

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <http://www.researchgate.net/publication/277328779>

# MELHORIA NO ATENDIMENTO DOS CAIXAS NUMA EMPRESA VAREJISTA UTILIZANDO TEORIA DAS FILAS: UM ESTUDO DE CASO

CONFERENCE PAPER · OCTOBER 2014

## 2 AUTHORS:



[Heráclito L. J. Pontes](#)

Universidade Federal do Ceará

22 PUBLICATIONS 1 CITATION

[SEE PROFILE](#)



[Marcos Albertin](#)

Universidade Federal do Ceará

10 PUBLICATIONS 1 CITATION

[SEE PROFILE](#)

# MELHORIA NO ATENDIMENTO DOS CAIXAS NUMA EMPRESA VAREJISTA UTILIZANDO TEORIA DAS FILAS: UM ESTUDO DE CASO

**Jose Murilo Veloso Guimaraes Filho (UFC )**

[murilofilho@gmail.com](mailto:murilofilho@gmail.com)

**Heraclito Lopes Jaguaribe Pontes (UFC )**

[hjaguaribe@ufc.br](mailto:hjaguaribe@ufc.br)

**Greyce Palacio Paulino (UFC )**

[greycepalacio@gmail.com](mailto:greycepalacio@gmail.com)

**Marcos Ronaldo Albertin (UFC )**

[albertin@ufc.br](mailto:albertin@ufc.br)



*As filas são um dos principais gargalos na operação das empresas varejistas. Com o propósito de melhorar o nível de atendimento da empresa e atingir uma diferenciação competitiva, foi realizado um estudo utilizando a Teoria das Filas para analisar o comportamento do sistema de acordo com índices de produtividade buscando descobrir oportunidades de melhoria na agilidade do processo. Com a utilização da Teoria das Filas, foi possível modelar o processo de pagamento de compras na empresa e buscar sua eficiência, diminuindo a ociosidade e apresentando formas de melhorar a alocação de funcionários nas operações de atendimento. Para a realização do estudo, foram coletados dados históricos de atendimento ao longo de três anos de operação de uma loja da empresa em estudo, além de observações de quantidade de clientes que chegavam ao sistema por hora e o ritmo de*

*atendimento de cada um deles. Ao final, foi possível diminuir a ociosidade do sistema e definir parâmetros para a alocação de operadores de modo que o sistema não se desestabilizasse. Os parâmetros definidos foram a comparação dos dados anuais com os dados observados, para verificação da realidade das informações, o ritmo de chegada ( ) e o ritmo médio de atendimento ( $\mu$ ), que serviram para definição do modelo, e número médio de clientes no sistema ( $L$ ), número médio de clientes na fila ( $Lq$ ), tempo médio de espera na fila ( $Wq$ ) e tempo médio de permanência no sistema, que serviram para análise de desempenho do sistema. Observou-se uma subutilização do sistema, com uma taxa de ocupação de 0,81, visualizando-se a possibilidade de atender uma demanda maior. Assim, criou-se uma tabela de medidas de desempenho, que possibilita a redução da ociosidade de acordo com a necessidade da gerência.*

*Palavras-chaves: Teoria das Filas; Produtividade; Varejo.*

## 1. Introdução

No setor varejista, a concorrência baseada no preço cedeu lugar a novos fatores de competitividade, devido ao aumento das exigências dos clientes, e o atendimento passou a ter importância significativa na escolha de onde comprar.

Na busca da satisfação do cliente, indicadores, como o comportamento das filas de pagamento, devem ser observados para medir a eficiência do atendimento. A Teoria das Filas é uma ferramenta que permite analisar e dimensionar sistemas para evitar desperdícios e eliminar gargalos de operação.

No varejo, a teoria das filas visa a obter um modelo de previsão do comportamento da demanda, para estabelecer parâmetros que mantenham a estabilidade do sistema, garantindo à gerência que não haverá situações de descontrole que evidenciem incapacidade da loja em atender os consumidores. Assim, uma fila controlada torna-se um fator de competitividade, podendo impactar diretamente no resultado financeiro e operacional da organização.

Este trabalho faz uma análise do sistema de atendimento de uma empresa varejista com o intuito de dimensionar sua capacidade e buscar maneiras de melhorar o aproveitamento da mão de obra usando conceitos de teoria das filas. Além disso, a produtividade dos operadores de caixa também é utilizada para analisar a eficiência do método de trabalho praticado. Assim, esse estudo objetiva a melhoria da utilização de recursos produtivos de uma empresa varejista, visando à diminuição do tempo de espera na fila de atendimento e à manutenção da estabilidade do atendimento.

A necessidade da realização desse trabalho surgiu da carência de melhorias no sistema de atendimento da empresa estudada. O alto índice de reclamações dos consumidores devido à demora na fila e a crescente desistência de compras que prejudicavam o faturamento revelaram uma possível deficiência no gerenciamento do atendimento.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1 O Varejo

O varejo é a venda de produtos em pequenas quantidades. Consoante Kotler (2000), inclui todas as atividades relativas à venda de produtos ou serviços diretamente ao consumidor final, para uso pessoal e não comercial.

