

**APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS EM UMA EMPRESA DE FAST FOOD
LOCALIZADA EM BELÉM DO PARÁ**

**APPLICATION OF QUEUEING THEORY IN A FAST FOOD COMPANY LOCATED IN
BELÉM DO PARÁ**

**APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN UNA EMPRESA DE COMIDA RÁPIDA
UBICADA EN BELÉM DO PARÁ**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n6-247>

Data de submissão: 22/05/2025

Data de publicação: 22/06/2025

Manuela de Cássia Silva de Carvalho

Graduada em Engenharia de Produção (UEPA), Universidade do Estado do Pará - UEPA
E-mail: manuelacassiaaa@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1332451408931817>
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-8622-1121>

Sophia Evelyn dos Santos Oliveira

Graduada em Engenharia de Produção (UEPA), Universidade do Estado do Pará - UEPA
E-mail: sophiaoliveira511@gmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/5891559985553654>
Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-4708-8017>

Thermerson Felipe Monteiro de Lima

Graduado em Engenharia de Produção (UEPA), Universidade do Estado do Pará - UEPA
E-mail: thermersonfelipe@hotmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1565669164251940>
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-6153-8716>

Bruno Nonato Ferreira Ramos

Graduado em Engenharia de Produção (UEPA), Universidade do Estado do Pará - UEPA
E-mail: bruno.n.f.ramos@gmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0854584075038319>
Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-9027-8820>

Yvelyne Bianca Iunes Santos

Graduada em Engenharia Civil (UFPA); Mestre em Engenharia Civil - Otimização (PUC-RJ);
Doutora em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (UFPA); Docente na
Universidade do Estado do Pará - UEPA
E-mail: yvelyne@uepa.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4635817336333232>
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0839-2577>

RESUMO

As filas de espera são muito comuns e fazem parte do dia a dia das pessoas, entretanto, não são todas as organizações que se preocupam com a geração delas em seu sistema. Quando não são estudadas e planejadas, tornam-se um grande problema para as empresas, visto que podem ser responsáveis pela

insatisfação de clientes e, consequentemente, gerar prejuízos. Exposto isso, o presente artigo tem como objetivo descrever, caracterizar e analisar o comportamento do sistema de filas de uma empresa multinacional localizada em Belém – Pará, utilizando conceitos da Pesquisa Operacional. Para tanto, aplicou-se o método da Teoria das filas a fim de avaliar a frequência de chegada, a cada minuto, de pessoas em uma fila para dois atendentes, e o tempo de atendimento. Percebeu-se, após o estudo, o super congestionamento da fila com a quantidade de atendentes disponíveis no momento, possuindo uma alta taxa de ocupação (94%) e gerando filas com um tempo de espera relativamente alto. Posteriormente, realizou- se a simulação de cenários para melhor avaliação e tomada de decisão. Com isso, inferiu-se que é necessário o aumento de atendentes em uma unidade para que o tempo de espera diminua e haja maior fluidez no funcionamento do sistema, a fim de que, dessa forma, o cliente tenha uma boa experiência e satisfação no atendimento.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional. Teoria das Filas. Fast Food. Sistema de atendimento. Taxa de Ocupação.

ABSTRACT

Queues are very common and are part of people's daily lives. However, not all organizations are concerned about their generation in their systems. When they are not studied and planned, they become a major problem for companies, since they can be responsible for customer dissatisfaction and, consequently, generate losses. With that in mind, this article aims to describe, characterize and analyze the behavior of the queue system of a multinational company located in Belém - Pará, using concepts from Operational Research. To this end, the Queue Theory method was applied to evaluate the frequency of arrival, per minute, of people in a queue for two attendants, and the service time. After the study, it was noted that the queue was extremely congested with the number of attendants available at the time, with a high occupancy rate (94%) and generating queues with a relatively long waiting time. Subsequently, scenario simulations were carried out for better evaluation and decision-making. From this, it was inferred that it is necessary to increase the number of attendants in a unit so that waiting times decrease and the system operates more smoothly, so that the customer has a good experience and is satisfied with the service.

Keywords: Operational Research. Queuing Theory. Fast Food. Service System. Occupancy Rate.

