



Revista Tecnologia e Sociedade

ISSN: 1809-0044

rts-ct@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do

Paraná

Brasil

Menolli Longhini, Tatielle; Alves de Freitas, Kenyth; Campos da Silva, Rafaela; Medeiros, Joyce Mariella

Uso de simulação de eventos discretos para a análise de atendimento de pequeno varejo

Revista Tecnologia e Sociedade, vol. 13, núm. 28, mayo-agosto, 2017, pp. 171-190

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Curitiba, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496654015011>

- ▶ [Como citar este artigo](#)
- ▶ [Número completo](#)
- ▶ [Mais artigos](#)
- ▶ [Home da revista no Redalyc](#)

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Uso de simulação de eventos discretos para a análise de atendimento de pequeno varejo

RESUMO

Tatielle Menolli Longhini
tatielle.longhini@gmail.com
Instituto Federal de Minas Gerais,
Congonhas, Minas Gerais, Brasil.

Kenyth Alves de Freitas
kenyth.freitas@gmail.com
Fundação Getúlio Vargas, São Paulo,
São Paulo, Brasil.

Rafaela Campos da Silva
rcampos@ita.br
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São
José dos Campos, São Paulo, Brasil.

Joyce Mariella Medeiros
Cavalcanti
joyce_mariella@yahoo.com.br
Universidade Federal de Minas Gerais,
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

A melhoria do nível de serviços ao cliente é um desafio para o varejo. Entre os principais problemas enfrentados, destacam-se as longas filas de espera. Sobre isso, a simulação pode oferecer importantes informações aos gestores para definir o melhor sistema de atendimento para diminuir as filas. Esta pesquisa teve como objetivo usar a simulação para apoiar a tomada de decisão na configuração do atendimento de um pequeno varejo para reduzir as filas em uma empresa do setor de varejo de alimentos. Para isso, foram coletados os tempos de chegada e atendimento, tornando possível simular um sistema com precisão e conformidade com a realidade. Os resultados indicaram que, com a introdução de mais um operador de atendimento, seria possível reduzir significativamente o número médio de pedidos em fila no processamento do produto, melhorando, assim, o atendimento aos clientes. Portanto, o uso da modelagem computacional se revelou como uma ferramenta relevante para a tomada de decisão no pequeno varejo no que tange à simulação para diminuir as filas.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação. Pequeno Varejo. Teoria de Filas.

INTRODUÇÃO

A escolha do estabelecimento de compra leva em consideração uma série de fatores como a qualidade do produto, a localização da loja, o atendimento e a conveniência (KOTLER; KELLER, 2006). De acordo com um estudo realizado pelo instituto de pesquisa de Euromonitor (2015), uma das principais tendências de consumo é a valorização da conveniência no momento da compra.

Segundo Morabito e Lima (2000), os consumidores apontaram que as longas esperas em filas são um dos principais pontos que necessitam de melhoria nas empresas do setor varejista. Além disso, a fidelidade dos consumidores depende do comprometimento do varejista em oferecer um serviço de qualidade, o que poderia ser obtido pela redução do tempo em filas (LOMBART; LOUIS, 2012).

Para diminuir o tempo em filas, uma estratégia muito utilizada é o aumento do número de atendentes. Ao aumentar o número de caixas e, consequentemente, de atendentes em operação, o tempo médio que o consumidor espera em fila é reduzido. No entanto, com um número maior de atendentes, elevam-se os gastos com pessoal, gerando um tradeoff. Portanto, o varejista que se propõe a adotar essa estratégia deve lidar com a escolha entre a melhoria do nível de serviço e o controle do custo (LOMBART; LOUIS, 2012). Para isso, o gestor deve tomar decisões com base em informações precisas que ofereçam suporte à tomada de decisão.

A abordagem matemática pode oferecer soluções para problemas práticos, evitando perdas e prejuízos para os pequenos negócios. A modelagem de sistemas permite a criação de um modelo computacional, gerando uma visão mais completa do processo. Sendo assim, pode-se considerar que a aplicação da ferramenta de simulação seria útil na resolução de alguns problemas no cenário do varejo (MUNIZ; GUIMARÃES; CAMPOS, 2009; PRADO, 2004a).

Com base no cenário descrito, a pergunta que este estudo pretendeu responder é: Como a simulação pode ser aplicada no atendimento do pequeno varejo para a redução do tempo dispendido em filas pelos seus consumidores? Para isso, foi utilizado um estudo de simulação em uma empresa do varejo alimentar localizada na cidade de Viçosa, no Estado de Minas Gerais. Dessa forma, o objetivo geral do trabalho foi analisar como uma simulação de produção pode oferecer suporte à tomada de decisão quanto à capacidade de atendimento de um pequeno varejo.

REFERENCIAL TEÓRICO

Varejo

O varejo brasileiro apresenta alto grau de desenvolvimento, sendo um setor dinâmico, formado por empresas de diferentes formatos e tamanhos (MATTAR, 2001; PARENTE, 2000). De acordo com Couglan et al. (2002), o conceito de varejo pode ser definido como sendo as atividades envolvidas na venda de bens e serviços para o cliente final, visando o seu consumo pessoal. Portanto, o varejista pode ser qualquer organização empresarial que tenha por finalidade vender bens ou serviços diretamente para o consumidor final.

É importante evidenciar o peso do varejo na economia brasileira. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apenas entre 2003 e 2012, o setor saltou de 18,2% para 24,6% do PIB. Além do papel fundamental na economia, foi responsável pela geração de novos postos de trabalho, que nesse mesmo período subiu de 4,3 milhões de empregos formais diretos para 7,7 milhões, sendo formado, em grande parte, por pequenos empreendimentos (IBGE, 2014).

