LVI SBPO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
DE 04 ATÉ 07 NOVEMBRO 2024
FORTALEZA | CEARÁ

Modelagem e simulação computacional aplicada na definição de um sistema de filas: Um estudo de caso em um supermercado

Paloma dos Santos Alves Nunes
Universidade Federal de Campina Grande
Rua Luiz Grande, S/N, Frei Damião, Sumé, Paraíba - CEP 58540-000
pnunes.pn123@gmail.com

Yuri Laio Teixeira Veras Silva
Universidade Federal de Campina Grande
Rua Luiz Grande, S/N, Frei Damião, Sumé, Paraíba - CEP 58540-000
yurilaio@gmail.com

RESUMO

O tempo de espera do cliente na fila pode impactar diretamente na percepção acerca da organização, resultando em experiências negativas que provocam uma redução no lucro da empresa. Tal problemática é considerada uma das principais dificuldades que o setor varejista enfrenta para manter a qualidade do serviço prestado. Assim, diversas questões que abordam filas podem ser resolvidas com maior assertividade utilizando simulação computacional para verificar o comportamento do sistema antes que a solução seja implementada no mundo real. Nesse contexto, o presente trabalho busca desenvolver um modelo de simulação computacional visando determinar a melhor configuração do sistema de filas do supermercado diante a alocação dos operadores de *checkout*, de modo a minimizar o tempo de espera do cliente para ser atendido. Os resultados obtidos após as análises, mostram que há uma variação significativa ao longo dos períodos, onde, ao final do mês, é necessário designar um maior número de atendentes.

PALAVRAS CHAVE. Teoria das Filas, Simulação Computacional, Anylogic.

Tópicos: Simulação; Estudo de filas em supermercados

ABSTRACT

The customer's waiting time in queue can directly impact the perception of the organization, resulting in negative experiences that cause a reduction in the company's profit. This problem is considered one of the main difficulties that the retail sector faces to maintain the quality of the service provided. Thus, several queues problems can be solved with greater assertiveness using computer simulation to verify the behavior of the system before the solution is implemented in the real world. The study aimed to develop a computer simulation model in order to determine the best configuration of the supermarket's queuing system in view of the allocation of checkout operators, in order to minimize the customer's waiting time to be served. The results obtained after the analyses show that there is a significant variation over the periods, where, at the end of the month, it is necessary to assign a greater number of attendants.

KEYWORDS. Queue Theory. Computational Simulation. Anylogic.

Paper topics: Simulation; Study of queues in the supermarkets

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193755
https://proceedings.science/p/193755?lang=pt-br

1. Introdução

A ocorrência de grandes filas nas organizações varejistas é uma problemática recorrente que vem sendo estudada ao longo dos anos com a finalidade de identificar melhorias no sistema que possibilitem uma experiência positiva ao cliente. Sendo assim, a simulação computacional tornou-se uma aliada na resolução de problemáticas que englobam filas, visto que permite realizar a modelagem de forma semelhante ao comportamento real da organização. Essa ferramenta facilita o processo decisório diante da sua utilização para análise do comportamento de diversos cenários antes que estes de fato ocorram, conforme destacado por Shishyan e Benndorf [2019].

Logo, quando se trata de minimizar o tempo de espera do cliente na fila, um dos fatores a ser analisado está relacionado com o quantitativo de operadores designados a realizar o atendimento. Ao buscar solucionar essa questão, deve ser levado em consideração que o número de atendentes alocados, além de suprir a demanda, precisa gerar o menor custo possível, podendo ser considerado um aspecto de difícil resolução para alguns varejistas [Alvaro e Pulido, 2008]. Além disso, uma demanda muito alta para uma quantidade inferior de operadores pode sobrecarregar o funcionário de modo a afetar sua produtividade e a qualidade do atendimento prestado.

Nesse contexto, o *software* de simulação computacional Anylogic é considerado uma ferramenta que auxilia na compreensão e solução de problemáticas como essa, uma vez que, devido a sua flexibilidade, as filas podem ser modeladas com diferentes disciplinas e configurações [Stojkovic et al. 2017]. Segundo Hasugian e Dewi [2020], a partir desse software é possível observar o número de clientes atendidos em uma determinada unidade de tempo, além de abranger tanto sistemas dinâmicos como eventos discretos e baseado em agentes.

Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo de simulação computacional para analisar o sistema de filas de um supermercado localizado na cidade de João Pessoa-PB e, a partir disso, designar o número de operadores de *checkout* para os diversos períodos do mês e da semana, visando reduzir o tempo de espera do cliente na fila. A modelagem do sistema se deu através do *software* Anylogic, onde foram realizadas as simulações e verificado o comportamento de cada métrica ao longo dos cenários.

As demais seções estão organizadas, inicialmente, com a revisão da literatura acerca da simulação computacional aplicada em supermercados, na Seção 2. O modelo de simulação está apresentado na Seção 3. Na Seção 4, tem-se a configuração das simulações. As análises dos resultados de simulação estão dispostas na Seção 5 e na Seção 6 as considerações finais.

2. Revisão da literatura

Com o aumento das exigências dos clientes no que se refere a rapidez no atendimento, os supermercadistas observaram, no decorrer dos anos, que seria necessário buscar maior eficiência em seus processos [Shinde e Kumar, 2013]. Então, o estudo das filas diante esse contexto, permite que o serviço prestado tenha uma qualidade maior e atenda a determinadas condições de forma econômica [Zhao e He 2013]. Para Wang e Jiang [2010], ao buscar reduzir o tempo de espera do cliente para ser atendido, é necessário que a quantidade de operadores de *checkou*t alocados supra a demanda ao mesmo tempo que não ocasione altos custos operacionais.