Conforme Parente (2000), o varejo possui um importante papel no cenário brasileiro, representando mais de 10% do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Esse resultado do comércio varejista é um importante indicador da atividade econômica no país.

A formação de grandes grupos empresariais obrigou organizações desse setor a buscarem diferenciação para conquistar o consumidor. De acordo com Rizzi e Sita (2012), o atendimento ao cliente figura entre os principais fatores de competitividade no mercado atual. Uma forma de melhorar o atendimento ao cliente é reduzindo o tamanho das filas, as quais são objeto de estudo desse trabalho, por meio da Teoria das Filas.

## 2.2 Teoria das Filas

Um dos principais gargalos operacionais do varejo são as filas, representando um funcionamento deficiente do sistema organizacional. A Teoria das Filas, segundo Fogliatti (2007), consiste na modelagem analítica de processos que resultam em espera e tem como objetivo determinar e avaliar quantidades, denominadas medidas de desempenho, que expressam a produtividade/operacionalidade desses processos. A modelagem, então, é feita de modo a não existir nenhum gargalo.

Segundo Andrade (2009), quando o tamanho da fila ultrapassa o valor esperado, a qualidade e a produtividade do sistema caem e o custo total de operação tende a crescer. Manter excesso de capacidade traz custos elevados, porém restringir a capacidade resulta em espera elevada. Os modelos de filas permitem encontrar um equilíbrio apropriado entre custo de serviço e o tempo de espera (HILLIER, 2010).

O primeiro passo no estudo de filas, para Andrade (2009), é o levantamento estatístico do número de clientes atendidos por unidade de tempo, ou do tempo gasto em cada atendimento. Em geral esse tempo é aleatório, isto é, cada cliente exige um tempo próprio de atendimento.

É necessário também definir formas de organização e de chegada dos clientes. Na maioria dos

sistemas de fila, essas chegadas estão sujeitas a uma variação aleatória, descrita por distribuições de probabilidade de chegadas. O processo de chegada geralmente segue a distribuição de Poisson para ritmos ou a distribuição exponencial negativa para intervalos entre chegadas (PRADO, 2006). A forma de organização da fila da empresa em questão segue o modelo FIFO (*First In – First Out*), no qual os usuários são atendidos na ordem de chegada, além disso, o modelo é caracterizado pelo tipo M/M/c.

### 2.2.1 Modelo M/M/c/∞/FIFO

Esse modelo, também conhecido como M/M/c, é caracterizado por intervalos entre chegadas e tempos de atendimento que seguem distribuições exponenciais. A fila é única, e existe mais de um canal de serviço. A população do sistema é infinita e a disciplina da fila segue o atendimento ao primeiro que chega. Nesse caso, segundo Prado (2006), supõe-se que a capacidade de atendimento de cada um dos servidores é a mesma (ou seja,  $\mu$ ).

Para a modelagem do sistema de fila, Prado (2006) cita algumas variáveis randômicas fundamentais: Variáveis Referentes ao Processo de Chegada:  $\lambda$  = Ritmo Médio de Chegada, IC = Intervalo Médio entre Chegadas e, por definição,  $IC = \frac{1}{\lambda}$ ; e, Variáveis Referentes ao Processo de Atendimento: TA = Tempo Médio de Atendimento ou de Serviço, c = Capacidade de Atendimento ou Quantidade de Atendentes,  $\mu$  = Ritmo Médio de Atendimento de cada atendente e, por definição,  $TA = \frac{1}{\mu}$ .

A razão entre  $\lambda$  e  $\mu$  é chamada de taxa de utilização ( $\rho$ ), para uma fila e vários atendentes é (PRADO, 2006):

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu} \quad (1)$$

Segundo Prado (2006), um sistema é estável se  $\rho < 1$ , ou seja, os atendentes serão sempre capazes de atender ao fluxo de chegada se  $\lambda < \mu$ .

As equações modelo, segundo Fogliatti (2007), são:

Probabilidade de o sistema estar vazio ( $P_0$ ):

$$P_0 = \left( \sum_{n=0}^{c-1} \frac{r^n}{n!} + \frac{cr^c}{c!(c-r)} \right)^{-1} \quad (2)$$

Probabilidade de haver um número  $n$  de clientes ( $P_n$ ):

$$P_n = \begin{cases} P_0 \frac{r^n}{n!}, 1 \leq n < c, \\ P_0 \frac{r^n}{c^{n-c} c!}, n \geq c. \end{cases} \quad (3)$$

Número médio de clientes na fila ( $L_q$  ou NF):

$$L_q = \frac{P_0 cr^{c+1}}{c!(c-r)^2} \quad (4)$$

Pela fórmula de Little, obtêm-se as demais medidas de desempenho:

Número médio de clientes no sistema ( $L$  ou NS):

$$L = r + \left[ \frac{r^{c+1}c}{c!(c-r)^2} \right] \cdot P_0 \quad (5)$$

Tempo médio de espera na fila ( $W_q$  ou TF):

$$W_q = \frac{r^c \mu}{(c-1)!(c\mu - \lambda)^2} \cdot P_0 \quad (6)$$

Tempo médio de permanência no sistema ( $W$  ou TS):

$$W = \frac{1}{\mu} + \left[ \frac{r^c \mu}{(c-1)!(c\mu - \lambda)^2} \right] \cdot P_0 \quad (7)$$

Função de distribuição acumulada  $W_q(t)$  do tempo de espera na fila

$$W_q(t) = 1 - P_0 \cdot \frac{r^c}{c!(1-\rho)} e^{-(c\mu-\lambda)t}, \forall t \geq 0 \quad (8)$$

Para a análise de compatibilidade entre os dados do estudo, torna-se necessário realizar o teste

qui-quadrado.