Uma importante tendência identificada para o setor foi o aumento do poder de barganha dos clientes. Os consumidores passaram a exigir o cumprimento de seus direitos, a redução de preços e a melhoria da qualidade (FURUTA; BARIZZELLI, 2002). Dessa forma, a busca por conveniência e as restrições de tempo dos clientes se tornaram importantes desafios para as empresas (PARENTE, 2000).

Nesse contexto, as filas tendem a se tornar ainda mais desagradáveis, já que os consumidores buscam por serviços e transações rápidas. Portanto, o estudo de filas pode oferecer soluções para questões práticas das organizações, com redução ou eliminação de filas, gerando benefícios para os pequenos negócios.

Estudo de Filas

Fogliatti e Mattos (2007) e Prado (2004b) definem a Teoria das Filas como uma modelagem analítica de processos, que tem, como resultado, o tempo de espera com diversas aplicações. Com os objetivos de determinar e avaliar essa variável por meio de medidas de desempenho, essa análise expressa a eficiência da duração desses processos, bem como identifica gargalos. Entretanto, a eliminação completa da fila pode não ser o melhor caminho, uma vez que os custos associados podem ser maiores que os benefícios obtidos.

Se os gargalos resultam em maior tempo de espera, a qualidade e a produtividade do sistema de atendimento inteiro caem, gerando tendência de aumento do custo total desse sistema. Porém, exceder a capacidade do sistema, de forma a eliminar as filas, também resulta em aumento nos custos operacionais. Por isso, os modelos propostos pela Teoria de Filas são importantes por auxiliarem a compreensão e análise de equilíbrio entre o tempo de espera em fila e o custo operacional (ANDRADE, 2009; HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

A aplicação da Teoria das Filas no varejo tem exemplos bem-sucedidos. Um estudo realizado por Morabito e Lima (2000), com o objetivo de analisar o problema de formação de filas nos caixas de atendimento de supermercados, estimou o nível de serviço pelo tempo médio de espera em fila. A pesquisa concluiu que parte dos clientes desiste da compra em razão do tamanho da fila, enquanto os clientes que ingressam optam pela menor fila ou pela que flui mais rápido, confirmando o pressuposto de racionalidade.

Em estudo feito por Alencar et al. (2010), a abordagens das filas foi considerada útil no processo de tomada de decisões na configuração do sistema de atendimento no varejo de alimentos. Já Ferreira et al. (2007) apontam a Teoria das Filas como uma ferramenta adequada para o tratamento de gargalos, o que poderia ser uma solução para filas do varejo.

Define-se o sistema de fila como processo com acesso de usuários distintos, do qual, quando a demanda é superior à capacidade de atendimento, há a formação de filas, em razão do fluxo (SINAY, 2004). De acordo com Law (2010), a simulação é uma metodologia que tem tido sua aplicação cada vez mais expandida, especialmente em estudos de fila complexos, que devem atender um conjunto de hipóteses para o funcionamento.

Simulação em estudos de Filas

O uso da simulação na resolução dos problemas de filas apresenta algumas vantagens sobre outras soluções encontradas, por causa da sua maior aplicabilidade. Também, em relação à vantagem da simulação é a representação gráfica do sistema, que, além de facilitar a análise e interpretação dos resultados, se caracteriza pela flexibilidade de adaptação à realidade (SHABAYEK; YEUNG, 2002).

Uma aplicação bem-sucedida da simulação na resolução dos problemas ocasionados pelas filas foi proposta por Ferreira et al. (2007). Como o objetivo de reduzir a espera dos navios em filas, sem haver necessidade de alterações significativas na infraestrutura do porto, foi desenvolvido um estudo simulado avaliando o desempenho do embarque de granéis sólidos no porto de Paranaguá.

Após serem testadas diferentes ações na implantação do sistema, foi possível ao gestor do porto avaliar e julgar quais seriam as melhores ações para a configuração do sistema a ser implantado. Assim, as soluções propostas não se basearam unicamente em análise em conhecimento tácito ou demais variáveis subjetivas, mas em um sólido cenário simulado (FERREIRA et al., 2007).

Também, há estudos que utilizaram a simulação como ferramenta para solucionar a questão das filas, como os de Wanke (2011), os quais propuseram a redução dos custos operacionais de um sistema portuário; Pérez e Riaño (2007), os quais avaliaram as filas em um restaurante escolar; Miranda et al. (2010), os quais analisaram as filas no sistema de check-in das companhias aéreas do Aeroporto Internacional Tancredo Neves; Lange, Samoilovich e Van Der Rhee (2013), os quais sugeriram a redução de custos de segurança em aeroportos; Almodóvar e Gracia-Ródenas (2013), os quais trabalharam na otimização do reagendamento de passageiros de trem; e Fournier e Zaric (2013), os quais realizaram a avaliação da capacidade de unidade de tratamento intensivo neonatal.

Por causa do elevado número de casos bem-sucedidos em aplicar a simulação para melhoria da gestão de filas, essa ferramenta foi escolhida para ser aplicada nesta pesquisa.

METODOLOGIA

A simulação gera modelos computacionais capazes de reproduzir, de forma significativa, as características de um sistema real, complexo, dinâmico e aleatório. Assim, torna possível repetir o comportamento que o sistema apresentaria se fosse submetido a novas condições (CHWIF; MEDINA, 2014). A

efetivação de estudo de simulação envolve um processo minucioso, que visa assegurar que o resultado seja significativo (CHUNG, 2004).