Assim, o uso da simulação computacional possibilita uma maior assertividade em meio as tomadas de decisões, pois permite a representação do mundo real por meio da elaboração de um modelo matemático. À medida que as pessoas enxergaram a importância da simulação, foram sendo desenvolvidos vários softwares com diversas abordagens, que podem ser utilizados na gestão de filas. No que se refere aos que se baseiam em agentes, tem-se: Anylogic, Simul8, StarLogo, SimJr, Simio, PedSim, NetLogo, Pandora, Modgen e Obeus [Abar et al. 2017]. Com relação a simulação de abordagem discreta, alguns deles são: Arena, Promodel, FlexSim, ExtendSim, SimProcess, AutoMod e o Anylogic [Dias et al. 2016].

Cada um desses softwares possui características particulares, que são utilizados de acordo com o tipo de problema estudado. A Tabela 1 apresenta uma revisão dos principais trabalhos

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193755
https://proceedings.science/p/193755?lang=pt-br

relacionados ao tema, destacando quais *softwares* foram utilizados em determinado problema específico.

Tabela 1: Softwares e abordagens utilizadas nos problemas de filas em supermercados

Artigo	Aplicação do Estudo	Ano	Abordagem/ Software	Problema Específico Abordado
Alvarado e Pulido (2008)	Colômbia	2008	Discreta / Promodel	Análise do número de caixas e ensacadores para supermercados colombianos de forma a contribuir com a tomada de decisão
Zhang (2012)	China	2011	Baseada em Agentes / NetLogo	Redução do tempo de espera dos clientes no supermercado
Priyangika e Cooray (2015)	Sri Lanka	2015	Discreta / WinQSB	Determinação do tempo de espera e tamanho das filas em um supermercado
Wenjie et al. (2015)	China	2015	Discreta / SPSS	Otimização da eficiência operacional de um supermercado
Cheong e Chia (2019)	Singapura	2019	Discreta / Microsoft Excel	Simulação do desempenho de filas com e sem a implementação do Queue Buster
Mohamad e Saharin (2019)	Malaysia	2019	Discreta / Arena	Otimização do sistema de filas de um hipermercado
Antczak et al. (2020)	Polônia	2020	Baseada em Agentes / NetLogo	Decisões do cliente de escolher uma fila de caixa em um supermercado
Pereira et al.(2020)	Brasil	2020	Discreta / Arena	Gerenciamento de filas de caixa de um supermercado
Wibowo et al. (2021)	Indonésia	2021	Discreta / Arena	Minimização do tempo de espera de fila no sistema de caixa
Alves de Melo et al. (2022)	Brasil	2022	Discreta / Simul8	Otimização do macroprocesso de atendimento de caixa em um supermercado
Safuri e Kamardan (2022)	Malaysia	2022	Discreta / Arena	Análise do problema de filas de um supermercado
Mitzenmacher e Dell'Amico (2022)	EUA	2022	Discreta / Programação e Planilhas Eletrônicas	Estudo das estratégias de redução de tempo de serviço em supermercados
Murnawan (2023)	Indonésia	2023	Discreta / Arena	Análise do serviço de caixas de dois supermercados para redução do tempo de espera na fila

Foram encontrados 13 trabalhos relacionados com a gestão de filas em supermercados através da simulação computacional, organizados na Tabela 1 de acordo com o ano de publicação. Destes, apenas 15,4% se baseiam em agentes e 84,6% contam com uma abordagem discreta.

Alvarado e Pulido [2008] utilizaram o *software* Promodel para analisar o sistema de filas de supermercados colombianos e, com isso, alocar o número de caixas e ensacadores que possibilitassem um melhor nível de serviço. Por sua vez, Zhang [2012] aplicaram outro tipo de abordagem, sendo ela baseada em agentes, a fim de minimizar o tempo de espera dos clientes na fila e os custos operacionais de um supermercado, através do NetLogo. Outro estudo relacionado a esse mesmo problema, porém na região do Sri Lanka, foi resolvido por meio do WinQSB ao identificar qual modelo de filas apresentava melhores resultados no que ser refere a redução do tempo e tamanho da fila [Priyangika e Cooray, 2015].

Wenjie et al. (2015) fizeram uso do *software* estatístico SPSS com o objetivo de aumentar a eficiência operacional de um supermercado localizado na China, avaliando melhorias no sistema que geraram menores valores para as métricas relacionadas a filas. O Microsoft Excel foi aplicado para verificar o desempenho de filas com e sem o uso do *Queue Buster*, utilizando abordagem

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193755
https://proceedings.science/p/193755?lang=pt-br

discreta [Cheong e Chia, 2019]. O estudo realizado por Mohamad e Saharin [2019], propôs a melhoria operacional de um hipermercardo na Malaysia, diante a análise de três cenários que foram ranqueados pelo seu nível de eficiência. Antczack et al. [2020], verificaram como se dá a decisão do cliente escolher determinada fila em um supermercado na Polônia, através da implementação do modelo representativo no NetLogo.

Com o intuito de identificar as causas do enfileiramento e as falhas no gerenciamento das filas em um supermercado, Pereira et al. [2020] empregaram o Arena para realizar o processo de simulação. Wibowo et al. [2021] também utilizaram esse *software* para reduzir o tempo de espera e tamanho da fila em um supermercado na Indonésia, de modo que foram gerados cenários com diferentes números de operadores alocados. O Simul8, por sua vez, contribuiu com a otimização do macroprocesso de atendimento, identificando a variação percentual do tempo de espera do cliente na fila [Alves de Melo et al. 2022].