RESUMEN

Las colas son muy comunes y forman parte de la vida cotidiana. Sin embargo, no todas las organizaciones se preocupan por su generación en sus sistemas. Cuando no se estudian ni planifican, se convierten en un problema importante para las empresas, ya que pueden ser responsables de la insatisfacción de los clientes y, en consecuencia, generar pérdidas. Con esto en mente, este artículo busca describir, caracterizar y analizar el comportamiento del sistema de colas de una empresa multinacional ubicada en Belém, Pará, utilizando conceptos de Investigación Operativa. Para ello, se aplicó el método de la Teoría de Colas para evaluar la frecuencia de llegada, por minuto, de personas en una cola para dos asistentes, y el tiempo de servicio. Tras el estudio, se observó que la cola estaba extremadamente congestionada para la cantidad de asistentes disponibles en ese momento, con una alta tasa de ocupación (94%), lo que generaba colas con tiempos de espera relativamente largos. Posteriormente, se realizaron simulaciones de escenarios para una mejor evaluación y toma de decisiones. De esto, se dedujo la necesidad de aumentar el número de asistentes en una unidad para reducir los tiempos de espera y optimizar el funcionamiento del sistema, garantizando así una buena experiencia y satisfacción del cliente con el servicio.

Palabras clave: Investigación operativa. Teoría de colas. Comida rápida. Sistema de servicio. Tasa de ocupación.

1 INTRODUÇÃO

É muito comum encontrar, por onde passar, diversas pessoas esperando por atendimento em algum sistema, seja ele em supermercados, bancos, lotéricas e outros. A fila ocorre sempre que, em um determinado instante, a demanda por um serviço excede a capacidade do sistema de prover esse serviço. Sabe-se que muitas empresas buscam, cada vez mais, maximizar seus lucros e otimizar seus processos. Entretanto, não são todas que se atentam e/ou se preocupam com as filas geradas por seu sistema, o que pode acarretar em custos adicionais e insatisfações de seus clientes (BASTOS et al., 2015). Por isso, o planejamento e estudo das filas é essencial para evitar prejuízos.

As empresas de Fast Food são conhecidas por sua rapidez nos serviços de alimentação devido à padronização e mecanização em seus processos. Todavia, a agilidade do atendimento nem sempre é acompanhada com a rapidez da produção do alimento. A teoria das filas surge, então, com o intuito de prever o comportamento e as características das filas, por meio de modelos matemáticos, para que seja possível a adequação e dimensionamento de instalações, equipamentos, layout e infraestrutura do estabelecimento estudado. Além disso, ela tenta encontrar um equilíbrio entre a satisfação do cliente e a viabilidade econômica para o provedor do serviço de atendimento, e contribui para o gerenciamento e melhorias no processo de atendimento visando evitar desperdícios e gargalos (ANDRADE, 2011).

Nesse contexto, o presente trabalho objetiva apresentar um estudo a respeito do sistema de filas de uma empresa de fast food multinacional localizada no município de Belém/PA, utilizando conceitos e modelos matemáticos da Pesquisa Operacional, especificamente a Teoria das Filas. Para isso, realizou-se uma análise da chegada de clientes na fila em um determinado período e tempo de atendimento, determinando, dessa forma, parâmetros que irão auxiliar na tomada de decisão acerca do processo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TEORIA DAS FILAS

A teoria das Filas é uma área da pesquisa operacional que estuda a probabilidade de formação de filas, através da análise matemática. De acordo com Marins (2009), a teoria das Filas tem como objetivo principal prever o comportamento de sistemas de prestação de serviço, por meio dos modelos matemáticos.

Entender como o comportamento das filas de um estabelecimento se comporta é essencial para minimizar os impactos negativos das esperas durante o processo. Segundo Bruns, Soncim e Sinay (2001) analisar o fenômeno de formação de filas tem como finalidade fazer a previsão do

comportamento das filas e, dessa forma, estar apto para melhor dimensionar seus equipamentos, instalações e sua infraestrutura.

2.2 SISTEMA DE FILAS

O sistema de filas é gerado quando um cliente necessita aguardar por um determinado serviço. Torres (1966) afirma que uma fila é formada a partir de usuários (clientes) que aguardam por um determinado serviço em que não são atendidos com prontidão, o que ocasiona em uma espera.

Para Arneles et al. (2007), o sistema de filas pode ser dividido em quatro tipos:

- i. Fila única com servidor único;
- ii. Fila única com múltiplos servidores em paralelo;
- iii. Múltiplas filas com múltiplos servidores em paralelo;
- iv. Fila única com múltiplos servidores em série.