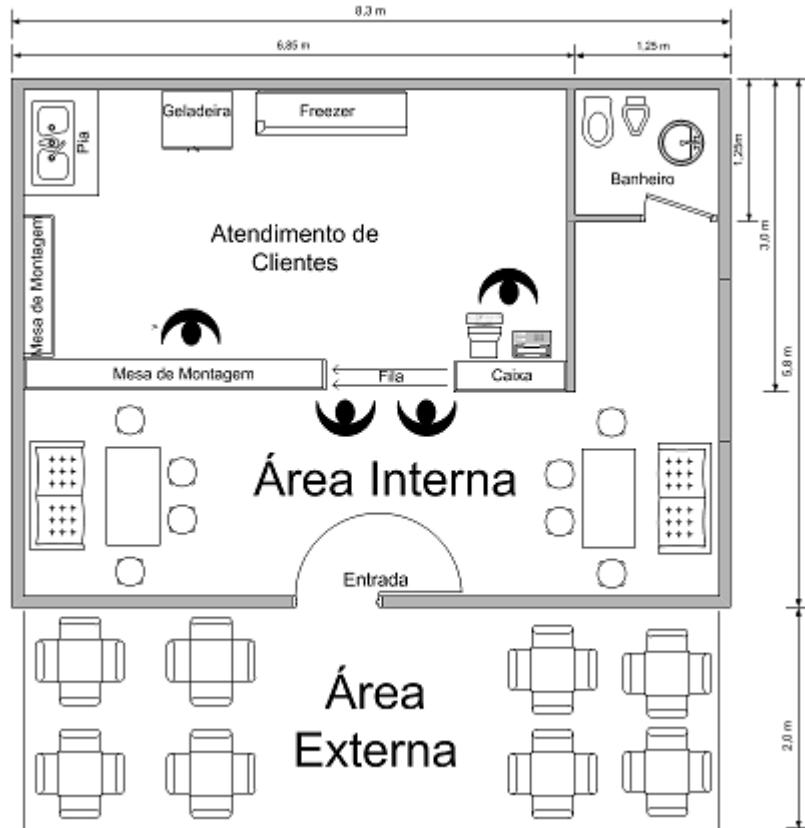
As técnicas de estudo aplicadas foram a Simulação de Eventos Discretos e Estocásticos, uma vez que há mudanças de estado em momentos discretos, e não continuamente. Além disso, destaca-se que o comportamento não tem um padrão determinístico para as entradas e saídas, em razão da aleatoriedade dos dados (CHWIF; MEDINA, 2014).

Os procedimentos se iniciam com a formulação do problema que o sistema deve solucionar, seguido pelo estabelecimento de objetivos específicos alcançáveis. Após essa etapa, desenvolvem-se a verificação e validação do modelo simulado para atender os objetivos propostos. Finalmente, efetua-se a análise dos resultados, alcançando o nível de confiança estatística preestabelecido (CHUNG, 2004).

Caracterização da área de estudo

Este estudo foi desenvolvido em uma loja especializada na comercialização de creme de açaí, localizada na cidade de Viçosa, Minas Gerais. A loja se enquadra no pequeno varejo brasileiro. O modelo de simulação foi proposto por causa da formação de filas significativas para atendimento de pedidos (Figura 1).

Figura 1 – Layout do pequeno varejo.

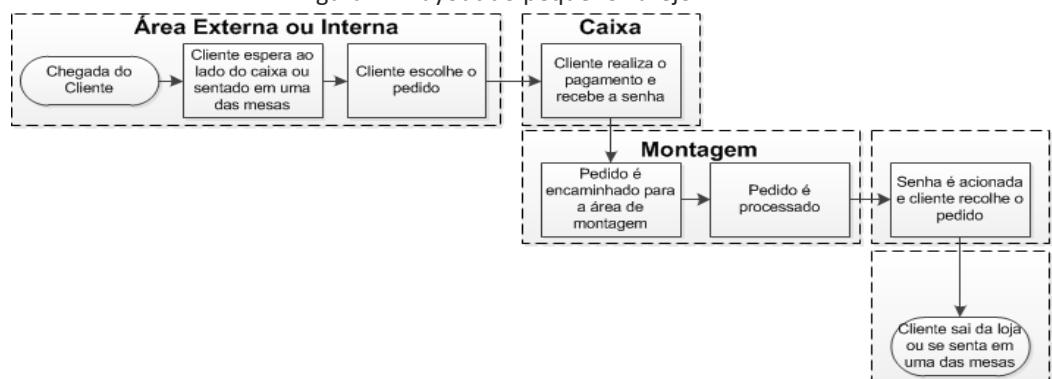


Fonte: Elaborado pelos autores.

Foi identificado previamente, pelo relato do gestor do estabelecimento, que o tempo de permanência em filas é agravado nos fins de semana, quando ocorre aumento no movimento da loja em relação aos demais dias da semana.

Esta pesquisa analisou a formação de filas no processo de pedido e preparo do produto (Figura 2), de modo a sugerir possíveis modificações nos postos de trabalho. No sistema pesquisado, há um atendente no caixa e um operador na preparação do produto. Nesse sistema, o cliente chega à loja, preenche seu pedido em uma comanda e se dirige à atendente do caixa para efetuar o pagamento. Logo em seguida, é entregue a esse uma senha, o qual se acomoda em alguma das mesas disponíveis na loja ou espera em pé, próximo ao caixa.

Figura 2 – Layout do pequeno varejo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Paralelamente, a atendente do caixa encaminha o pedido para a área de processamento do pedido. Quando o pedido fica pronto, uma funcionária da área de montagem aciona um dispositivo eletrônico com o número do pedido (senha) processado. O cliente, então, se desloca à mesa do caixa, entrega sua senha à atendente e recolhe seu pedido, podendo sair da loja ou sentar-se em alguma das mesas disponíveis, finalizando o processo de atendimento.

Coleta e análise dos dados

Para aplicar o modelo de simulação, é necessário mensurar e registrar variáveis de atendimento. De acordo com a metodologia proposta por Chwif e Medina (2014), as variáveis (i) tempo de intervalos entre chegadas de clientes nas filas e (ii) tempo de atendimento podem fornecer informações necessárias para a análise de desempenho do sistema simulado.