A problemática relacionada com a alocação de operadores de *checkout* foi abordada por Safuri e Kamardan [2022], visando reduzir o tempo de espera na fila e ociosidade dos atendentes. Diante o uso de planilhas eletrônicas, Mitzenmacher e Dell'Amico [2022] verificaram quais são os ganhos em empregar estratégias de redução de tempo de serviço em supermercados. Murnawan [2023] realizou um estudo voltado para alocação de operadores de *checkout*, levando em consideração a redução do tempo de espera do cliente para ser atendindo e os custos relacionados a contratação.

3. Apresentação do modelo de simulação desenvolvido

O sistema de configuração de filas que representa o funcionamento do supermercado analisado neste estudo, é do tipo M/M/K/FIFO/500/∞, segundo a notação de Kendall, pois o processo de chegada de clientes atende uma distribuição Poisson, com n atendentes alocados e uma regra de atendimento da fila caracterizada como FIFO (*First In First Out*). Além disso, conta com uma capacidade da fila de 500 pessoas e o tamanho da população é infinito. Sendo assim, a Figura 1 apresenta um fluxograma que descreve como se dá o funcionamento real do supermercado.

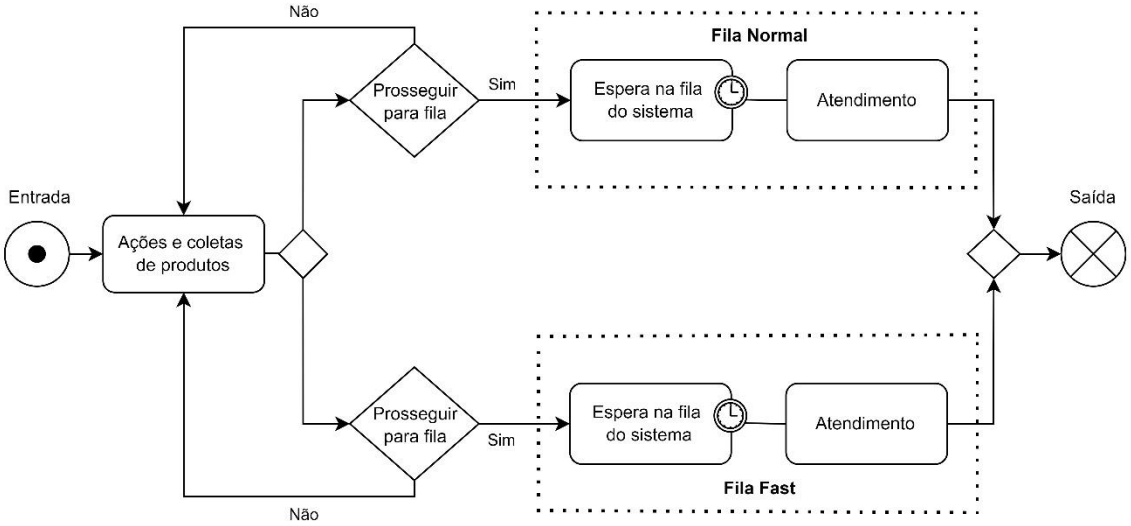


Figura 1: Fluxograma do sistema real de filas

No momento em que o cliente entra no supermercado, ele se desloca até a área em que estão expostos os produtos, para realizar a seleção dos itens desejados, como observado na Figura 1. A próxima etapa consiste em prosseguir até a FN (fila normal) ou a FF (fila *fast*) no caso de pequenas compras, dependendo do quantitativo de produtos a serem comprados. Com isso, à medida que o cliente se direciona para o tipo de fila correspondente, ele pode continuar o percurso ou, caso tenha esquecido de escolher algum produto, retornar para área de seleção. Ao chegar na

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193755
https://proceedings.science/p/193755?lang=pt-br

fila, há um tempo de espera para ser atendido e, após isso, o atendimento ao cliente é realizado. Por fim, a última etapa do processo se dá com a sua saída do supermercado.

Para representar esse sistema real a partir de um modelo computacional, tornou-se necessário analisar alguns parâmetros intrisecos ao processo. O tempo de chegada entre clientes assumiu uma distribuição de probabilidade Poisson, variando de acordo com o horário de funcionamento do supermercado. Logo, o código de programação escrito para essa situação está demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de distribuição de probabilidade do tempo de chegada entre clientes

	Tempo decorrido (min) de operação	<120	=120	=300	=480	=660	=780	=960
Cenário 1	Poisson (λ)	45	20	20	21	12	41	41
Cenário 2	Poisson (λ)	41	24	24	23	17	38	38
Cenário 3	Poisson (λ)	43	24	24	25	18	40	40
Cenário 4	Poisson (λ)	48	24	24	25	19	48	48
Cenário 5	Poisson (λ)	44	21	21	22	13	41	41
Cenário 6	Poisson (λ)	41	22	22	23	16	38	38

Ambos os tipos de filas possuem uma capacidade máxima de 500 pessoas e a distribuição que representa o tempo de atendimento dos clientes na FN e FF, são gama (3, 105, 76) e gama (0,8, 38, 27), respectivamente. Além disso, a probabilidade de o cliente ir para a fila normal é de 58% e, independente se seu deslocamento ocorrer na fila normal ou fast, existe uma probabilidade de 2% desses agentes saírem da fila para retornar à área de seleção de produtos.