2.3 DISCIPLINA DA FILA

A disciplina da fila representa a ordem em que os usuários (clientes) serão atendidos. Segundo Torres (1966), há várias possibilidades para o cliente ser atendido, como: atendimento pela ordem de chegada, atendimento aleatório, prioridade para certas categorias de clientes, entre outros. A ordem pela qual os clientes serão atendidos, está representada no quadro 1.

Quadro 1 – Disciplina da fila

Tipo	Descrição
FIFO (First In, First Out)	o primeiro que chega é o primeiro que sai;
PRI (Priority Service)	o objetivo é manter um cliente específico por menor tempo na fila que os demais;
LIFO (Last In - First Out)	o primeiro usuário a ser atendido é o último que chega
SIRO (Service In Random Order)	o atendimento aos usuários segue uma ordem aleatória

Fonte: Adaptado de Junior e Carvalho (2017)

2.4 NOTAÇÃO DE KENDALL-LEE

A notação de Kendall-Lee é um sistema de filas que foi desenvolvido para simplificar a análise dos sistemas de filas, pelo professor David George Kendall em 1953 (SANTOS, 2015). Segundo essa notação, um modelo filas é descrito por uma sucessão de símbolos, os quais são colocados em campos e são delimitados por barras inclinadas. Esses campos fornecem informações sobre a distribuição dos intervalos entre chegadas, distribuição dos tempos de serviço, número de guichês de atendimento disponíveis, capacidade do sistema, tamanho da população e sobre a disciplina de atendimento (MARINS, 2009).

O quadro 2, representa a notação de Kendall-Lee, que é formada por A/B/c/K/m/Z:

Quadro 2 – Notação de Kendall-Lee

Elemento	Descrição
A	distribuição dos intervalos entre chegadas (Processo de Chegadas)
B	distribuição do tempo de serviço
C	quantidade de atendentes
K	capacidade máxima do sistema (Tamanho da Fila)
M	tamanho da população que fornece clientes
Z	disciplina da fila

Fonte: Adaptado de Lima et al. (2015)

2.5 TESTE DE ADERÊNCIA GRÁFICA

O teste de aderência é uma técnica estatística que serve para verificar as distribuições de probabilidades da observação dos intervalos de tempo entre chegadas ou dos tempos de serviço (MARINS, 2009). Ela usa soluções analíticas, desenvolvidas exclusivamente para sistemas de filas (LIMA et al., 2015). De acordo com Santos (2015):

As soluções analíticas, ou seja, através de fórmulas matemáticas, que foram desenvolvidas para sistemas de filas estão, com poucas exceções, restritas aos casos onde as distribuições discretas seguem a distribuição de Poisson e as distribuições contínuas seguem a Exponencial Negativa. Assim se, por exemplo, no processo de chegada obtemos uma distribuição para a taxa de chegada (discreta), estamos interessados em testar se ela é uma Poisson. Este tipo de teste, chamado de Teste de Aderência, tem várias formas e veremos uma delas conhecida como Teste do Qui- Quadrado (χ^2).

2.6 DISTRIBUIÇÃO DE POISSON

A distribuição de Poisson é muito utilizada em eventos em que ocorrem filas de espera (ANDERSON et al., 2019 apud ORLANDIN et al., 2020). Para Santos (2003) o intervalo entre as chegadas (ou partidas) é exponencialmente distribuído. A probabilidade de uma série de eventos ocorrer durante um determinado intervalo de tempo finito t se dá de acordo com a distribuição de Poisson. Calcula-se a distribuição de Poisson, de acordo com a equação (1):

$$P(x) = \frac{(\lambda)^x e^{-\lambda}}{x!} \quad (1)$$

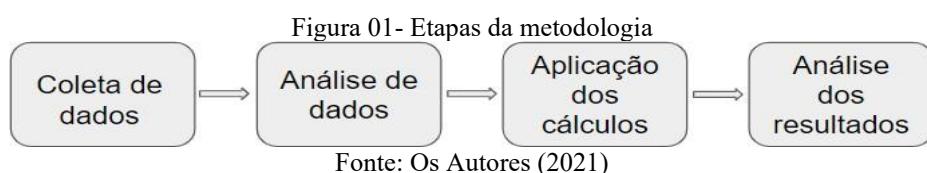
Sendo:

$P(x)$ = probabilidade de x chegadas em t período de tempo; λ = taxa média de chegadas por unidade de tempo;

e = exponencial (2,7183).