Para a análise do sistema, os outliers são estudados, tanto os moderados quanto os extremos. Para que ambos sejam obtidos, realiza-se a análise dos dados de entrada por meio de boxplot e sua distribuição empírica (CHWIF; MEDINA, 2014). O boxplot é composto pelo primeiro e terceiro quartil – Q1 e Q3 - e pela mediana (Q2). Os outliers moderados são calculados, conforme Chwif e Medina (2014), tanto em sentido inferior quanto superior. Os outliers extremos são mensurados de maneira similar, ainda de acordo com Chwif e Medina (2014), conforme é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo de outliers extremos e moderados.

<i>Outliers</i>		
	Moderado	Extremo
Inferior	$Q1 - 1,5.(Q3 - Q1)$	$Q1 - 3.(Q3 - Q1)$
Superior	$Q3 + 1,5.(Q3 - Q1)$	$Q3 + 3.(Q3 - Q1)$

Fonte: Elaborado pelos autores, segundo Chwif e Medina (2014).

A análise de outliers é realizada, pois o levantamento de dados é feito manualmente. Assim, pode haver erros de coleta, muito comuns em sistemas de simulação. Trata-se de valores ou eventos não usuais da amostra e do sistema (CHWIF; MEDINA, 2014).

Após a coleta de dados, o tratamento destes é feito no software Arena, cuja versão trial é livre para download (PARAGON, 2016). Foram analisadas as distribuições de probabilidade que mais se adequavam à situação real. Para tal, foram feitas três análises distintas: entrada de dados com todos os outliers; entrada de dados sem os outliers extremos; e entrada de dados sem os outliers extremos e moderados.

Conforme metodologia sugerida por Chwif e Medina (2014), foram utilizados os procedimentos estatísticos de Análise de Correlação e Teste de Aderência. No primeiro procedimento, se avalia a independência dos dados da amostra pelo coeficiente R^2 do diagrama de dispersão. Dessa forma, caso confirme a aleatoriedade dos dados pela inexistência de correlação, é possível definir a distribuição que melhor se ajusta aos dados da amostra. Já o Teste de Aderência, permite avaliar a aderência dos dados a uma determinada distribuição, utilizando a medida do p-valor para análise de hipóteses, segundo o nível de significância estabelecido.

O teste de aderência das amostras é efetuado com o uso do software Arena por meio de sua função Input Analyzer. São adotados os dados sem os outliers extremos e moderados para todas as variáveis desta análise. Assumiu-se para tal o teste de qui-quadrado com $\alpha = 0,05$ para teste.

Após o passo de validação, Chwif e Medina (2014) propõem a experimentação da simulação, como forma de obter análises de cenários de atuação. Porém, quando se entra com dados aleatórios, a saída também se dá de maneira aleatória. Assim, não se obtêm conclusões a partir de uma única replicação. A replicação é definida como repetição do modelo simulado, em que são mantidas as mesmas condições iniciais – com estrutura, duração e valores de entrada similares. Assim, admite-se para cada replicação um dia de serviço do pequeno varejo. É a partir da quantidade de replicações que se assegura, estatisticamente, o nível previamente estabelecido de confiança.

A partir da amostra-piloto, foi construído um intervalo de confiança (IC) para a média obtida, admitindo distribuição normal dos dados aleatórios coletados, por meio da Equação 1.

$$IC = P(\bar{x} - h \leq \mu \leq \bar{x} + h) = 1 - \alpha = \bar{x} \pm t_{n-1, \alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

\bar{x} = média da amostra.

$h = t_{n-1, \alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$ = a metade do tamanho do intervalo, denominada precisão;

$t_{n-1, \alpha/2}$ = $(1 - \alpha/2)$ percentil da distribuição t de Student com $n-1$ graus de liberdade.

s = desvio-padrão da amostra.

n = número de dados da amostra.

Dessa forma, calculou-se a quantidade de replicações para que a precisão desejada fosse alcançada. Foi tomada como medida de desempenho a quantidade de pessoas na fila. Assim, foi mensurado o número de replicações necessário, conforme Equação 2 (CHWIF; MEDINA, 2014):

$$n^* = n \left(\frac{h}{h^*} \right)^2 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que são definidos:

n = número inicial de dados da amostra, podendo ser uma amostra-piloto.

n^* = número de replicações.

h = definido como precisão e calculado por $h = t_{n-1, \alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$, a partir da amostra.

h^* = precisão desejada.

Assim, a partir de uma amostra-piloto, consegue-se calcular a precisão mediante o índice de confiança (α) definido. A precisão desejada, geralmente, é obtida a partir da média de pessoas na fila a cada intervalo considerado no tempo de observação (CHWIF; MEDINA, 2014). Portanto, para que se alcance essa precisão, há a necessidade de se replicar o modelo a partir de uma amostra-piloto de tamanho n e precisão h .

Cenário montado para a tomada de decisão

O desenvolvimento do modelo visou diminuir as filas no período de maior movimento, aos sábados, das 16 às 18h30, totalizando 150 min. O período foi apontado pela gerência como momento crítico para a formação de filas, com elevado tempo de espera. Não se realizaram treinamentos com os funcionários.

Três variáveis foram consideradas para a análise do sistema: o intervalo de tempo entre chegadas de clientes; o tempo de atendimento no caixa; e o tempo de preparo do pedido. Depois de rodado o modelo computacional no software Arena, com o número de replicações devidamente calculado, os resultados da simulação foram analisados para identificar os gargalos produtivos no sistema. Para reduzir esses gargalos, devem ser propostos novos cenários alternativos que também deverão ser simulados, e os resultados devem ser analisados quanto ao seu desempenho.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tratamento dos dados de entrada

Os dados foram coletados em dois sábados, das 16 às 18h30, ou seja, 150 min. Coletaram-se os intervalos de tempo relativos aos:

- Intervalos de chegada entre clientes: depois de acionado o cronômetro, registrou-se o tempo de chegada de cada cliente.
- Atendimento no caixa: o cronômetro foi acionado assim que cada pessoa chegou ao balcão, e o tempo de término deu-se quando o operador passou o pedido para a mesa de montagem.
- Preparo: o cronômetro foi acionado assim que o operador de montagem recolheu o pedido, e o tempo de término deu-se quando o operador acionou a senha para a entrega do pedido.