4. Configuração das simulações

As simulações foram realizadas levando em consideração algumas configurações adotadas referentes aos diferentes períodos do mês (*month*) e da semana (*week*), sendo esse o motivo da nomenclatura (*TypeWM*), e suas respectivas distribuições de probabilidades que representam o deslocamento do cliente nos dois tipos de filas, variando de acordo com o intervalo da semana. Logo, a Tabela 3 demonstra como se deram tais segmentações.

Tabela 3: Descrição dos tipos de configurações

Tipo	Dia	Período do mês	FN (%)	FF (%)
TypeWM_11	Segunda - Quinta	1 - 10	0,58	0.42
TypeWM_21	Sexta - Domingo	1 - 10	0,67	0.33
TypeWM_12	Segunda - Quinta	11 - 20	0,58	0.42
TypeWM_22	Sexta - Domingo	11 - 20	0,67	0.33
TypeWM_13	Segunda - Quinta	21 - 30	0,58	0.42
TypeWM_23	Sexta - Domingo	21 - 30	0,67	0.33

Sendo assim, para cada configuração foram gerados seis cenários e realizadas dez simulações em cada um deles, totalizando 360 simulações. Tal processo ocorreu com o objetivo de

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193755
https://proceedings.science/p/193755?lang=pt-br

obter uma maior precisão no que se refere aos valores obtidos para cada métrica analisada. Esses cenários contam com diferentes quantitativos de operadores de *checkout* alocados, onde a determinação desses números se deu diante o comportamento dos dados de simulação do sistema.

Tendo em vista que o horário real em que as atividades são iniciadas no supermercado está situado entre 05:00 e 21:00, considerou-se um horizonte temporal, durante as simulações, de 960 minutos, equivalente a 16 horas.

As métricas referentes a filas, analisadas neste estudo, estão relacionadas com os tempos médio e máximo de espera do cliente em ambas FN e FF, os tamanhos médio e máximo das filas e a taxa média de utilização dos recursos. Por tratar-se de filas únicas com múltiplos caixas, os dados obtidos acerca dos tamanhos das filas são subdivididos pela quantidade de atendentes inseridos nos cenários.

Durante o processo de simulação, observou-se que ao alocar um único operador na FF, a taxa de utilização dos recursos atinge picos de 99,4%, não atendendo as exigências do Código Brasileiro de Trabalho, no qual assegura o direito de o trabalhador realizar atividades em um ambiente que proporcione a segurança e saúde deste. Por outro lado, quando alocados três ou mais atendentes, foi verificada uma ociosidade considerável com aproveitamento de apenas 22% dos recursos. Então, em todas as configurações e cenários relacionados a FF, alocou-se dois atendentes. Na FN a distribuição dos recursos se sucedeu de acordo com o que está demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4: Alocação dos recursos para cada cenário da empresa

Tipo de Fila		TypeWM_11	TypeWM_21	TypeWM_12	TypeWM_22	TypeWM_13	TypeWM_23
1º Cenário	AFN	9	9	9	9	9	9
	AFF	2	2	2	2	2	2
2º Cenário	AFN	11	11	11	11	11	11
	AFF	2	2	2	2	2	2
3º Cenário	AFN	13	13	13	13	13	13
	AFF	2	2	2	2	2	2
4º Cenário	AFN	14	14	14	14	14	14
	AFF	2	2	2	2	2	2
5º Cenário	AFN	15	15	15	15	15	15
	AFF	2	2	2	2	2	2
6º Cenário	AFN	16	16	16	16	16	16
	AFF	2	2	2	2	2	2

5. Análise dos resultados das simulações

Após realizar as simulações, os dados obtidos foram estruturados de acordo com a Tabela 5. Devido à realização de 10 simulações em cada cenário, tornou-se necessário calcular a média dos valores obtidos em cada métrica, com o objetivo de tornar mais evidente as alternativas que apresentam melhor performance.

Tabela 5: Resultados para a primeira configuração – TypeWM_11

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN (pessoas)	267,70	249,40	212,00	195,10	129,60	130,60
Máx. FF (pessoas)	22,50	47,00	42,90	58,70	54,20	67,00
Méd. FN (pessoas)	101,02	85,99	68,74	49,90	19,49	16,43
Méd. FF (pessoas)	1,67	5,06	4,41	7,83	5,77	6,61
Desv. Pad - FN (min)	39,91	48,30	80,95	39,42	14,78	14,03
Desv. Pad - FF (min)	2,48	7,78	4,79	12,32	7,35	3,70

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193755
https://proceedings.science/p/193755?lang=pt-br

Tempo Máx. Espera FN (min)	177,30	134,63	104,21	90,26	56,68	54,16
Tempo Máx. Espera FF (min)	10,82	22,11	21,40	28,22	25,64	31,28
Tempo Médio Espera FN (min)	62,19	47,33	36,12	26,83	11,81	10,01
Tempo Médio Espera FF (min)	1,47	3,98	3,46	5,77	4,74	5,56
Desv. Pad -Tempo Espera FN (min)	19,90	21,41	37,66	19,66	8,89	8,45
Desv. Pad - Tempo Espera FF (min)	2,08	6,07	3,53	8,37	6,10	5,65
Utilização Méd. AFN (%)	91,04	86,95	81,87	78,34	69,88	64,63
Utilização Méd. AFF (%)	52,92	55,89	58,84	59,53	56,20	55,46
Desv. Pad. Utilização AFN (%)	21,36	24,17	25,21	25,43	23,44	23,65
Desv. Pad. Utilização AFF (%)	24,04	20,97	24,69	24,12	23,29	24,38

Com base na Tabela 5, é possível verificar que há um fluxo considerável de clientes na FN nos cenários iniciais e, nos subsequentes, esses valores são reduzidos. Ao contrário disso, na FF os valores dessas métricas variam ao longo das simulações realizadas, sem apresentar tendência de crescimento ou decrescimento. Diante disso, existem dois cenários que proporcionam melhores resultados operacionais para o supermercado, sendo eles, o quarto e o quinto.

