

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE PRESTADORA DE SERVIÇOS

Felipe Fogaça de Souza (IC) e Maria Célia de Oliveira (Orientadora)

Apoio: PIBIC Mackenzie

Resumo

Este artigo teve como foco o estudo da Simulação de Eventos Discretos. Por ser uma ferramenta que auxilia na análise de cenários, substituindo o evento físico por uma simulação, esta mudança ferramenta possui algumas vantagens como a otimização do tempo, redução dos custos e padronização de processos, já que esta consegue desanexar alguns componentes como fatores humanos. A Simulação de Eventos Discretos tem sido amplamente utilizada em processos produtivos, tanto em aplicações práticas quanto na bibliografia, mas infelizmente aplicações e estudos em setores de prestação de serviço ainda estavam à margem e não foram muito explorados. Dado este cenário vimos um estudo deste tipo de aplicação em uma pequena empresa prestadora de serviço como uma boa oportunidade de investigação científica. Portanto o objetivo geral desta pesquisa é aplicar a Simulação de Eventos Discretos em uma empresa prestadora de serviços e avaliar seus resultados. Como resultado, observamos também que sua aplicação é possível no setor de serviços, mais especificamente pequenos negócios, além de apontar pontos passíveis de otimização de recursos, como tempo, equipamentos e mão de obra.

Palavras-chave: Simulação de eventos discretos, teoria das filas, atendimento

Abstract

The focus of this research is the study of the theory of simulation of discrete events. Being a helpful tool in scenario analyses, substituting the physical event with a simulation, this very tool possesses some advantages such as time optimization, cost reduction and process standardization, since it is able to detach some components like human factors. The simulation of discrete events has been extensively utilized in production processes both in practical applications and in bibliography, but unfortunately applications and studies in the service sector still fell by the wayside and are rather unexplored. Given this scenario, a research study about this application in a small service company seemed to be a good opportunity for a scientific investigation. Therefore, the overall objective of this study is the application of the simulation of discrete events to a service providing company and to analyze its results. As a result it was observed that this application is possible in the service sector, especially for small

and medium sized enterprises, and potential resource optimization possibilities such as time, equipment and labor, were pointed out.

Keywords: Simulation of discrete events, queueing theory, service

INTRODUÇÃO

Os pequenos negócios prestadores de serviços têm crescido continuamente a sua participação na economia brasileira, mesmo com todo este cenário que ratifica a importância deste setor, temos visto pouca aplicação de métodos que melhorem a eficiência destas organizações. Existem diversas ferramentas que permitem identificar os desperdícios e reduzi-los ao máximo. Dentre estas ferramentas destaca-se a simulação de eventos discretos. O objetivo geral é aplicar a *Simulação de Eventos Discretos* em uma empresa prestadora de serviços e avaliar seus resultados, analisando, portanto, a viabilidade da Simulação como uma ferramenta neste tipo de empreendimento. Como diretrizes afim de se alcançar este objetivo foi preciso compreender o que é e como deve ser implantada a Simulação de Eventos Discretos, identificar os processos e sistemas da organização, atualizando quais são viáveis a serem simulados e propor ações estratégicas que melhorem os processos de prestação de serviço da empresa.

REFERENCIAL TEÓRICO

Definição e Aplicações de Teoria das Filas

Teoria das filas, um subconjunto da estatística de probabilidade, descreve o estudo matemático de esperar em filas, desenvolvendo um modulo para prever o tempo de esperança em base dum conceito matemático. As origens da teoria remontam a ERLANG (1906), quem provou que a distribuição de Poisson aplica a tráfego telefónico aleatório. Só depois de 1940 a teoria das filas virou uma área de interesse para vários pesquisadores.

TÔRRES (1966) argumentou que filas são os resultados de faltas de programação e realçou que as mesmas poderiam ser evitadas com organização de ambos os serviços e as chegadas dos clientes, com isso também evitando a espera. Porém, ele continua que majoritariamente é impossível programar os casos, o que implica que as filas não podem ser evitadas.

Muitos estudos sobre filas foram realizados na área bancaria (AMIDANI, 1975; LIMA et al., 2016), com foco no melhoramento do serviço e redução de tempo de espera na fila, para conquistar e manter clientes.