O próximo passo consistiu na identificação da existência de correlação entre os dados coletados e a ordem de coleta. Para efetuar essa análise, construíram-se gráficos de dispersão e calcularam-se os coeficientes de determinação (R^2) para cada uma das três variáveis nas seguintes situações: dados com todos os outliers, dados sem os outliers moderados, dados sem os outliers extremos e dados sem os outliers extremos e moderados.

Para todas as variáveis e em todos os casos, o valor do coeficiente de determinação (R^2) foi próximo de zero (o maior valor encontrando para R^2 foi de 0,05), sendo de 0,0163; 0,0536; e 0,0112 para índice de chegada, tempo de atendimento e tempo de montagem, respectivamente. Dessa forma, indicou-se que a variância dos dados das variáveis não é explicada pela variância da ordem de coleta dos dados, o que se confirma a aleatoriedade dos dados (CHWIF; MEDINA, 2014).

Durante os testes, foi definida a remoção dos valores outliers, já que as distribuições sem esses valores se adequavam melhor aos dados reais do sistema. Obtiveram-se distribuições com boa aderência, uma vez que a estatística do teste de cada variável foi superior ao p-valor adotado para teste, igual a 0,05 (Tabela 2). Dessa forma, aceita que o sistema simulado é igual estatisticamente ao real.

Tabela 2 –Distribuições estatísticas adequadas pelos testes de aderência velas variáveis de entrada*.

Variável	Quantidade de dados sem outliers extremos e moderados	Expressão	Distribuição	Erro quadrático	Estatística do Teste	p-valor
Índice de chegada	161	- 0,001 + EXPO (53,8)	Exponencial	0,0036	0,116	0,05
Tempo de atendimento	145	11,5 + WEIB (38,9;1,7)	Weibull	0,0063	0,213	0,05
Tempo de montagem	148	TRIA(13,5; 39,7; 113)	Triangular	0,0052	0,346	0,05

Fonte: Elaborado pelos autores.

*Nota: Teste de qui-quadrado foi usado para a análise.

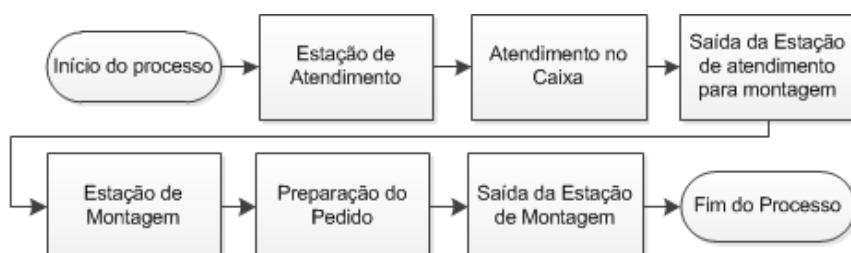
Obteve-se, portanto, com o teste de aderência e sua validação, que o índice de chegada segue uma distribuição exponencial, ao passo que o tempo de atendimento é descrito pela distribuição de weibull; e o de montagem, pela triangular.

Modelo Implementado

O sistema tem como objetivo o atendimento de clientes em um pequeno varejo. Para modelar a variação de tempo entre o intervalo de chegada e os tempos de atendimento e preparação foram utilizados os módulos Assign e Delay. Também foi ativado o módulo Schedule como maneira de variar a quantidade de atendentes e os horários de serviço durante o tempo de serviço do varejo de pequeno porte.

O modelo computacional foi construído no software Arena com base no layout e no fluxo de processos da empresa (Figuras 1 e 2). Assim, o processo foi construído a partir da transição de consumidores entre a estação de atendimento e a de montagem (Figura 3).

Figura 3 – Layout do pequeno varejo



Fonte: Elaborado pelos autores.

Replicação do Modelo

A validação está relacionada com o modo pelo qual o modelo está implementado, ou seja, se o modelo desenvolvido se adequa, em termos estatísticos, à realidade observada. Para se fazer essa validação, o modelo

computacional empregado nesta pesquisa foi comparado com o modelo conceitual. Assim, analisou-se se o modelo implementado estava funcionando adequadamente, conforme o que foi observado na animação gráfica. Por meio dessas duas técnicas, concluiu-se que o modelo estava verificado, pois não foi identificado nenhum erro ou problema no sistema. Além disso, foi utilizada a validação “face a face”, técnica em que o modelo conceitual é evidenciado e discutido com o gestor do processo (CHWIFT; MEDINA, 2014).

Para validar o modelo computacional, foram comparados os resultados obtidos computacionalmente, lançando-se mão das distribuições de probabilidade, com os dados reais. Para isso, foram coletados dados reais das filas de atendimento e de montagem do sistema, de 5 em 5 min, no intervalo de 150 min. Cada intervalo de 5 min foi considerado como uma replicação, de modo que se obteve a quantidade de pessoas para o intervalo de chegada, tempo de atendimento e tempo de chegada. Assim, para o tempo de 150 min de observação, foram obtidos 31 intervalos de 5 min. Esses dados foram confrontados com as médias obtidas dos tempos das duas filas com cada replicação do sistema, anteriormente validado no tópico de tratamento de dados de entrada.

A análise efetuou o cálculo da média e da variância dos dois conjuntos de dados. Posteriormente, foi feito um teste F para verificar se as variâncias eram estatisticamente iguais. Finalmente, procedeu-se ao teste T para verificar se as médias dos dois conjuntos de dados eram estatisticamente iguais.

Na Tabela 3, apresentam-se os resultados para os dados de atendimento. Ao realizar as 31 replicações para o sistema simulado, tanto para o teste t quanto para o teste F, a hipótese nula (H_0) não é rejeitada, uma vez que $p\text{-valor} > \alpha$. Admite-se, portanto, que os sistemas real e simulado podem ser considerados estatisticamente iguais.