3 METODOLOGIA

Para esse artigo, utilizou-se o método de estudo de caso. Segundo Gil (2007), o estudo de caso envolve levantamento bibliográfico, entrevistas e análises de elementos diversos (do conteúdo, do discurso, de exemplos). Primeiramente foi feita uma pesquisa bibliográfica para embasar o estudo, posteriormente a coleta de dados, análise dos dados, aplicação dos cálculos e análise dos resultados. Segue o delineamento da pesquisa:



3.1 A EMPRESA

O local do estudo foi uma lanchonete de fast food, localizada na praça de alimentação de um shopping em Belém/PA. O referido estabelecimento possui dois atendentes, o pagamento pode ser efetuado com dinheiro, cartão de crédito, débito, aplicativo ou Qrcode. Os clientes chegam e aguardam em uma única fila e são atendidos em ordem de chegada. O foco do artigo foi analisar os parâmetros calculados, confrontar os resultados obtidos para a situação vigente, descrita no estudo de caso, com as hipóteses formuladas que sejam viáveis de serem implantadas.

3.2 MODELAGEM DO SISTEMA

Para definir o modelo de filas é necessário coletar e analisar os dados referentes às chegadas dos clientes aos caixas por minuto durante 1 hora, o tempo que o cliente fica no atendimento, assim como o tipo de fila que se forma, que no caso estudado é de fila única com atendimento, em dois caixas, seguindo a ordem de chegada dos clientes.

3.3 CHEGADA DOS CLIENTES

Para a coleta de dados, dos tempos de chegada, foi necessário observar os tempos consecutivos de chegadas de clientes à fila por minuto. A fim de determinar o tipo de distribuição que se enquadram as chegadas dos clientes consideraram-se intervalos de 1 minuto, obtendo-se a frequência observada para cada minuto considerado no estudo. Os dados referentes ao número de clientes que chegam aos Postos de Atendimento são representados na tabela 01.

Quadro 01- Frequências observadas no processo de chegada

Nº de chegadas/mín	Freq. Absol. (OI)	Freq. Relat.	Freq. Observada acumulada
0	19	0,32	0,32
1	19	0,32	0,64
2	14	0,23	0,87
3	6	0,1	0,97
4	2	0,03	1
Total	60	1	

Fonte: Os Autores (2021)

Ademais foi feito o cálculo da taxa de chegada média (λ médio), que é a média da chegada de clientes por minuto, o qual foi de 1,216.

Em seguida foi feito o cálculo da frequência calculada para a realização dos testes de aderência gráfica e do Chi-quadrado, para testar se a variável em questão, número de chegadas por minuto, segue uma distribuição de Poisson com taxa 1,216 clientes por minuto, ao 5% de significância.

Quadro 02- Frequência acumulada no processo de chegada

Nº de chegadas/mín	Freq. Rel. cal. (Teórica)	Freq. Rel. cal. Acumulada	Freq. Absol. cal (EI)
0	0,3	0,3	17,77
1	0,36	0,66	21,62
2	0,22	0,88	13,15
3	0,09	0,96	5,33
4	0,03	0,99	1,62
Total	0,99		59,51

Fonte: Os Autores (2021)

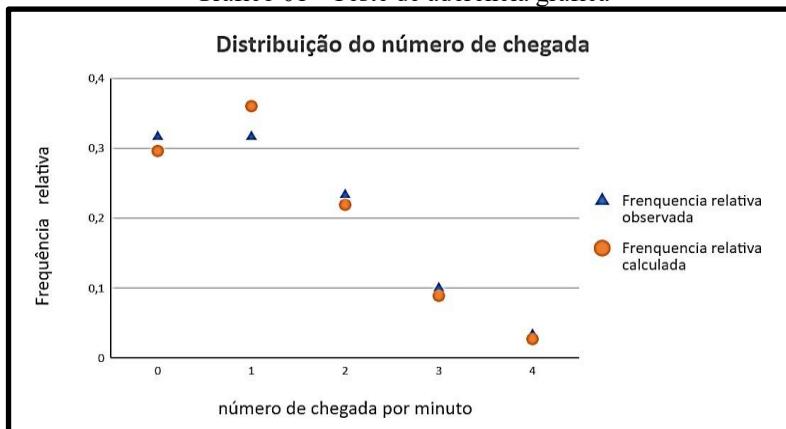
A tabela 03 foi feita com os dados para gerar o gráfico, com a finalidade de se realizar um teste de aderência gráfica para uma distribuição de Poisson com parâmetro $\lambda = 3,014$ clientes por minuto. Em seguida, foi plotado o gráfico.