Outra área de pesquisa com filas no sentido tradicional focou em supermercados (MORABITO e LIMA, 2000) como aqui o tempo de espera também contribui ao nível de serviço recebido. FIGUEIREDO e ROCHA (2010) estudaram filas para otimizar o número de caixas necessários numa loja.

Definição de Simulação

Simulação é entendido como o uso de modelos experimentais para responder perguntas sobre um sistema referente (MERRIAM-WEBSTER, 2015). Um evento é uma circunstância que de alguma forma causa a alteração do estado de um determinado sistema. Eventos discretos, portanto, implicam que os eventos apenas acontecem dentro de uma unidade distinta de tempo durante a simulação e não podem acontecer entre estas unidades de tempo (BANKS, 1984).

Jerry BANKS (1984) definiu a simulação de eventos discretos como a modelagem de um sistema em qual a variável do estado muda apenas em um conjunto discreto de momentos. Os modelos de simulação são analisados usando métodos numéricos, que significa que procedimentos computacionais são aplicados para solucionar modelos matemáticos através a simulação de histórias artificiais de um sistema, baseado em hipóteses. Manejando várias simulações, as observações são analisadas para estimar a execução do sistema real.

Desenvolvimento e Aplicações de Simulação

Levando em conta as aplicações de simulação de eventos discretos, é importante lembrar o desenvolvimento destas aplicações e de simulação em computador em geral com o tempo. O início de simulações de eventos discretos é definido com a primeira geração de computadores, titulando a década de 1950 até os 1960s “período pioneiro”. Os anos 70 representam o período de “desenvolvimento contínuo e de inovação”, melhorando as tecnologias e adicionando várias linguagens de software de simulação.

Na década seguinte, os anos 80, começou a “revolução”; IBM entrou no mercado e tanto computadores como o método de simulação viraram essenciais dentro de organizações comerciais, principalmente na área de manufatura. A partir de 1990 começou a “evolução”, que implica mudança contínua, porém não drástica, em simulação, baseado no desenvolvimento tecnológico.

ROBINSON (2004) menciona quatro áreas de funções dentro da modelagem de sistemas de operações, qual incluem manufatura, transportação, fornecimento e serviços. A base tradicional da simulação de eventos discretos dentro do ambiente empresarial foi a aplicação em manufatura, como SEMINI et al. (2006) quem examinou a tomada de decisão na logística de produção.

No entanto, durante os anos 90 o foco mudou com o tempo e o setor de serviços ganhou importância. Em 1999, GATERSLEBEN e VAN DER WEIJ executaram uma análise e

simulação de movimento de passageiros dentro de terminais de aeroportos. No mesmo ano, ANTON (1999) desenvolveu um modelo para centrais de atendimento e JUN, JACOBSON e SWISHER (1999) aplicaram a simulação de eventos discretos em uma clínica de saúde. No ano anterior foi aplicado em um restaurante de fast food (HUETER e SWART, 1998). MACHUCA et al. (2007) definiram a necessidade de pesquisa dentro do setor de serviços nas áreas de operações e tática, devido à maioria das pesquisas cobrindo exclusivamente a estratégia.

As tendências mais recentes na área de simulação de sistemas e eventos é tema da Winter Simulation Conference WSC, um fórum internacional divulgando progressos recentes de simulação que ocorre anualmente e publica os resultados contribuídos de todos participantes. Recentemente foi destacada a pesquisa no ramo de tanto cadeias de fornecedores (INGALLS, 2014) como a modelagem de comportamento humano (BRAILSFORD, 2014).

Com base no resultado de MACHUCA et al. (2007), essa pesquisa vai examinar particularmente a aplicação de simulações de eventos discretos no setor de serviços, com foco em outro aspecto de necessidade: atendimento e produção.

MÉTODO

Foi escolhido a aproximação ao problema por meio de um estudo de caso de uma lanchonete com abordagem quantitativa. O setor de serviços, e principalmente o comércio de produtos alimentícios, tem no tempo de espera um dos seus maiores desafios, sendo que rapidez e eficiência de atendimento fator de diferenciação e essências para o seu sucesso.

Antes de se iniciar a análise foram identificados os horários de pico e estes se mostraram bem concentrados com duração de uma hora e 30 minutos no início do período noturno. Nossa amostra considera principalmente os clientes aleatórios dentro deste período.