Tabela 3 –Teste t e F entre dados reais e simulados de fila de atendimento.

Teste t entre as médias		Teste F	
$H_0: \mu_{\text{real}} = \mu_{\text{sim}}$		$H_0: \sigma^2_{\text{real}} = \sigma^2_{\text{sim}}$	
$H_a: \mu_{\text{real}} \neq \mu_{\text{sim}}$		$H_a: \sigma^2_{\text{real}} \neq \sigma^2_{\text{sim}}$	
Tamanho da amostra	31	Tamanho da amostra	31
Graus de liberdade	30	Graus de liberdade	30
Nível de significância (α)	0,05	Nível de significância (α)	0,05
p-valor	0,059	p-valor	0,066
t_{tab}	2,042	F_{tab}	1,8409
Resultado	Não rejeita H_0	Resultado	Não rejeita H_0

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados para os dados de processamento estão evidenciados na Tabela 4. De maneira análoga ao que se concluiu para a análise da fila de atendimento, ao não rejeitar a hipótese nula para ambos os testes, admitiu-se que o sistema simulado tende a seguir ao sistema real observado.

Tabela 4 –Teste t e F entre dados reais e simulados de fila de processamento.

Teste t entre as médias		Teste F	
$H_0: \mu_{real} = \mu_{sim}$		$H_0: \sigma^2_{real} = \sigma^2_{sim}$	
$Ha: \mu_{real} \neq \mu_{sim}$		$Ha: \sigma^2_{real} \neq \sigma^2_{sim}$	
Tamanho da amostra	31	Tamanho da amostra	31
Graus de liberdade	30	Graus de liberdade	30
Nível de significância (α)	0,05	Nível de significância (α)	0,05
p-valor	0,236	p-valor	0,0533
t_{tab}	2,042	F_{tab}	1,8409
Resultado	Não rejeita H_0	Resultado	Não rejeita H_0

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessa maneira, o modelo simulado é considerado validado estatisticamente, com nível de confiança de 95%. Assim, procedeu-se o cálculo até que a condição $h < h^*$ seja atendida, conforme explicado na metodologia, e seja estimado o número de replicações necessárias. A precisão desejada foi definida como sendo de 0,3 pessoa/min para a fila de atendimento e 1,5 pedido/min para a fila de preparo, obtido pelo valor médio de pessoas em cada fila. Consequentemente, a condição foi atendida com 98 replicações.

Foram estabelecidas, para análise dos resultados, duas medidas de desempenho: número médio de clientes na fila de atendimento no caixa; e número médio de pedidos na fila de processamento do pedido. Assim, fizeram-se 98 replicações para essas medidas. Os resultados resumidos obtidos para o cenário original do sistema de produção observado evidenciam-se na Tabela 5, sendo indicadas as médias aproximadas de número de pessoas nas filas de atendimento e preparo.

Tabela 5 –Resultados da simulação do cenário original após 98 replicações.

Estação de trabalho	Número médio de pessoas na fila	Intervalo de confiança ($\alpha = 5\%$)	h	h^*
Atendimento no caixa	0,82	$0,70 \leq \mu \leq 0,95$	0,125	0,3
Preparo	7,35	$6,37 \leq \mu \leq 8,33$	0,98	1,5

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como se pode observar pela Tabela 5, a condição de $h < h^*$ foi atendida. De acordo com a análise do cenário original (situação atual), pode-se inferir que o gargalo do sistema encontra-se no preparo do pedido, já que o número médio de pedidos na fila desse setor apresenta-se elevado. Quanto ao atendimento no caixa, concluiu-se que esse não se configura como um processo crítico do sistema, pois o número médio de clientes na fila correspondente é inferior a 1, um valor baixo e, portanto, aceitável (CHWIFT; MEDINA, 2014).

A elaboração de cenário levou em consideração o fato de que apenas o treinamento do funcionário alocado na operação dos pedidos não seria suficiente para suprir a necessidade de atendimento. Isso porque os treinamentos são feitos periodicamente a novos funcionários, como forma do atendimento ter conformidade. Trata-se de um treinamento simples, em que são ensinadas a forma de organização de utensílios e matéria-prima, bem como a lógica e procedimento de preparação dos pedidos.

Adicionalmente, o processo de preparação do pedido é feito conforme especificações do cliente, tendo grande variação e necessidade de especificidade

de atendimento, ou seja, a inclusão de novos equipamentos ou novos métodos de trabalho não seriam suficientes, principalmente em razão da perecibilidade do produto e especificidade do pedido.

Assim, com o intuito de diminuir o número médio de clientes na fila de processamento do pedido, e das restrições do problema, foi proposto um novo cenário (cenário proposto 01) com a adição de mais um operador na estação de preparo do pedido. A simulação do Cenário Proposto 01 apresentou uma redução de 98,50% no número médio de pedidos na fila de preparo (Tabela 6).

Sendo assim, o novo cenário aumenta a capacidade de atendimento e reduz, significativamente, o tamanho das filas, com grande possibilidade de melhoria de serviço. Como forma de adequar a melhoria operacional com as condições de custo, foram pensadas configurações que permitissem o menor custo possível para a alteração proposta pelo cenário. Assim, para a inclusão de um terceiro trabalhador para o processamento do pedido, planejou-se a adequação do trabalho, de modo que um funcionário avulso fosse contratado para trabalhar aos sábados, sob as condições da Lei do Custo da Seguridade Social (Lei nº8212/91) e do inciso VI do art. 9º do decreto nº 3.048/99 (BRASIL, 1991; BRASIL, 1999).

Tabela 6 –Resultados da simulação do cenário original após 98 replicações.