### 2.2.2 Qui-Quadrado

Segundo Spiegel e Stephens (2009), os resultados obtidos de amostras, normalmente, não concordam, com os resultados teóricos esperados, de acordo com regras de probabilidade. Por meio do teste Qui-Quadrado, pode-se analisar a compatibilidade entre amostras e resultados teóricos. Essa verificação se dá por meio da fórmula (SPIEGEL; STEPHENS, 2009):

$$X^2 = \frac{(o - e)^2}{e} \quad (9)$$

Onde,  $o$  = é a frequência observada e  $e$  = é a frequência esperada. Para verificação da verossimilhança, essas variáveis devem ser independentes, levando a estatística do Qui-Quadrado próxima de zero (DOANE; SEWARD, 2011).

### 2.3 Produtividade

Um sistema de medição de desempenho pode ser definido, segundo Corrêa e Corrêa (2011), como um conjunto coerente de métricas usado para quantificar a eficiência e a eficácia das ações. Em essência, produtividade é uma medida de eficiência. A menos que a empresa entenda as fontes de sua eficiência, é improvável que consiga melhorá-las. Portanto, se a produtividade de uma operação não é explicitamente medida, não é realista esperar que seus gestores aloquem a devida prioridade.

A análise de produtividade dos funcionários é importante para definir as estratégias de dimensionamento de capacidade e a alocação de mão de obra. A produtividade pode ser aprimorada a partir do trabalho, quando se consegue aumentar a eficiência do funcionário (NEUMANN, 2013). A quantidade de funcionários ajuda a empresa a faturar mais, porém nem sempre esse aumento trará um resultado financeiro melhor. Assim, é importante definir uma meta e acompanhar a produtividade para evitar gastos indevidos com funcionários.

Desse modo, num ambiente de concorrência cada vez mais agressiva é importante que as empresas mantenham o controle de suas eficiências, a fim de se tornarem mais competitivas e se diferenciarem com uma operação mais produtiva. Conforme Neumann (2013), a

produtividade pode ser aprimorada reduzindo o custo dos *inputs* da operação, mantendo o nível dos *outputs*, segundo a equação:

$$\text{Produtividade total} = \frac{\sum \text{output}}{\sum \text{input}} \quad (10)$$

Nesse caso, para o cálculo da produtividade, considera-se que os *outputs* são os itens registrados por funcionários e os *inputs* são o tempo necessário para realização do registro, obtendo-se a produtividade por funcionário.

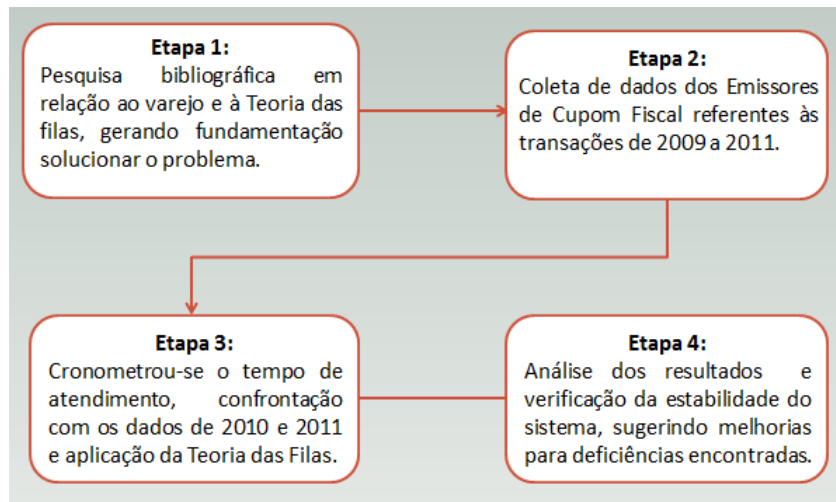
### 3. Estudo de Caso

#### 3.1 Metodologia do Estudo

O método utilizado na aplicação da Teoria das Filas tem como base o uso de dados obtidos diretamente da empresa estudada. A pesquisa foi de natureza aplicada, visando à utilização do estudo para a solução do problema de filas da empresa. Utilizou-se uma abordagem quantitativa, na tentativa de traduzir em números o comportamento dos clientes dentro do atendimento. O procedimento técnico a partir dos dados coletados e a análise do comportamento do processo da empresa caracterizaram um estudo de caso.