Para a análise foi utilizado o software de Simulação Virtual *Plant Simulation* para a simulação dos eventos alternativos.

Plant Simulation é uma ferramenta de simulação de eventos discretos que auxilia na criação de modelos virtuais. Uma das grandes vantagens deste tipo de ferramenta é tornar a realidade física para uma esfera virtual, tornando o processo de análise mais flexível e intuitivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada um estudo de campo medindo dentro de uma lanchonete o número de clientes nos horários de pico, e também o tempo de atendimento para deduzir o motivo da demora do pagamento de um pedido. Possíveis cenários eram os atendentes, o sistema ou o excesso de pessoas.

A espera, o atendimento e a busca do pedido seguem um processo padronizado: Ao chegar à padaria, o cliente se encontra numa fila única esperando por um dos dois caixas, onde é possível realizar o pedido e fazer o pagamento tanto em dinheiro como em cartão (crédito, débito ou vale-refeição). Após do pagamento ser aprovado, o consumidor se dirige para o outro lado do balcão para pegar o artigo solicitado.

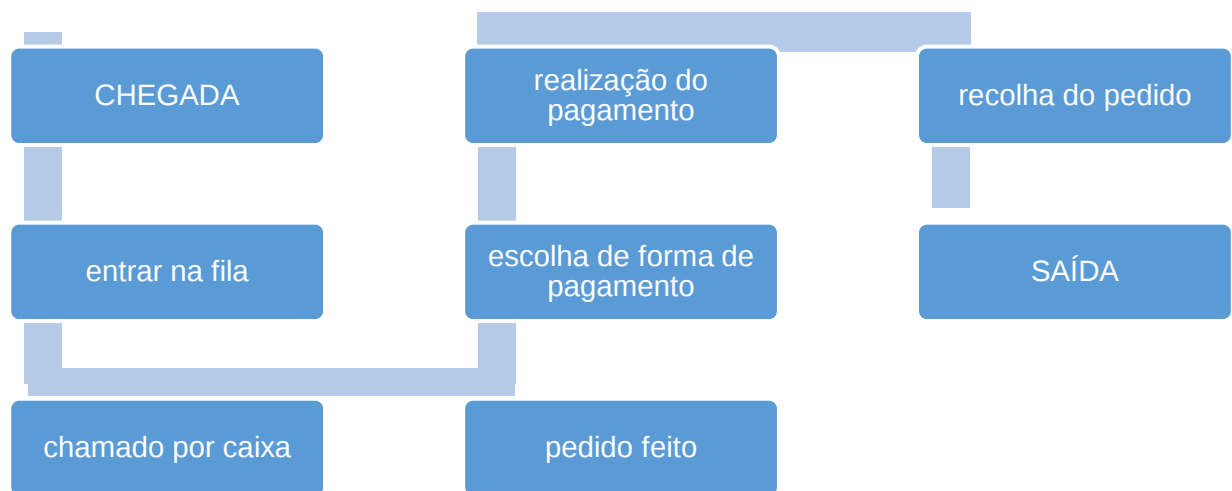


Figura 1: Processo de Atendimento

Em seguida, esta parte apresenta 4 tópicos diferentes: primeiro será introduzida a medição de tempo na loja, segundo e terceiro serão convertidos os dados do atendimento e do intervalo entre chegadas para que serão analisados no *Plant Simulation*, e quarto será mostrada a simulação no *Plant Simulation* mesmo.

1. Medição de Tempo:

A medição de tempo no horário de pico resultou em tempo de atendimento entre 15 segundos e um minuto, dependendo da complexidade do pedido e da forma de pagamento. Os números exatos podem ser encontrados no gráfico de baixo: cada tabela representa um dos caixas atuais, ambos atendendo clientes esperando na mesma fila.