PARÂMETROS DE DESEMPENHO	SITUAÇÃO ATUAL	CENÁRIO PROPOSTO 01	VARIAÇÃO PERCENTUAL
Número médio de clientes na fila de atendimento do caixa	0,82	0,79	-3,66%
Número médio de pedidos na fila de preparo do açaí	7,35	0,11	-98,50%

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com Martins (2012), o trabalhador avulso é definido como aquele que não possui vínculo empregatício, podendo ou não ser sindicalizado, com direitos trabalhistas da sua classe. Na cidade de Viçosa, MG, local onde o estudo foi feito, foi acordado, para 2016, que o menor salário a ser pago à categoria profissional e de ingresso é de R\$935,00 (VIÇOSA, 2016). De acordo com a Lei 605/49, ainda há a regulamentação de repouso semanal remunerado dos funcionários do setor de 24 h consecutivas (BRASIL, 1949).

Como os meses têm, excetuando fevereiro, entre 30 e 31 dias e entre quatro e cinco semanas, utilizou-se como base 25 dias trabalhados por mês. Com base nisso, foi calculado o valor da diária de R\$ 37,40 para a contratação do funcionário avulso. Assim, propôs-se a gerência a oferta de R\$ 40,00 por dia para admissão. No Quadro 1, é demonstrada a quantidade de sábados no decorrer dos meses de 2016, tendo o valor mensal para a contratação de trabalhador avulso variando entre R\$ 160,00 e R\$ 200,00.

Quadro 1 –Quadro de custo de contratação de funcionário avulso ao longo dos meses de 2016.

Meses	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	<th>Junho</th>	Junho
Sábados 2016	4	4	4	5	4	4
Total	R\$ 160,00	R\$ 160,00	R\$ 160,00	R\$ 200,00	R\$ 160,00	R\$ 160,00
Meses	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Sábados 2016	5	4	4	5	4	5
Total	R\$ 200,00	R\$ 160,00	R\$ 160,00	R\$ 200,00	R\$ 160,00	R\$ 200,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

Legenda: J: janeiro; F: fevereiro; MR: março; AB: abril; MI: maio; JN: junho; JL: julho; AG: agosto; S: setembro; O: outubro; N: novembro; D: dezembro.

A proposta apresentada pela gerência foi implementada em razão de a gestão do negócio ter avaliado que o custo adicional para a melhoria do atendimento em dia de maior fluxo de pedidos compensaria, de maneira satisfatória, o nível de serviço prestado aos consumidores; especialmente aqueles que desistiam da compra por causa da fila formada. Trata-se de uma solução que se adequa ao trade-off e viabiliza a solução do problema de atendimento no dia de maior fluxo, assim como requisitado pela gestão do negócio.

Como forma de avaliar o custo/benefício da proposta implementada, bem como a melhoria de desempenho do serviço prestado, buscou-se a compreensão da dinâmica do mercado local. Para tal, necessita-se caracterizar o ambiente de atuação e o tipo de mercado que a empresa se encontra (SILVA et al., 2006).

Sobre a dinâmica econômica da cidade, Honório (2012) afirmou que a dinâmica urbana da cidade de Viçosa é definida pela atividade universitária e pelas elevadas concentrações demográfica e comercial na região central, onde se localiza o varejo estudado. Dessa forma, existem diversos concorrentes instalados nas proximidades.

Também, como questão importante, é a ampla variedade de produtos ofertados ao cliente. A diversidade do produto exige especificidades na produção, o que gera filas no sistema. Consequentemente, justifica-se a inclusão de mais um operador nos dias de pico, o que torna possível melhor nível de atendimento aos clientes, uma vez que demanda qualidade no serviço prestado, especialmente em razão do valor agregado no produto e do poder aquisitivo identificado entre os consumidores do varejo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi identificar como o uso da simulação pode apoiar decisões no pequeno varejo na solução do tempo dispendido em filas pelos consumidores. No período de pico de atendimento, evidenciou-se que o acréscimo de um atendente no processo de preparo resultaria na redução significativa de tempo médio de atendimento.

Como forma de equilibrar o nível de serviço e custo da ação, sugeriu-se a adicionar trabalhadores avulsos para reforçar o trabalho na área de montagem e diminuir as filas de atendimento, ressaltando a importância da melhoria de desempenho e as relações de custo/benefício. Dessa forma, a simulação pode

proporcionar informações importantes ao varejista na decisão de onde alterar a configuração do sistema para reduzir as filas de clientes.

A limitação desta pesquisa reside na proposição de poucas alternativas de cenário de atuação para minimizar tempo de serviço. Isso decorre das limitações do próprio estabelecimento, principalmente em termos operacionais, já que se trata de um pequeno negócio recém-implantado.

Com base no cenário pesquisado, a simulação pode despontar como um mecanismo que concebe uma representação da realidade adequada em termos estatísticos, pois admite a variação aleatória de dados reais. Quando implementada, os resultados obtidos pela simulação podem contribuir com melhores níveis de satisfação dos que os em relação aos serviços prestados. Como se trata de um pequeno varejo, esta é uma ação estratégica que pode representar em uma maior fidelização.

APPLICATION OF SIMULATION FOR DECISION MAKING IN SMALL RETAIL CALL

ABSTRACT

Improved customer service level is a challenge for retailers. Among them, long lines stand out, problem to be faced in the quality of care. On this, the simulation can provide important information to managers in defining the best service system to decrease queues. This research aims to use simulation to support decision-making in the care of a small retail setting to reduce queues in a company in the food retail sector located in Viçosa/MG. With application of production simulation results indicated that with the introduction of an operator call would be possible to significantly reduce the average number of requests queued in the processing of the product. Consequently, it can be concluded that the use of computer modelling revealed as an important tool for decision-making in small retail regarding the simulation to reduce queues, as well as being a measure of performance improvement with a well-evaluated cost/benefit.

KEYWORDS: Simulation. Small Retail. Queuing Theory.