A aplicação da Teoria das Filas requereu uma pesquisa bibliográfica, que de acordo com Vergara (2000) é um estudo sistematizado desenvolvido com base em um material disponível ao público, que pode disponibilizar um instrumento analítico para outros trabalhos findar-se em si mesmo. Assim, o método utilizado é descrito nas seguintes etapas:

Figura 1: Metodologia do estudo



Fonte: Elaborada pelo autor

### 3.2 Aplicação do Método

A empresa em estudo é uma filial de uma rede nacional de lojas de departamento, com mais de 25 colaboradores, que atende em média 30 mil clientes por mês e possui uma circulação média de 1.500 pessoas por dia.

Uma média de três caixas de pagamento é disponibilizada em operação durante dia, de um total de 15 disponíveis. Segundo a gerência, isso se deve ao fato do quadro de funcionários ser reduzido, impossibilitando a disponibilização de todos os caixas para atendimento. O atendimento é paralelo, com sistema de fila única com disciplina *FIFO*.

Os dados coletados de transações executadas nos Emissores de Cupom Fiscal (ECF) referente aos anos de 2009 a 2011 foram obtidos com a própria empresa por meio de relatórios internos de atendimento. Os tempos cronometrados de chegadas de clientes e de atendimento foram observados durante quatro domingos considerado não sazonal, entre 18 e 19 horas, horário de menor variabilidade da demanda de acordo com a gerência da loja.

#### 3.2.1 Levantamento dos Dados

A partir do relatório de atendimento de 2009 na tabela 1, obtêm-se a quantidade de itens registrados e dados para uma estimação do tempo médio de atendimento geral. O tempo total

de atendimento é resultado da soma do tempo de registro de itens e do tempo de pagamento. Uma vez feita essa soma, divide-se pelo total de clientes atendidos naquele ano e se obtém o tempo médio de atendimento.

Tabela 1 - Tempos médios de atendimento e itens registrados de 2009

	<b>Quant. de Itens Registrados</b>	<b>Tempo Total de Operação (Min)</b>	<b>Quant. Clientes</b>	<b>TMA (Min)</b>
Jan	75.734	30.192	20.160	1,50
Fev	63.537	23.702	16.824	1,41
Mar	76.578	30.043	20.745	1,45
Abr	91.973	35.724	23.151	1,54
Mai	89.120	36.639	24.588	1,49
Jun	86.460	34.175	24.450	1,40
Jul	117.519	35.892	31.214	1,15
Ago	90.155	31.620	25.064	1,26
Set	80.819	32.786	22.672	1,45
Out	97.872	41.271	26.789	1,54
Nov	102.553	36.237	26.939	1,35
Dez	159.579	58.865	39.971	1,47
<b>2009</b>	<b>1.131.899</b>	<b>427.146</b>	<b>302.567</b>	<b>1,41</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

O tempo médio de atendimento de 2009 na tabela 2 foi, portanto, de 1,41 minutos, ou, aproximadamente, 1m25s. Mantendo o raciocínio anterior, foram calculados os tempos médios de atendimento a partir do relatório de atendimento do ano 2010.

Tabela 2 - Tempos médios de atendimento de 2010

	<b>Quant. de Itens Registrados</b>	<b>Tempo Total de Operação (Min)</b>	<b>Quant. Clientes</b>	<b>TMA (Min)</b>
Jan	116.501	37.047	29.733	1,25
Fev	89.365	29.964	22.980	1,30
Mar	109.365	39.572	27.384	1,45
Abr	94.346	35.786	25.338	1,41
Mai	93.461	38.891	26.303	1,48
Jun	93.654	40.204	26.330	1,53
Jul	135.104	46.552	35.833	1,30
Ago	101.613	40.347	28.523	1,41
Set	99.019	37.649	27.518	1,37
Out	123.732	47.406	34.176	1,39
Nov	113.094	39.949	30.354	1,32
Dez	166.836	61.921	42.199	1,47
<b>2010</b>	<b>1.336.090</b>	<b>495.288</b>	<b>356.671</b>	<b>1,39</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Em 2010, houve um aumento significativo na quantidade de clientes atendidos, o que sinaliza um crescimento de 17% na demanda atendida. O tempo médio de atendimento, em 2010, foi de 1,39 minutos, ou, aproximadamente, 1m23s, valor menor em relação a 2009.

A partir do relatório de atendimento do ano 2011, obtiveram-se os seguintes dados:

Tabela 3 - Dados de atendimento referentes a 2011

	Quant. de Itens Registrados	Tempo Total de Operação (Min)	Quant. Clientes	TMA (Min)
Jan	121.185	38.525	31.253	1,23
Fev	98.695	34.232	25.723	1,33
Mar	99.114	35.155	26.050	1,35
Abr	137.693	44.102	31.703	1,39
Mai	104.342	39.737	28.161	1,41
Jun	96.784	34.964	27.781	1,26
Jul	127.824	39.240	34.515	1,14
Ago	106.804	33.574	28.351	1,18
Set	99.529	32.446	26.865	1,21
Out	120.748	42.480	31.886	1,33
Nov	117.230	36.576	29.642	1,23
Dez	196.987	67.389	49.050	1,37
<b>2011</b>	<b>1.426.935</b>	<b>478.420</b>	<b>370.980</b>	<b>1,29</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Houve crescimento na quantidade de clientes de aproximadamente 4% em relação a 2010. O tempo médio de atendimento registrado em 2011 foi igual a 1,29 minutos, ou seja, 1m17s. Finalmente, pode-se representar o tempo médio de atendimento da loja nos três anos de operação como sendo a média dos três tempos obtidos, o que resulta em um TMA Geral de 1,36 minutos, ou seja, 1m21s de permanência no caixa da loja, não considerando o tempo gasto em fila.