No quarto cenário em que são alocados 14 AFN (Atendentes da Fila Normal), é possível observar que o tamanho médio da fila é de 04 pessoas por cada atendente, podendo alcançar valores máximos de 14 clientes por operador de *checkout*. Embora esses resultados acarretem um tempo médio de espera de 27 minutos, a taxa de utilização dos atendentes alcança percentuais de 78,34%, ou seja, um aproveitamento considerável dos recursos.

Ao designar 15 AFN no quinto cenário, o tamanho médio e máximo são reduzidos, assim como o tempo médio de espera que apresenta um valor de 11,81 minutos e a utilização dos atendentes situando em torno de 69,88%. Logo, existe um trade-off entre esses dois cenários, visto que um pode gerar bom aproveitamento dos recursos, mas ocasiona tempo maior de espera por parte do cliente. Já o outro cenário proporciona menores valores de tempo e tamanho da fila, porém os atendentes passam menos tempo realizando sua função. No que se refere a configuração TypeWM_21, as médias referentes às métricas analisadas estão demonstradas na Tabela 6.

Tabela 6: Resultados para a segunda configuração – TypeWM_21

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN (pessoas)	279,90	178,60	75,80	49,50	32,50	3,80
Máx. FF (pessoas)	4,20	6,90	4,60	4,10	3,30	1,90
Méd. FN (pessoas)	118,17	52,39	15,38	6,26	3,26	0,06
Méd. FF (pessoas)	0,06	0,30	0,09	0,06	0,05	0,01
Desv. Pad - FN (min)	57,74	29,61	15,60	5,68	4,74	0,13
Desv. Pad - FF (min)	0,03	0,75	0,11	0,03	0,03	0,01
Tempo Máx. Espera FN (min)	179,35	105,01	36,99	22,70	13,76	1,30
Tempo Máx. Espera FF (min)	2,11	3,58	2,28	2,25	1,80	0,92
Tempo Médio Espera FN (min)	69,45	29,89	9,03	7,09	2,02	0,06
Tempo Médio Espera FF (min)	0,08	0,35	0,11	0,08	0,07	0,02
Desv. Pad -Tempo Espera FN (min)	29,21	15,65	8,62	9,38	2,93	0,12
Desv. Pad - Tempo Espera FF (min)	0,03	0,85	0,12	0,03	0,03	0,01
Utilização Méd. AFN (%)	93,28	87,57	76,70	71,48	66,06	39,44
Utilização Méd. AFF (%)	35,56	38,09	37,25	36,41	36,67	16,41
Desv. Pad. Utilização AFN (%)	15,93	19,45	19,48	19,75	22,02	14,28
Desv. Pad. Utilização AFF (%)	12,68	14,15	12,70	11,87	11,85	5,71

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193755
https://proceedings.science/p/193755?lang=pt-br

De acordo com os dados demonstrados na Tabela 6, os dois cenários que contam com resultados mais promissores para essa configuração, são o terceiro com alocação de 13 AFN e o quarto com 14 AFN. No terceiro cenário, o tamanho médio e máximo da fila apresentam, respectivamente, 02 e 06 clientes por atendente. Embora não apresente grandes filas e conte com um bom percentual de utilização dos recursos, o cliente pode permanecer esperando na fila por um tempo médio de 9,03 minutos e máximo de 36,99 minutos.

O quarto cenário, normalmente, não apresenta geração de filas, mas em alguns momentos do dia poderá ocasionar em 04 clientes para cada atendente. Com isso o tempo médio e máximo de espera na fila são minimizados. Ademais, o percentual de utilização, mesmo sendo menor que no outro cenário, ainda conta com uma taxa considerável. Essa mesma situação acontece para a FF, porém os valores não apresentaram tanta discrepância quando comparado ao cenário anterior. Ao simular a configuração TypeWM_12, foram obtidos os valores presentes na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados para a terceira configuração – TypeWM_12

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN (pessoas)	160,90	63,70	29,20	23,60	6,50	5,30
Máx. FF (pessoas)	6,20	7,00	5,70	5,80	4,80	5,60
Méd. FN (pessoas)	60,37	10,97	4,07	2,09	0,17	0,17
Méd. FF (pessoas)	0,25	0,27	0,22	0,17	0,14	0,15
Desv. Pad - FN (min)	35,55	12,91	8,00	3,99	0,21	0,30
Desv. Pad - FF (min)	0,31	0,33	0,25	0,14	0,10	0,10
Tempo Máx. Espera FN (min)	113,40	37,45	14,44	15,66	2,91	2,08
Tempo Máx. Espera FF (min)	3,07	3,44	2,92	2,92	2,52	2,75
Tempo Médio Espera FN (min)	42,71	8,26	2,74	1,55	0,13	0,12
Tempo Médio Espera FF (min)	0,25	0,27	0,22	0,18	0,14	0,16
Desv. Pad -Tempo Espera FN (min)	24,26	9,70	5,31	2,95	0,15	0,21
Desv. Pad - Tempo Espera FF (min)	0,32	0,33	0,21	0,14	0,08	0,09
Utilização Méd. AFN (%)	88,93	73,17	64,96	59,67	56,29	53,37
Utilização Méd. AFF (%)	46,43	44,54	44,93	43,20	45,80	44,50
Desv. Pad. Utilização AFN (%)	19,54	19,45	19,70	19,43	17,73	19,15
Desv. Pad. Utilização AFF (%)	16,43	16,68	16,19	15,46	15,32	15,88