REFERÊNCIAS

ALMODÓVAR, M.; GARCÍA-RÓDENAS, R. On-line re-schedule optimization for passenger railways in case of emergencies. **Computers & Operations Research**, v. 40, p. 725- 736, 2013.

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

BRASIL. **Lei nº 605, de 5 de janeiro de 1949**: Regulamento do repouso semanal remunerado e o pagamento de salário nos dias feriados civis e religiosos. Brasília, 1949.

_____. **Lei Orgânica da seguridade social**: Lei nº 8.212, de 24 de julho de 1991. Brasília, 1991.

_____. **Art. 9 Regulamento da Previdência Social**: Decreto 3048/99. Brasília, 1999.

CAMPOS, L.F.L. **Métodos e técnicas de pesquisa em psicologia**. Campinas: Alínea, 2002.

CHUNG, A. A. **Modeling Handbook**: A practical approach. Boca Raton: CRC Press, 2004.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos**: Teoria e Aplicações. 4 ed. São Paulo: Elsevier Brasil, 2014. 320 p.

COUGHLAN, A. T.; ANDERSON, E.; STERN, L. W.; EL-ANSARY, A. I. **Canais de Marketing e Distribuição**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

EUROMONITOR. **Global Consumer Trends for 2015**, 2015. Disponível em: <www.euromonitor.com>. Acesso em 25 jan. 2015.

FERREIRA, M. A. M.; MENDES JUNIOR, R.; CARNIERI, C. Análise de desempenho de sistemas portuários usando simulação matemática e estatística. **Revista Produção On-Line**, v. 7, n. 3, 2007.

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

FOURNIER, D. L.; ZARIC, P. E. G. S. Simulating Neonatal Intensive Care Capacity in British Columbia. **Socio-Economic Planning Sciences**, 2013.

FURUTA, É. C.; BARRIZZELLI, N. Razões de escolha de supermercado de vizinhança como local de compra. 2002. 96 f. **Monografia**. Faculdade de Administração. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

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

HONÓRIO, L. M. A produção do espaço em uma cidade universitária: o caso de Viçosa, MG. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em 21 de nov. 2014.

KOTLER, P.; ARMSTRONG, G. **Princípios de Marketing**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 12ed., 2007.

KOTLER, P.; FOX, K. F. A. **Marketing estratégico para instituições educacionais**. São Paulo: Atlas, 1994.

KOTLER, P.; KELLER, K. **Administração de marketing**. 12.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

LAW, A. **Simulation Modeling and Analysis**. 4.ed. New York: McGraw-Hill, 2010.

LANGE, R.; SAMOILOVICH, I.; VAN DER RHEE, B. Virtual queuing at airport security lanes. **European Journal of Operational Research**, v. 225, p. 153-165, 2013.

LOMBART, C.; LOUIS, D. Consumer satisfaction and loyalty: Two main consequences of retailer personality. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 19, p. 644-652, 2012.

MARTINS, S. P. **Direito do trabalho**. 28^a. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing**. Edição compacta. São Paulo: Atlas, 2001.

MIRANDA, B. M. S.; Braga, F. J. M.; SILVA, P. M. S.; PINTO, L. R.; AMARAL, Monica Do. SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE CHECK-IN DE COMPANHIAS AÉREAS DO AEROPORTO INTERNACIONAL TANCREDO NEVES. In: XVII Simpósio de Engenharia de Produção, 2010, Bauru. **Anais do XVII SIMPEP**. Bauru: SIMPEP, 2010.

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

MUNIZ, L. R.; GUIMARÃES, I. F. G.; CAMPOS, M. S. Aplicação da simulação computacional para análise do tráfego no cruzamento central da cidade histórica de Mariana – MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2009, Salvador: **Anais...** Salvador, 2009.

PARAGON. **Software Arena**. Disponível em: <<http://www.paragon.com.br/arena-academico-student/>>. Acesso em 03 abr. de 2016.

PARENTE, J. **Varejo no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2000.

PÉREZ, J. F.; RIAÑO, G. Análisis de colas para el diseño de uma cafetería mediante simulación de eventos discretos. **Revista de Ingeniería**, v. 25, n. 1, p. 12-21, 2007.

PRADO, D. **Teoria das Filas e da Simulação**. 2. ed. Belo Horizonte: INDG TecS, 2004a.

_____. **Usando o ARENA em simulação**. 2. ed. Belo Horizonte: INDG TecS, 2004b.

SILVA, I. M.; SANTANA, A. C.; REIS, M. S. Análise dos retornos sociais oriundos de adoção tecnológica na cultura de açaí no estado do Pará. **Amazônia: Ci. &Desenv**, v. 2, n. 3, 2006.

SINAY M. C. F. Modelagem de Filas a Partir de Diagramas de Fluxos. In: **XXVI SBPO- Simpósio Brasileira de Pesquisa Operacional**. São João dei-Rei, MG, Brasil, 23 a 26 nov. 2004.

SHABAYEK, A. A.; YEUNG, W.W. A simulation model for the Kwai Chung container terminals in Hong Kong. **European Journal of Operational Research**, v. 140, p. 1-11, 2002.

VIÇOSA. **Convenção coletiva de trabalho 2016/2016:** as condições de trabalho. 2016.

WANKE, P. Ship-berth link and demurrage costs: evaluating different allocation policies and queue priorities via simulation. **Pesquisa Operacional**, v. 31, n. 1, p. 113-134, 2011.

Recebido: 11 mai. 2016.

Aprovado: 22 jan. 2017.

DOI: 10.3895/rts.v13n28.3962

Como citar: LONGHINI, T. M. *et al.* Uso de simulação de eventos discretos para a análise de atendimento de pequeno varejo. **R. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 13, n. 28, p. 171-190, mai./ago. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/3962>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Tatielle Menolli Longhini

Rua Erasmo Figueiredo Silva, n 123, casa 5, Bairro:Jaraguá. Belo Horizonte-MG, CEP:31260-030.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