Quadro 03 - Teste de aderência gráfica

Nº de chegadas/ min	Freq. Relat. (real)	Freq. Rel. cal. (Teórica)
0	0,32	0,3
1	0,32	0,36
2	0,23	0,22
3	0,1	0,09
4	0,03	0,03

Fonte: Os Autores (2021)

Gráfico 01 - Teste de aderência gráfica



Fonte: Os Autores (2021)

3.4 TESTE NÃO PARAMÉTRICO PARA DISTRIBUIÇÃO DE POISSON

O teste é feito para verificar se o parâmetro A segue uma distribuição de Poisson com 1,217 clientes / minuto, ao 5% de significância (95% de confiabilidade). Para o grau de Liberdade: $=5 - 1 - 1 = 3$, onde k é o número de intervalos e m é o número de variáveis em questão.

Quadro 04 - Teste do chi-quadrado

Freq. Absol. (OI)	Freq. Absol. Cal. (EI)	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
19	17,77	0,08471526136
19	21,62	0,3183592214
14	13,15	0,05435015096
6	5,33	0,08292777118
2	1,62	0,08773403385
	$\chi^2 v =$	0,6280864387

Fonte: Os Autores (2021)

Se $\chi^2 v > \chi^2 v, \alpha$, então rejeita H_0 ao α % de significância, onde $\chi^2 v, \alpha$ é um valor tabelado e $\chi^2 v$ foi obtido da tabela 4. Como $\chi^2 v = 0,628 < \chi^2 v, \alpha = 7,815$, então não há indícios para se rejeitar H_0 ao 5%(α) de significância.

3.5 ATENDIMENTO DOS CLIENTES

A coleta de dados referente aos tempos de atendimento foi realizada anotando os tempos gastos por cada caixa para realizar o atendimento. Primeiramente, foi feito o cálculo do número de classes e amplitude do intervalo para determinar a frequência absoluta observada (OI), que consiste na amplitude total (At) que é a subtração entre o maior e menor tempo, número de classes (K) que é a raiz quadrada do total de clientes que foram atendidos durante a coleta de dados, e a amplitude do intervalo (h) que é a divisão entre a amplitude total e o número de classes.

Quadro 05 - Determinação do nº de classes

Maior tempo (min)	3,78
Menor tempo (min)	0,47
Total de atendimentos	73
Amplitude total (AT)	3,31
Nº de classes (k)	9
Amplitude do intervalo	0,39

Fonte: Os Autores (2021)

Dessa forma, o número de classes foi 9 e a amplitude do intervalo foi crescendo a cada 0,39 minutos.

Para gerar a frequência observada (OI) foi feita a média dos 9 intervalos e utilizado a fórmula CONT.SES do Excel para contar os tempos. Ademais, foi feito o cálculo do μ médio.

Quadro 06- Cálculo da frequência observada e do μ médio

		Frequência Absoluta Observada (O _i)		
Tempo (min)		Média	AT1	AT2
0,47	0,86	0,66	8	5
0,86	1,24	1,05	8	8
1,24	1,63	1,44	5	6
1,63	2,02	1,83	5	6
2,02	2,41	2,21	5	4
2,41	2,79	2,6	2	3
2,79	3,18	2,99	3	2
3,18	3,57	3,38	2	0
3,57	3,96	3,76	1	0
TOTAL =		39	34	
MÉDIA =		36,5		
TA =		1,51	1,59	
T médio=		1,55		
μ =		0,66	0,63	
μmédio=		0,6461 clientes/mín		

Fonte: Os Autores (2021)

Em seguida, foi feito o cálculo da frequência relativa observada.

Quadro 07 - Cálculo da frequência relativa observada

		Frequência Relativa Observada	
Tempo (min)		AT1	AT2
0,47	0,86	0,21	0,15
0,86	1,24	0,21	0,24
1,24	1,63	0,13	0,18
1,63	2,02	0,13	0,18
2,02	2,41	0,13	0,12
2,41	2,79	0,05	0,09
2,79	3,18	0,08	0,06
3,18	3,57	0,05	0,00
3,57	3,96	0,03	0,00
TOTAL		0,97	1,00

Fonte: Os Autores (2021)

Com os dados da tabela 07, foram feitos os cálculos da frequência absoluta e relativa calculada.