Os resultados obtidos para cada métrica no período do meio da semana e do mês, dispostos na Tabela 7, mostram que os tamanhos médio e máximo da FN são menores, ao analisar e comparar com as outras duas configurações anteriores. Tendo isso em vista, o segundo e terceiro cenário se destacam em sua performance, pois os subsequentes obtêm uma ociosidade considerável acerca dos AFN.

No que diz respeito ao segundo cenário em que foi alocado 11 AFN, nota-se que há uma geração média e máxima de fila de, respectivamente, 01 e 06 pessoas por atendente e conta com um percentual relevante de utilização dos atendentes. Todavia, o tempo máximo de espera na fila está situado em torno de 37,45 minutos, podendo gerar insatisfação por parte do cliente.

Já no terceiro cenário, o tamanho da fila e os tempos médio e máximo são minimizados de forma efetiva. Com isso, mesmo apresentando uma redução na utilização dos atendentes em 8% a menos que no experimento anterior, o fato de que o cliente vai esperar menos tempo na fila, torna esse cenário uma boa opção a ser adotada. Com relação aos resultados obtidos para a configuração TypeWM_22, são demonstrados na Tabela 8.

Tabela 8: Resultados para a quarta configuração – TypeWM_22

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN (pessoas)	253,70	108,50	112,60	50,50	15,70	6,40

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193755
https://proceedings.science/p/193755?lang=pt-br

Máx. FF (pessoas)	3,60	3,10	4,80	4,10	3,40	2,90
Méd. FN (pessoas)	125,28	36,26	30,18	7,00	1,21	0,27
Méd. FF (pessoas)	0,05	0,05	0,10	0,06	0,04	0,04
Desv. Pad - FN (min)	98,47	33,67	38,31	6,84	2,43	0,52
Desv. Pad - FF (min)	0,03	0,03	0,11	0,03	0,02	0,03
Tempo Máx. Espera FN (min)	174,88	63,02	55,82	23,08	6,34	2,50
Tempo Máx. Espera FF (min)	1,91	1,48	2,42	2,17	1,75	1,84
Tempo Médio Espera FN (min)	80,25	23,08	17,36	4,45	0,80	0,17
Tempo Médio Espera FF (min)	0,07	0,06	0,13	0,09	0,06	0,06
Desv. Pad -Tempo Espera FN (min)	51,48	18,85	21,01	4,16	1,57	0,32
Desv. Pad - Tempo Espera FF (min)	0,03	0,04	0,13	0,04	0,02	0,04
Utilização Méd. AFN (%)	91,46	84,46	75,68	68,09	61,20	57,36
Utilização Méd. AFF (%)	33,61	34,14	36,13	34,33	33,95	33,54
Desv. Pad. Utilização AFN (%)	20,19	22,30	22,09	23,29	22,61	20,99
Desv. Pad. Utilização AFF (%)	12,95	13,01	15,10	14,09	13,17	11,69

Para essa configuração, o terceiro e quarto cenário se destacam dentre os demais experimentos, pois contam com melhores valores de tamanho da FN de forma simultânea ao percentual de utilização dos AFN.

Com relação ao terceiro cenário, não existe grandes gerações de filas ao distribuir o quantitativo para os 13 atendentes, visto que a média se dá em torno de 03 pessoas e a máxima de 09. Porém, o cliente permanece, geralmente, cerca de 17,36 minutos esperando na fila para ser atendido e, em alguns casos, até 55,82 minutos, sendo considerado um tempo muito elevado quando se trata de manter o cliente satisfeito.

Apesar de o quarto cenário contar com uma redução na utilização dos AFN, o tamanho da FN e o tempo de espera são minimizados de forma significativa, ao ponto de serem geradas filas com apenas 01 pessoa para metade dos atendentes, em alguns momentos do tempo de funcionamento do supermercado. Quanto aos resultados referentes a configuração TypeWM_13, a Tabela 9 demonstra os valores alcançados para cada métrica.

Tabela 9: Resultados para a quinta configuração – TypeWM_13

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN (pessoas)	277,90	223,40	142,70	113,50	89,40	62,20
Máx. FF (pessoas)	26,10	38,90	25,00	40,10	34,10	33,50
Méd. FN (pessoas)	104,45	68,81	30,38	17,47	12,97	7,51
Méd. FF (pessoas)	2,08	3,77	1,95	4,04	3,47	2,95
Desv. Pad - FN (min)	66,49	58,47	20,62	14,76	19,29	14,72
Desv. Pad - FF (min)	3,49	5,88	2,86	3,96	6,43	5,67
Tempo Máx. Espera FN (min)	180,61	121,42	72,22	53,46	38,93	25,79
Tempo Máx. Espera FF (min)	12,20	18,44	12,03	18,38	16,70	15,63
Tempo Médio Espera FN (min)	62,62	38,07	18,83	10,99	7,75	4,72
Tempo Médio Espera FF (min)	1,81	3,12	1,76	3,28	2,81	2,52
Desv. Pad -Tempo Espera FN (min)	37,05	27,68	11,94	8,79	11,32	9,17
Desv. Pad - Tempo Espera FF (min)	2,98	4,69	2,63	3,15	5,17	4,71
Utilização Méd. AFN (%)	89,43	83,76	76,81	71,07	65,31	59,73
Utilização Méd. AFF (%)	51,42	53,32	53,87	55,93	52,65	52,06
Desv. Pad. Utilização AFN (%)	21,91	23,75	22,68	22,11	22,34	22,19
Desv. Pad. Utilização AFF (%)	21,05	20,72	23,94	23,70	19,41	20,71