Nota-se, pelo gráfico 1, que houve uma evolução na produtividade no período de 2009 a 2011, levando em consideração a quantidade de itens registrados.

Gráfico 1 - Evolução da Produtividade Média Anual (Registros/Min)



Fonte: Elaborado pelo autor

Pelos dados das tabelas 1, 2 e 3, divide-se o total de itens registrados pela quantidade de clientes atendidos. Isso gera o valor de 3,74 itens por cupom em 2009, 3,74 em 2010 e 3,72 em 2011. Como não há diferença significativa entre esses valores, considera-se que, em média, cada cliente compra 3,73 itens. Sendo assim, em 2011, foram registrados 1.378.366 de itens em 180.780 minutos de registro de itens, resultando em 370.980 clientes atendidos. Se a produtividade aumentasse de 7,62 itens por minuto para 8,38 itens por minuto, ou seja, um aumento de 10%, ter-se-ia um total de 1.514.936 itens registrados. Como cada cupom tem, em média, 3,73 itens registrados, divide-se o total de registros pela média de itens passados, o que resulta em um total de 406.149 cupons, ou seja, aumento de 10% no número de transações.

Assim, a produtividade é um indicador válido para guiar ações de melhora na operação. Um aumento pequeno na produtividade resulta em aumento de capacidade e favorece a absorção de eventuais flutuações de demanda sem gerar custos adicionais de operação.

### 3.2.2 Tratamento dos Dados

Após a coleta dos dados, que possibilitaram a obtenção do histórico de demanda e dos tempos médios de atendimento, foi observado o comportamento da fila única do estabelecimento em um período determinado pela gerência da loja. Os dias escolhidos foram quatro domingos de um mês, usualmente o segundo dia mais forte em vendas da semana. Foram obtidos tanto as marcações das chegadas dos clientes à fila para atendimento quanto os tempos gastos pelos caixas para realizar a venda.

A coleta durou aproximadamente uma hora, e nesse período foi registrada a quantidade de

clientes que chegavam por minuto no sistema (frequência observada). Por meio dos dados obtidos, pode-se calcular a frequência relativa observada para se determinar a distribuição do número de chegadas, representados a seguir:

Tabela 4 - Frequência Relativa do Número de Chegadas

Número de Chegadas	Frequência Observada	Frequência Relativa	Frequência Relativa Acumulada Observada
0	11	0,18	0,18
1	14	0,23	0,42
2	20	0,33	0,75
3	10	0,17	0,92
4	3	0,05	0,97
5	2	0,03	1,00
Total	60	1,00	

Fonte: Elaborada pelo autor

A partir dos dados dessa tabela, calcula-se o Ritmo Médio de Chegada ( $\lambda$ ), resultado da razão entre o total de clientes que chegaram ao sistema no período observado pelo tempo de observação. Então, obtem-se o valor de  $\lambda$  igual a 1,767 clientes por minuto, taxa essa que pode ser considerada constante durante o período observado.

A distribuição do número de chegadas sugere que existe uma aderência à distribuição de Poisson com parâmetro  $\lambda$  igual a 1,767 chegadas por minuto. Para a verificação dessa aderência, segundo Fogliatti (2007), é necessário aplicar algum teste estatístico não-paramétrico como o Qui-Quadrado, utilizado neste estudo de caso. Nele, calcula-se a frequência esperada de acordo com a distribuição de Poisson e então obtem-se  $X^2$ , para então verificar se o valor encontrado é inferior ao valor tabela para a significância pretendida. Se sim, aceita-se a hipótese de que a distribuição de Poisson representa os valores observados. Caso contrário, não há aderência entre os dados.

As frequências esperadas são calculadas utilizando a fórmula da probabilidade de Poisson, e os dados obtidos estão na tabela a seguir:

Tabela 6 - Frequências Esperadas

Número Chegadas	Frequência Observada	Probabilidade de Poisson	Frequência Esperada
0	11	0,1709	10,25
1	14	0,3019	18,12
2	20	0,2667	16,00
3	10	0,1571	9,42
4	3	0,0694	4,16
5	2	0,0245	1,47
<b>Total</b>	60	0,9905	59,43

Fonte: Elaborada pelo autor

Uma vez determinadas as frequências esperadas, é feito o cálculo de  $X_{obs}^2$ :

Tabela 7 - Teste Qui-Quadrado

Número Chegadas	Frequência Observada	Probabilidade de Poisson	Frequência Esperada
0	11	0,1709	10,25
1	14	0,3019	18,12
2	20	0,2667	16,00
3	10	0,1571	9,42
4	3	0,0694	4,16
5	2	0,0245	1,47
<b>Total</b>	60	0,9905	59,43

Fonte: Elaborada pelo autor

O valor obtido, 2,54, é menor do que o valor crítico tabelado para uma significância de 5%, ou seja,  $X_{obs}^2 = 2,54 < 9,488$ , sendo portanto aceita a hipótese de que o número de chegadas com parâmetro  $\lambda = 1,767$  clientes por minuto ao nível de 5% de significância segue a distribuição de Poisson.