Quadro 08- Cálculo da frequência absoluta calculada (EI)

	Frequência Absoluta Calculada (Ei)	
Tempo (min)	AT1	AT2
0,47	0,86	6,05
0,86	1,24	4,68
1,24	1,63	3,62
1,63	2,02	2,80
2,02	2,41	2,17
2,41	2,79	1,68
2,79	3,18	1,30
3,18	3,57	1,00
3,57	3,96	0,78
TOTAL	24,08	23,29

Fonte: Os Autores (2021)

Quadro 09- Cálculo da frequência relativa calculada

	Frequência Relativa Calculada	
Tempo (min)	AT1	AT2
0,47	0,86	0,25
0,86	1,24	0,19
1,24	1,63	0,15
1,63	2,02	0,12
2,02	2,41	0,09
2,41	2,79	0,07
2,79	3,18	0,05
3,18	3,57	0,04
3,57	3,96	0,03
TOTAL	1	1

Fonte: Os Autores (2021)

Logo em seguida, foi realizado o teste Chi-quadrado, para testar se a variável em questão, o tempo de atendimento igual a 0,6461, é aceita, ao 5% de significância. Para isso é feito o cálculo $(O_i - E_i)^2 / E_i$ para cada intervalo, depois soma o total e verifica se $\chi^2 < \chi^2_{\alpha}$, para o grau de Liberdade: $= 9 - 1 - 1 = 7$. Segue os cálculos e a comparação na tabela 10.

Quadro 10- Teste do chi-quadrado

	Teste do Chi-Quadrado $(O_i - E_i)^2 / E_i$	
Tempo (min)	AT1	AT2
0,47	0,86	0,630
0,86	1,24	2,354
1,24	1,63	0,524
1,63	2,02	1,723
2,02	2,41	3,696
2,41	2,79	0,062
2,79	3,18	2,229
3,18	3,57	0,986
		1,064

3,57	3,96	0,064	0,000
$X^2 v =$		12,268	11,510
$< X^2 v, \alpha =$		14,067	14,067

Fonte: Os Autores (2021)

Como $X^2 v < X^2 v, \alpha$, para todos os postos, então não há indícios para se rejeitar H_0 ao 5% de significância.

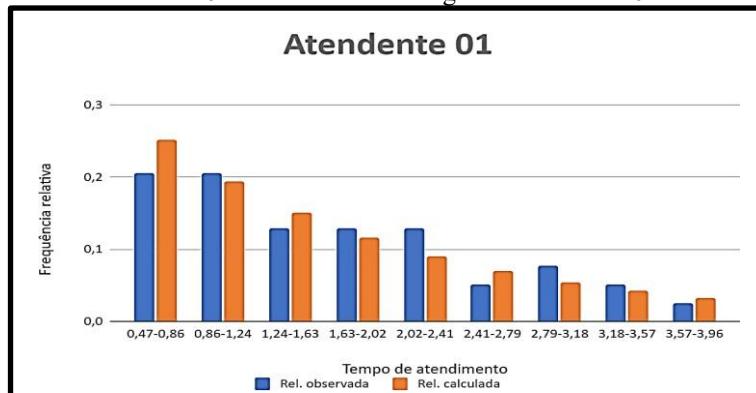
Posteriormente, foi feito o teste de aderência gráfica para cada atendente.

Quadro 11- Atendente 01 aderência gráfica

Tempo de atendimento	Rel. observada	Rel. calculada
0,47-0,86	0,205	0,25
0,86-1,24	0,205	0,19
1,24-1,63	0,128	0,15
1,63-2,02	0,128	0,12
2,02-2,41	0,128	0,09
2,41-2,79	0,051	0,07
2,79-3,18	0,077	0,05
3,18-3,57	0,051	0,04
3,57-3,96	0,026	0,03

Fonte: Os Autores (2021)

Gráfico 02- teste de aderência gráfica atendente 01



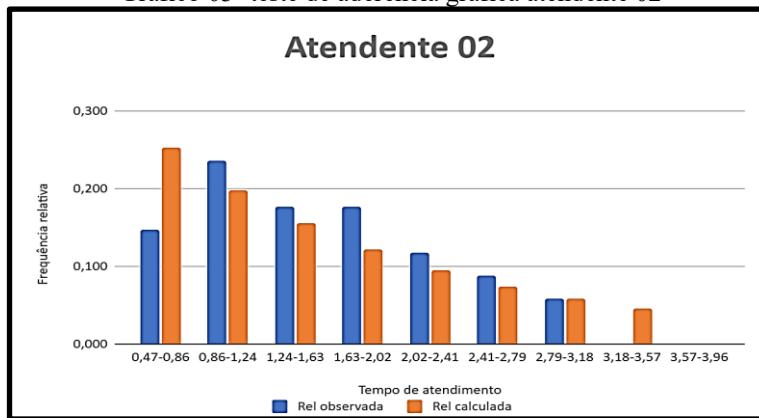
Fonte: Os Autores (2021)