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193755
https://proceedings.science/p/193755?lang=pt-br

No que se refere a essa configuração, o quarto e quinto experimento apresentaram resultados mais pertinentes, uma vez que o tempo médio de espera é inferior aos cenários anteriores, de forma que a utilização dos AFN não se reduz radicalmente. Ao alocar 14 AFN no quarto cenário, não foram geradas grandes filas, visto que conta com um tamanho médio de 02 clientes por atendente. No entanto, à medida que esse valor varia para o tamanho máximo, o tempo máximo de espera do cliente na fila pode atingir 53,46 minutos.

Nesse quinto cenário, foi constatado que a utilização dos atendentes reduziu, assim como todos os outros valores para as demais métricas. Diante disso, os clientes passam menos tempo esperando para serem atendidos, porém os atendentes se mantêm ocupados cerca de 65,31% da jornada de trabalho. Com relação à configuração TypeWM_23, os resultados estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Resultados para a sexta configuração – TypeWM_23

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN (pessoas)	358,60	235,90	147,20	132,50	98,00	43,90
Máx. FF (pessoas)	4,70	4,80	5,40	9,10	5,60	5,60
Méd. FN (pessoas)	159,68	84,23	37,82	31,88	19,16	4,62
Méd. FF (pessoas)	0,10	0,10	0,13	0,37	0,13	0,15
Desv. Pad - FN (min)	52,26	60,07	32,81	28,81	17,99	5,19
Desv. Pad - FF (min)	0,06	0,05	0,16	0,74	0,06	0,21
Tempo Máx. Espera FN (min)	217,22	128,11	73,39	60,56	42,35	17,76
Tempo Máx. Espera FF (min)	2,48	2,49	2,87	4,19	2,75	2,82
Tempo Médio Espera FN (min)	89,68	42,63	21,04	16,99	10,75	2,66
Tempo Médio Espera FF (min)	0,12	0,12	0,16	0,38	0,15	0,18
Desv. Pad -Tempo Espera FN (min)	27,77	27,34	15,79	14,36	9,67	2,95
Desv. Pad - Tempo Espera FF (min)	0,07	0,05	0,19	0,74	0,07	0,22
Utilização Méd. AFN (%)	92,24	88,37	81,41	79,65	73,60	67,44
Utilização Méd. AFF (%)	38,83	39,27	38,06	42,97	40,46	39,00
Desv. Pad. Utilização AFN (%)	17,71	20,33	20,72	21,80	21,35	22,19
Desv. Pad. Utilização AFF (%)	15,09	14,61	14,79	17,57	14,83	14,81

Por meio da análise dos dados obtidos, observou-se que o quarto e quinto cenário podem proporcionar resultados mais consideráveis para a organização varejista, devido apresentarem uma redução no tamanho da FN. No quarto experimento, o tamanho médio da fila, ao dividir pela quantidade de atendentes, não apresenta altos valores, mas pode chegar até 10 pessoas para cada operador. Além disso, mesmo que os atendentes permaneçam quase 80% do tempo de trabalho realizando sua função, o tempo de espera na fila pode alcançar até 60,56 minutos, aumentando a chance de o cliente ficar insatisfeito com o serviço prestado.

O quinto cenário, por sua vez, proporciona menores valores para o tamanho da fila e o tempo de espera. Mesmo com a redução da porcentagem de utilização dos atendentes, essa métrica ainda apresenta um bom aproveitamento dos recursos, visto que durante 73,60% da jornada de trabalho, os operadores estão realizando o atendimento dos clientes.

Ao realizar as análises para todas as configurações, foi verificado que existe uma certa ociosidade por parte dos AFF (Atendentes da Fila *Fast*). Desse modo, torna-se necessário empregá-los, nos momentos em que não estão realizando atividades, para dar um suporte aos AFN. Assim, a utilização dos atendentes disponíveis será maximizada, além de proporcionar uma maior rapidez nos atendimentos aos clientes da FN.

6. Considerações finais

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193755
https://proceedings.science/p/193755?lang=pt-br

Diante deste estudo, uma revisão da literatura foi realizada com o objetivo de identificar os principais softwares de simulação utilizados para analisar e propor soluções relacionadas a problemática de filas em supermercados. Com isso, elencou-se, também, o tipo de abordagem realizada nos trabalhos identificados e as respectivas questões abordadas.

O objetivo desse trabalho foi alcançado, visto que através do *software* Anylogic, desenvolveu-se um modelo de simulação computacional do sistema de filas de um supermercado na Paraíba, aplicando a abordagem baseada em agentes. Assim, com a representação das configurações reais da empresa, tornou-se possível verificar qual a melhor alocação de operadores de *checkout* para cada período específico do mês e da semana, de modo que o tempo de espera do cliente na fila fosse minimizado, sem gerar grande ociosidade.

A partir dos resultados alcançados, verificou-se que a fila fast apresenta melhores resultados quando são designados apenas dois operadores para o atendimento, apesar de ainda gerar uma taxa de utilização menor que 50% da jornada de trabalho. Um número maior de atendentes resulta em grande ociosidade, enquanto um menor quantitativo não atende às normas trabalhistas em termos de utilização dos recursos.