No período da coleta do tempo de atendimento, havia três caixas disponíveis em funcionamento, situação de operação que é considerada normal. Os tempos de atendimento dos clientes do caixa 1, 2 e 3 são descritos nas tabelas 7, 8 e 9 respectivamente.

Tabela 7 - Tempos de Atendimento do Caixa 1

CAIXA 1							
N (Cliente)	Tempo de Atendimento (Min)	N (Cliente)	Tempo de Atendimento (Min)	N (Cliente)	Tempo de Atendimento (Min)	N (Cliente)	Tempo de Atendimento (Min)
1	00:01:56	15	00:01:25	29	00:00:43	43	00:01:16
2	00:00:32	16	00:01:03	30	00:01:05	44	00:00:27
3	00:00:59	17	00:01:51	31	00:02:10	45	00:02:10
4	00:00:29	18	00:00:45	32	00:01:06	46	00:01:00
5	00:02:13	19	00:00:42	33	00:00:26	47	00:00:59
6	00:03:26	20	00:03:15	34	00:01:07	48	00:01:32
7	00:00:50	21	00:01:22	35	00:02:42	49	00:02:10
8	00:03:01	22	00:00:31	36	00:00:36	50	00:03:16
9	00:00:51	23	00:01:00	37	00:02:29	51	00:02:47
10	00:00:29	24	00:01:54	38	00:00:31	52	00:00:55
11	00:01:03	25	00:01:47	39	00:01:46	53	00:01:47
12	00:03:01	26	00:00:32	40	00:00:57	54	00:00:52
13	00:00:21	27	00:02:53	41	00:02:01	55	00:01:30
14	00:01:20	28	00:03:42	42	00:01:32		

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 81 - Tempos de Atendimento do Caixa 2

CAIXA 2							
N (Cliente)	Tempo de Atendimento (Min)	N (Cliente)	Tempo de Atendimento (Min)	N (Cliente)	Tempo de Atendimento (Min)	N (Cliente)	Tempo de Atendimento (Min)
1	00:00:32	14	00:00:52	27	00:00:49	40	00:00:31
2	00:01:21	15	00:00:32	28	00:00:47	41	00:00:23
3	00:00:28	16	00:00:42	29	00:01:06	42	00:01:25
4	00:01:33	17	00:01:05	30	00:02:43	43	00:00:45
5	00:00:25	18	00:00:20	31	00:02:06	44	00:00:41
6	00:01:25	19	00:03:01	32	00:02:18	45	00:00:44
7	00:02:16	20	00:00:36	33	00:00:39	46	00:01:31
8	00:00:42	21	00:01:38	34	00:01:15	47	00:01:35
9	00:00:34	22	00:00:50	35	00:01:22	48	00:00:40
10	00:04:34	23	00:00:44	36	00:02:07	49	00:01:06
11	00:02:15	24	00:02:09	37	00:00:58	50	00:00:23
12	00:00:37	25	00:01:07	38	00:00:23	51	00:00:19
13	00:00:55	26	00:01:08	39	00:01:02	52	00:00:20

Fonte: Elaborada pelo Autor

Tabela 9 - Tempos de Atendimento do Caixa 3

CAIXA 3							
N (Cliente)	Tempo de Atendimento (Min)	N (Cliente)	Tempo de Atendimento (Min)	N (Cliente)	Tempo de Atendimento (Min)	N (Cliente)	Tempo de Atendimento (Min)
1	00:01:40	15	00:01:44	29	00:01:05	43	00:00:55
2	00:00:22	16	00:01:24	30	00:00:45	44	00:01:27
3	00:00:57	17	00:00:54	31	00:02:26	45	00:00:55
4	00:02:33	18	00:00:32	32	00:00:25	46	00:00:25
5	00:01:30	19	00:00:17	33	00:01:43	47	00:02:12
6	00:00:46	20	00:00:29	34	00:02:28	48	00:03:02
7	00:00:27	21	00:00:54	35	00:00:20	49	00:00:22
8	00:01:09	22	00:03:52	36	00:00:58	50	00:01:23
9	00:02:50	23	00:00:56	37	00:04:38	51	00:00:42
10	00:01:27	24	00:01:32	38	00:00:49	52	00:00:45
11	00:01:41	25	00:06:17	39	00:00:34	53	00:01:00
12	00:01:55	26	00:02:38	40	00:00:25		
13	00:01:18	27	00:00:32	41	00:00:30		
14	00:01:01	28	00:01:25	42	00:04:41		

Fonte: Elaborada pelo autor

A partir dos dados obtidos na tabela 7 tem-se um total de 1h23m5s de atendimento no caixa 1. Dividindo esse tempo pelo total de clientes atendidos, tem-se que o Tempo Médio de Atendimento do caixa 1 ( $TA_1$ ) é igual a 1m30s. Com isso, o Ritmo Médio de Atendimento ( $\mu$ ) do caixa 1, ou  $\mu_1$ , é igual 0,66 clientes por minuto.