Quadro 12- Atendente 02 aderência gráfica

Tempo de atendimento	Relativa observada	Relativa calculada
0,47-0,86	0,147	0,252
0,86-1,24	0,235	0,198
1,24-1,63	0,176	0,155
1,63-2,02	0,176	0,121
2,02-2,41	0,118	0,095
2,41-2,79	0,088	0,074
2,79-3,18	0,059	0,058
3,18-3,57	0,000	0,046
3,57-3,96	0,000	0,000

Fonte: Os Autores (2021)

Gráfico 03- teste de aderência gráfica atendente 02



Fonte: Os Autores (2021)

4 RESULTADOS

Depois de verificado que o λ médio = 1,2166 e μ médio= 0,6460 passaram do teste não paramétrico, significa que pode usar esses valores de taxa de chegada média e taxa de atendimento médio para calcular os parâmetros de tomada de decisão.

4.1 MODELO DE FILA

Primeiramente, é verificado qual modelo de fila mais se enquadra no estudo, e posteriormente é aplicado às fórmulas.

De acordo com os dados obtidos o modelo que mais se enquadra é M / M / 2 / ∞ / FIFO (Notação de Kendall). Segue a tabela com os parâmetros para o cálculo de tomada de decisão.

Quadro 13- Parâmetros para o cálculo de tomada decisão

MODELO DE FILAS	M/M/2/ ∞ /FIFO
λ méd=	1,2166667
μ méd=	0,6460886
número de atendentes (c) =	2

Fonte: Os Autores (2021)

4.2 SITUAÇÃO USUAL DO SISTEMA

Após os parâmetros estabelecidos foi calculado a taxa de ocupação, que segue a fórmula abaixo:

$$\text{Taxa de ocupação} = \frac{\lambda}{\mu * c} = 0,94156 = 94\%$$

Pode verificar-se que a taxa de ocupação é menor que 1, o que significa que o sistema está estável e pode seguir com os cálculos do M/M/C.

Posteriormente foi feito o cálculo do parâmetro r:

$$r = \frac{\lambda}{\mu} = 1,88312$$

Em seguida foi feito o cálculo das fórmulas estabelecidas pelo modelo de fila M/M/C.

- Probabilidade de um usuário qualquer não ter que aguardar na fila $P_0 = P$:

$$P_0(C) = \left[\left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{r^n}{n!} \right) + \frac{r^c}{c!(1-p)} \right]^{-1} = 0,1270$$

- Número médio de clientes na fila aguardando atendimento- NF(C):

$$NF(C) = \frac{P_0(c)*r^{c+1}}{(c-1)!*(c-r)} = 13,2 \text{ Clientes}$$

- Número de clientes no sistema - NS(c):

$$NS(c) = r + NF(c) = 15,12671 \text{ clientes}$$

- Tempo médio de permanência de um cliente na fila TF(c)

$$TF(c) = \frac{NF(c)}{\lambda} = 12,4329 \text{ minutos}$$

- Tempo médio de permanência de um cliente no sistema TS(c)

$$TS(c) = TF(c) + \frac{1}{\mu} = 13,9806 \text{ minutos}$$

- Ociosidade do sistema

$$1-\rho = 0,0584 = 5,84\%$$

Portanto é possível afirmar que a taxa de ocupação é de 94% e o tempo de espera na fila é de aproximadamente 13 minutos, ou seja, o cliente chega e espera 13 minutos até ser atendido. Dessa forma, pode-se concluir que o sistema com dois atendentes está super congestionado. Portanto, foi necessário fazer uma análise com o aumento do número de atendentes para que fosse possível um atendimento da demanda com um tempo de espera reduzido.