Visando melhorar a experiência do cliente por meio da redução do tempo de espera na fila, os resultados obtidos referentes a alocação dos operadores para a fila normal mostraram que, no período inicial do mês, é necessário designar 15 atendentes durante a semana e 14 no final de semana. No meio do mês, a necessidade diminui para 13 operadores de segunda a quinta-feira, aumentando para 14 de sexta a domingo. Ao final do mês, a melhor opção é alocar 15 atendentes tanto durante a semana quanto no final de semana.

Referências

Abar, S., Theodoropoulos, G. K., Lemarinier, P., e O'Hare, G. M. (2017). Agent Based Modelling and Simulation tools: A review of the state-of-art software. Computer Science Review, 24, p.13-33.

Alvarado, J. e Pulido, L. (2008). Simulation and experimental design applied to sizing supermarket cashiers in Colombia. In *Winter Simulation Conference*, p. 1356-1361, Bogotá, IEEE.

Alves de Melo, G., Mendonça Peixoto, M. G., Barbosa, S. B. e Angélico de Mendonça, M. C. (2022). The analysis of macro processes of the cashier service in a supermarket organization: a case study of quality management and simulation. *Dyna*, 89:19-26.

Antczak, T., Weron, R. e Zabawa, J. (2020). Data-driven simulation modeling of the checkout process in supermarkets: insights for decision support in retail operations. *IEEE Access*, 8: 228841-228852.

Cheong, M. L. e Chia, Y. Q. (2019). Simulation model to evaluate effectiveness of queue management tool in supermarket retail chain. In *2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, IEEE, Macao, China, p. 606-610.

Dias, L. M., Vieira, A. A., Pereira, G. A., e Oliveira, J. A. (2016). Discrete simulation software ranking—A top list of the worldwide most popular and used tools. In *Winter Simulation Conference (WSC)*, p. 1060-1071, IEEE.

Hasugian, I. A. e Dewi, E. (2020). Analysis Of Queuing Models Of Fast Food Restaurant with Simulation Approach. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, p. 012028, IOP Publishing.

Mitzenmacher, M. e Dell'Amico, M. (2022). The supermarket model with known and predicted service times. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 33:2740-2751.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193755
https://proceedings.science/p/193755?lang=pt-br

Mohamad, F. e Saharin, S. F. (2019). Application of Discrete Event Simulation (DES) for Queuing System Improvement at Hypermarket. In *FGIC 2nd Conference on Governance and Integrity 2019*, KnE Social Sciences, Yayasan Pahang, Malaysia, p.330-346.

Murnawan, H. (2023). Analysis of the Effectiveness of Cashier Service with a Simulation of the Queue System. In *Proceedings of the 4th International Conference on Advanced Engineering and Technology (ICATECH 2023)*, SCITEPRESS, p. 97-102.

Pereira, J. V., Silva, A. M. e Moraes, D. G. (2020). Discrete Simulation Applied to Queue Management in a Supermarket. *Independent Journal of Management & Production*, 11:1667-1684.

Priyangika, J. S. K. C. e Cooray, T. M. J. A. (2015). Analysis of the sales checkout operation in supermarket using queuing theory. In *Proceedings of 8th International Research Conference*, KDU IRC, Sri Lanka, p. 42-48.

Safuri, A. A. M. e Kamardan, M. G. (2022). Queue management and application in supermarket. *Enhanced Knowledge in Sciences and Technology*, 2:352-360.

Shinde, V., e Kumar, J. (2013). Queueing Model to Analyze the Supermarket. In *National Conference on Recent Trends in Operations Research*, p.30, NCRTOR.

Shishvan, M. S., e Benndorf, J. (2019). Simulation-based optimization approach for material dispatching in continuous mining systems. *European Journal of Operational Research*, 275:1108-1125.

Soleymani Shishvan, M. e Benndorf, J. (2019). Simulation-based optimization approach for material dispatching in continuous mining systems. European Journal of Operational Research, 275:1108-1125.

Stojkovic, N., Stojanova, A., Kocaleva, M., Zlatanovska, B. e Karamazova Gelova, E. (2017). Simulation of Queuing system based on AnyLogic. In *Conference or Workshop Item (Speech)*, p. 268-273, Zrenjanin, ITRO.

Wang, K., Li, N. e Jiang, Z. (2010). Queueing system with impatient customers: A review. In *Proceedings of 2010 IEEE international conference on service operations and logistics, and informatics*, IEEE, QingDao, China, p. 82-87.

Wenjie, X., Senbiao, L. e Lihong, H. (2015). Simulation model of supermarket queuing system. In *2015 34th Chinese Control Conference (CCC)*, IEEE, Hangzhou, China, p. 8819-8823.

Wibowo, D. R., Hergiyan, S., Zaman, A. N. e Lestari, F. (2021). Simulation Analysis of Cashier Service Queue System at a Supermarket. In *Proceedings of the Second Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, IEOM Society International, Surakarta, Indonesia, p.14-16.

Zhang, Q. (2012). Multi-agent based supermarket queuing model and optimization. *Advances in Multimedia, Software Engineering and Computing*, 2:635-640.

Zhao, T., e He, C. (2013). Supermarket application based on queueing theory. In *Proceedings of the International Conference on Information Engineering and Applications (IEA)*, p. 545-551, Springer London.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193755
https://proceedings.science/p/193755?lang=pt-br