O tempo total de atendimento observado no caixa 2 na tabela 8 foi de 1h19s. Assim, o tempo médio de atendimento é  $TA_2 = 1m10s$ , com um ritmo de atendimento  $\mu_2 = 0,86$  clientes por minuto.

No caixa 3 na tabela 9, o tempo total de atendimento foi de 1h17m57s. Assim,  $TA_3 = 1m28s$ , e  $\mu_3 = 0,68$  clientes por minuto. Como não há diferença significativa no número de clientes atendidos pelos três caixas, assume-se que o ritmo  $\mu$  do sistema seja a média aritmética dos três ritmos de atendimento obtidos, obtendo-se um resultado de 1,37 minutos, que pouco difere da média dos tempos registrados nos anos de 2009 a 2011 mostrados anteriormente (1,36 minutos). Assim, é possível assumir que o tempo médio obtido nas observações representa a realidade.

A seguir, nas tabelas 10 e 11 estão as probabilidades da distribuição exponencial e as frequências esperadas para cada intervalo:

Tabela 10 - Probabilidades da Distribuição Exponencial Negativa

Probabilidades			
TA	CAIXA 1	CAIXA 2	CAIXA 3
]0 – 1,5]	0,63	0,73	0,64
]1,5 – 3]	0,23	0,20	0,23
]3 – 4,5]	0,09	0,05	0,08
]4,5 – 6]	0,03	0,01	0,03
<b>Total</b>	<b>0,98</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 11 - Frequências Esperadas dos tempos de atendimento

Frequência Esperada (E)			
TA	CAIXA 1	CAIXA 2	CAIXA 3
]0 – 1,5]	34,63	37,73	33,89
]1,5 – 3]	12,83	10,35	12,22
]3 – 4,5]	4,75	2,84	4,41
]4,5 – 6]	1,76	0,78	1,59
<b>Total</b>	<b>53,97</b>	<b>51,71</b>	<b>52,10</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir das frequências esperadas, faz-se o teste qui-quadrado para verificar a aderência dos dados à distribuição exponencial negativa com média igual a 1,37 minutos:

Tabela 12 - Teste Qui-Quadrado para os tempos de atendimento

$(o-e)^2/e$			
TA	CAIXA 1	CAIXA 2	CAIXA 3
]0 – 1,5]	0,20	0,04	0,13
]1,5 – 3]	1,36	0,04	0,00
]3 – 4,5]	0,33	1,19	1,31
]4,5 – 6]	1,76	0,06	1,25
<b>Total</b>	<b>3,65</b>	<b>1,34</b>	<b>2,70</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Todos os valores do Qui-quadrado encontrados ( $X_{obs}^2$ ) são inferiores ao valor tabelado de 5,991. Assim, para um nível de 5% de significância, é aceitável dizer que os tempos de atendimento seguem a distribuição exponencial negativa.\*

### 3.2.3 Cálculo das Medidas de Desempenho

Uma vez verificada a aderência dos ritmos de chegada e de atendimento às distribuições de Poisson e Exponencial, pode-se definir as características do sistema. Com isso obteve-se taxa média de chegada de clientes ( $\lambda$ ) = 1,767 clientes por minuto e um ritmo médio de atendimento ( $\mu$ ) = 0,73 clientes por minuto.

Assim, pode-se representar o sistema pelo modelo  $M/M/3/\infty/FIFO$ , e, então, calcular as medidas de desempenho. Os resultados obtidos foram:

Taxa de ocupação:

$$\rho = 0,81 \quad (11)$$

Tamanho médio da fila ( $L_q$  ou NF):

$$L_q = 2,75 \text{ clientes} \quad (12)$$

Número médio de clientes no sistema (L ou NS):

$$L = 5,17 \text{ clientes} \quad (13)$$

Tempo médio de espera na fila ( $W_q$  ou TF):

$$W_q = 1,56 \text{ m} \quad (14)$$

Tempo médio de permanência no sistema (W ou TS):

$$W = 2,93 \text{ m} \quad (15)$$

Probabilidade de o sistema estar vazio ( $P_0$ ):

$$P_0 = 0,054 \quad (16)$$

Probabilidade de ócio parcial do sistema:

$$W_q(0) = 0,342 \quad (17)$$

Probabilidade de haver fila:

$$1 - W_q(0) = 0,658 \quad (18)$$

Assim, nota-se que o sistema está em regime estacionário, já que  $\rho < 1$ . Isso significa que o sistema está estável e a fila, controlada. A taxa de ocupação foi de 0,81, indicando que ainda é possível suportar um aumento de demanda. Toma-se  $\rho = \frac{\lambda}{c\mu}$ , então, para que o sistema permaneça estável, é necessário que  $c > \frac{\lambda}{\mu}$ , ou seja, o número de caixas  $c$  precisa ser maior ou igual a 3, ou a fila aumentará infinitamente.