4.3 ANÁLISE

Quadro 14- Análise

Número de atendentes	Tx de ocupação	TF(C)	Po(C)	Situação
2	0,9415633648	12,43290904	0,02708925897	Sistema subdimensionado
3	0,6277089099	1,981021264	0,1045744622	Melhor opção
4	0,4707816824	1,643491495	0,1322208171	Sistema estável

Fonte: Os Autores (2021)

Portanto, após a análise com 3 e 4 atendentes, percebeu-se que 3 atendentes seria a melhor opção para o funcionamento da fila em questão, visto que a taxa de ocupação reduziria para 62% e o tempo de espera na fila seria de aproximadamente 2 minutos. O número de atendentes não poderia ser 4, porque ficaria um sistema superdimensionado, ou seja, o número de atendentes seria maior do que a demanda, o que não seria viável para nenhum estabelecimento. É importante ressaltar que a taxa de ocupação ideal seria de 80%.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados, é possível afirmar que o sistema em estudo, no horário observado, está subdimensionado. O sistema possui uma taxa de ocupação de 94%, sendo menor que 1, demonstrando que o sistema é estável, porém, por ter uma taxa de ocupação alta, está em iminência de congestionamento, formando filas, cujo tempo de espera é de 13 minutos. Após a análise com outros cenários, percebeu-se que 3 atendentes seria a melhor opção para o funcionamento da fila em questão, visto que a taxa de ocupação reduziria para 62% e o tempo de espera na fila seria de aproximadamente 2 minutos. A taxa de ocupação ideal seria de 80%. Portanto, observa-se que o modelo de fila adotado nessa empresa precisa ser redimensionado para que o sistema opere com maior fluidez. Há a possibilidade, também, que a demanda aumente após o período atípico que se vive devido a pandemia do Coronavírus. Por isso, mostra-se necessário estudos futuros para dar continuidade ao trabalho na empresa, coletando informações em um maior intervalo de tempo e horários diferentes, afim de verificar o crescimento ou redução da demanda, alterações de layout e eficiência de atendimento.

Desse modo, o objetivo do estudo foi alcançado, uma vez que foi possível avaliar o sistema e tirar conclusões por meio das variáveis em questão. Logo, a utilização da Teoria das Filas contribui para orientar o processo de atendimento de usuários e buscar sua eficiência, diminuindo a ociosidade e apresentando formas de melhorar a alocação de recursos nas operações de atendimento.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. L. Introdução à pesquisa operacional. 4. ed. São Paulo: LTC, 2011.
- ARENALES, M. et al. Pesquisa operacional. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BASTOS, L. S. L.; MENDES, M.; BARBOSA, F.; MARTINS, V. Análise da incidência de filas em um serviço drive-thru de uma empresa de fast-food. In: ENCONTRO INTERESTADUAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2015, São João das Barras. Anais [...]. São João das Barras: SESC Mineiro de Grussáí, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301324877_Analise_da_incidencia_de_filas_em_um_serviço_drive-thru_de_uma_empresa_de_fast-food. Acesso em: 14 mar. 2021.
- BRUNS, R.; SONCIM, S.; SINAY, M. Pesquisa operacional: uma aplicação da teoria das filas a um sistema de atendimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2009, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABEP, 2009.
- FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. Teoria de filas. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.
- JUNIOR, F.; CARVALHO, L. Aplicação da teoria das filas: melhoria do atendimento do Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2017, [S.I.]. Anais [...]. [S.I.]: ABEP, 2017. Disponível em: http://www.abep.org.br/biblioteca/TN_STP_243_410_31009.pdf. Acesso em: 14 mar. 2021.
- LIMA, B. et al. A teoria das filas como ferramenta de apoio para análise de uma empresa de lava-rápido em Volta Redonda. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 2015, [S.I.]. Anais [...]. [S.I.]: [s.n.], 2015.
- MARINS, F. Introdução à pesquisa operacional. [S.I.]: UNESP, 2009.
- ORLANDIN, B. et al. Aplicação de teoria das filas para o dimensionamento de um sistema de triagem de um hospital. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2020, [S.I.]. Anais [...]. [S.I.]: ABEP, 2020. Disponível em: http://www.abep.org.br/biblioteca/TN_STO_344_1765_41184.pdf. Acesso em: 15 mar. 2021.
- SANTOS, M. Pesquisa operacional. [S.I.]: [s.n.], 2003. Disponível em: <http://www.facom.ufms.br/~ricardo/Courses/OR-2009/Materials/po.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- TORRES, O. Elementos da teoria das filas. Revista de Administração de Empresas, [S.I.], v. 6, n. 17, 1966. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901966000300005. Acesso em: 14 mar. 2021.