um bom atendimento. Notou-se que as filas enfrentadas pelos clientes ocasionarem insatisfação, e conseqüentemente reduzir à lealdade do consumidor a franchising. Portanto, é de grande importância que seja realizado estudos para o entendimento real do motivo da formação de filas, buscando soluções para tornar a empresa competitiva. Seria de grande importância a realização de estudo mais aprofundado para conhecimento de custo de espera na fila e custo de atendimento.

O objetivo deste artigo foi aplicar o conceito e conhecimento de Teoria das Filas, buscando maneiras de melhor gerenciá-las, evitando tempos excessivos e conflitos, tanto para os clientes, desse modo identificando possíveis melhorias que podem ser realizados no sistema.

As informações necessárias foram coletadas em uma franchising coletando dados referentes aos horários de chegada ao estabelecimento, horário que foi realizado o atendimento e o horário de saída do cliente do sistema. A partir dos dados analisou-se o comportamento do sistema, realizou-se sua modelagem para podermos analisar os resultados gerados.

Sobre as distribuições de chegada é exponencial, ilustrando bem a distribuição da fila gerada. Durante a análise da distribuição do tempo de serviços notou-se que existe uma limitação na capacidade do sistema. Percebeu-se que o horário de coleta a formação de fila foi mínimo o que fez com que os resultados gerados não sejam tão precisos, deste modo os autores propõem realização de estudo mais aprofundada para conhecimento de custo de espera na fila e custo de atendimento.

As medidas de desempenho mostram que existe uma ociosidade para os servidores no horário de coleta. Os resultados demonstraram que no horário estudado é necessário apenas um colaborador deste modo a empresa pode reduzir custo.

A partir da análise dos dados, é possível prever o comportamento de chegada de clientes na fila. Porém em relação ao tempo de prestação de serviço, poderá realizar a modelagem, verificando as melhorias que podem ocorrer no sistema. Por meio dos resultados obtidos é possível perceber que o servidor que realiza o atendimento possui elevado tempo de ociosidade, por tanto o mesmo pode realizar o serviço do caixa, reduzindo assim os custos de operação contando com mais um colaborador para realizar serviços de caixa apenas em horários de pico. Com esta redução de servidor o layout sofreria alteração pois passaria a ter apenas um posto de trabalho.

O estudo de teoria das filas, apesar de limitado, ainda é de grande valia para sistemas mais simples, o mesmo proporciona dados relevantes, entretanto, é necessário que seja realizado estudos mais aprofundados em horários e dias diversos que abranja os horários de pico, pois os dados coletados podem discrepantes dos horários de maior movimentação.

Referências

AMIDANI, L. R. A teoria das filas aplicada aos serviços bancários. **Revista de Administração de Empresas**. 1975, vol.15, n.5, p. 26-38, 1975.

ANJOS, A. E. A.; RIBEIRO, L. M. S.; CUNHA, V.; NUNES, P. H. N. Análise Da Capacidade De Vagas No Estacionamento Do Campus Umuarama Da Universidade Federal De Uberlândia: Uma Abordagem À Luz Da Teoria Das Filas. In XXV Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, 2018.

FERREIRA, A. A. **Simulação de sistemas de fila M/M/c**. Juazeiro: UNIVASF, 38p., 2017. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal Do Vale Do São Francisco.

IGLESIAS, F. **Comportamento em Filas de Espera: Uma Abordagem Multimétodos.** Brasília, 148 p., 2007. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília.

KOLANSK, D.; ARAUJO, U. P.; SANCHES JUNIOR, P. F.; MENDONÇA, F. M. Relevância Relativa de Filas para Clientes de Uma Cadeia de Fast-Food. **Business and Management Review**, vol.4, n.10, pp.354-366, 2015.

TORRES, O. F. Elementos da teoria de filas. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v.6, n.20, p.111-127, 1966.

NASCIMENTO, H. J. B. **Markoviana Para Análise de Tráfego e Dimensionamento de Terminais de Atendimentos: Um Sistema Aplicado ao Complexo Industrial e Portuário do Pecém.** Fortaleza, 124 p., 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Ceará.