Caso a gerência da loja mantenha a operação com 3 caixas, para uma taxa de ocupação de 0,95, tem-se uma taxa média de chegadas de 2,1 clientes por minuto. Isso quer dizer que, com 3 caixas em operação, o sistema comporta um aumento de até 17,7% na demanda.

O número de funcionários da loja possibilita a operação paralela de até 6 operadores de caixa, apesar de comprometer o abastecimento de mercadorias do salão de vendas. Assim, estimaram-se os parâmetros de número médio de clientes no sistema, tempo médio de permanência no sistema, número médio de clientes na fila e tempo médio gasto na fila para ajudar a gerência na alocação de operadores de caixa nos momentos de maior movimento. Os dados obtidos estão apresentados na tabela 13.

Tabela 13 - Medidas de desempenho do sistema

<b>c</b>	<b><math>L_q</math> (clientes)</b>	<b><math>W_q</math> (minutos)</b>	<b>L (clientes)</b>	<b>W (minutos)</b>
3	2,75	1,56	5,17	2,93
4	0,45	0,25	2,87	1,62
5	0,11	0,06	2,53	1,43
6	0,03	0,02	2,45	1,39

Fonte: Elaborada pelo autor

Com isso, a gerência pode definir a quantidade de caixas de acordo com algum parâmetro que lhe seja conveniente. Por exemplo, se para a gerência não for interessante um sistema com mais de cinco clientes, então deverá ter pelo menos quatro caixas em operação. De outro modo, se não for interessante para o cliente esperar no sistema mais de 1m30s, o número de caixas em operação deverá ser pelo menos cinco.

Desse modo, determina-se o sistema ideal de acordo com os parâmetros definidos na tabela de

desempenho do sistema. Nesse caso, o número de caixas em atendimento é o fator de maior influência para o atendimento das necessidades.

Para manter o sistema estável, com o controle da fila e sem onerar a empresa, propõe-se um modelo  $M/M/c(n)/\infty/FIFO$ , com  $c$  variando de 3 a 6. Assim, é possível o gerente proporcionar mais conforto aos seus clientes sem, contudo, gerar custos com contratação ou desperdício de hora trabalhada.

#### 4. Conclusão

O estudo apresentado objetivou a modelagem do sistema de filas da empresa estudada. A definição dos parâmetros de modelagem e a coleta dos dados por meio de observações do fluxo de clientes tornaram possível o cálculo de medidas de desempenho do sistema, além de revelar índices de produtividade que auxiliam no desenvolvimento de novas estratégias para aumentar a receita sem, no entanto, aumentar os custos de operação.

A loja opera, em dias normais, com três operadores de caixa fixos, o que definiu o  $M/M/3/\infty/FIFO$  como o modelo utilizado. Mostrou-se que o sistema opera de maneira estável. No entanto, em períodos de demanda constante, há subutilização do sistema, que funciona com uma taxa de ocupação de 0,81.

Assim, viu-se possível atender a uma demanda maior, e como a gerência da loja tem mais 3 funcionários disponíveis, quando necessário, para complementar o atendimento nos caixas, foi proposto um modelo de número de servidores variando de 3 a 6, sendo 3 o mínimo para manter o sistema em regime estacionário e 6 o número de funcionários que a gerência consegue incluir na operação. O resultado foi uma tabela de parâmetros que pode ser acompanhada pela gerência e balizar as ações para a melhoria da operação de caixas nas pequenas variações de demanda que ocorrem durante o dia. Um projeto simples que permite ao comando da loja atender às expectativas da demanda sem, no entanto, gerar custos de aumento de quadro de funcionários.

Finalmente, este trabalho mostrou-se válido por melhorar a utilização dos recursos produtivos da empresa estudada visando à diminuição do tempo de espera na fila de atendimento e à manutenção da estabilidade do atendimento.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: Manufatura e Serviços - Uma abordagem Estratégica**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.

DOANE, D. P.; SEWARD, L. E. **Estatística aplicada à Administração e à Economia**. Porto Alegre: AMGH, 2011.

FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. **Teoria de Filas**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.

KOTLER, P. **Administração de Marketing**. 10ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

NEUMANN, C. **Gestão de Sistemas de Produção e Operações: Produtividade, Lucratividade e Competitividade**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier - Campus, 2013.

PARENTE, J. G. **Varejo no Brasil: Gestão e Estratégia**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2000.

PRADO, D. **Teoria das Filas e da Simulação**. 3ª ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2006.

RIZZI, M.; SITA, M. **Ser + em Excelência no Atendimento ao Cliente: Encantar é preciso – Descubra como se tornar inesquecível para seus clientes**. São Paulo: Editora Ser Mais, 2012.

SPIEGEL, M. R.; STEPHENS, L. J. **Estatística**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.