Quant. Pessoas	hr entrada fila	t atendimento cx	Caixa		Quant. Pessoas	hr entrada fila	t atendimento cx	Caixa
P1	18:05:00	00:00:15	1		P2	18:05:00	00:00:40	2
P3	18:05:15	00:00:45	1		P4	18:05:40	00:00:45	2
P5	18:06:00	00:00:15	1		P7	18:06:25	00:00:37	2
P6	18:06:15	00:00:20	1		P9	18:07:02	00:00:57	2
P8	18:06:35	00:00:30	1		P12	18:07:59	00:00:48	2
P10	18:07:05	00:00:42	1		P14	18:08:47	00:00:37	2
P11	18:07:47	00:00:25	1		P16	18:09:24	00:00:35	2
P13	18:08:12	00:00:45	1		P18	18:09:59	00:00:52	2
P15	18:09:03	00:00:40	1		P20	18:10:51	00:00:48	2
P17	18:09:43	00:01:05	1		P22	18:11:39	00:00:40	2
P19	18:10:48	00:00:40	1		P24	18:12:19	00:00:59	2
P21	18:11:28	00:00:38	1		P26	18:13:18	00:00:46	2
P23	18:12:06	00:00:38	1		P28	18:14:04	00:00:36	2
P25	18:12:44	00:00:52	1		P30	18:14:40	00:00:47	2
P27	18:13:36	00:00:54	1		P33	18:15:27	00:00:39	2
P29	18:14:30	00:00:21	1		P34	18:16:06	00:00:51	2
P31	18:14:51	00:00:28	1		P36	18:16:57	00:00:51	2
P32	18:15:19	00:00:53	1		P38	18:17:48	00:00:39	2
P35	18:16:12	00:00:47	1		P40	18:18:27	00:00:38	2
P37	18:16:59	00:01:01	1		P42	18:19:05	00:00:23	2
P39	18:18:00	00:00:58	1		P44	18:19:28	00:00:31	2
P41	18:18:58	00:00:16	1		P45	18:19:59	00:00:54	2
P43	18:19:14	00:01:01	1		P47	18:20:53	00:00:44	2
P46	18:20:15	00:00:53	1		P49	18:21:37	00:00:36	2
P48	18:21:08	00:00:45	1					
P50	18:21:53	00:00:24	1					

Quadro1: Medições de Tempo

Tanto o tempo da entrada do cliente na fila como o tempo do atendimento de cada um, foram convertidos no *Plant Simulation* para modelar o problema. Foram realizados dois testes estatísticos: um para definir a distribuição a ser utilizada para o tempo de atendimento e outro para definir a distribuição para o intervalo entre chegadas.

Para o tempo de atendimento a distribuição que mais explica estes períodos foi a distribuição normal, a qual todos os testes, o Chi-Quadrado, Komolgorov-Smirnov e Anderson, deram um resultado verdadeiro.

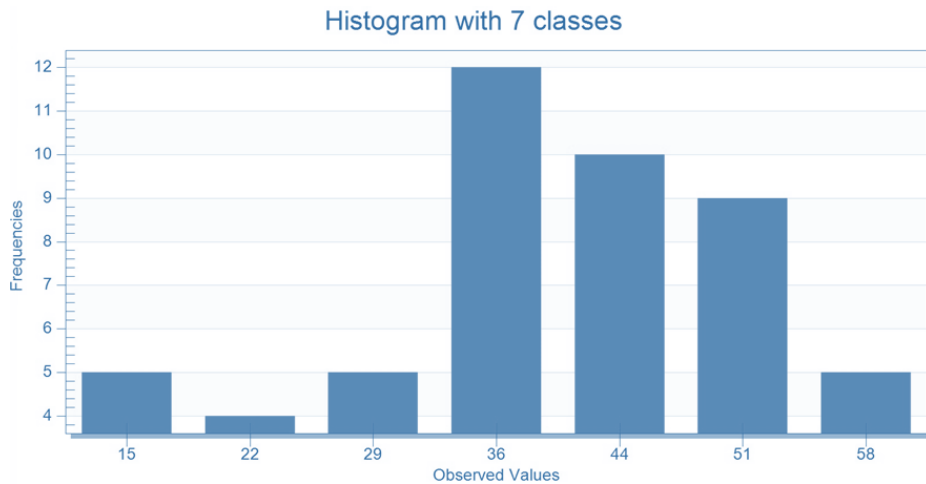


Gráfico 1: Histograma tempo de atendimento

Para o intervalo entre chegadas, porém, a distribuição mais confiável é a negativa exponencial, mesmo com apenas o teste de Anderson dando um resultado verdadeiro.

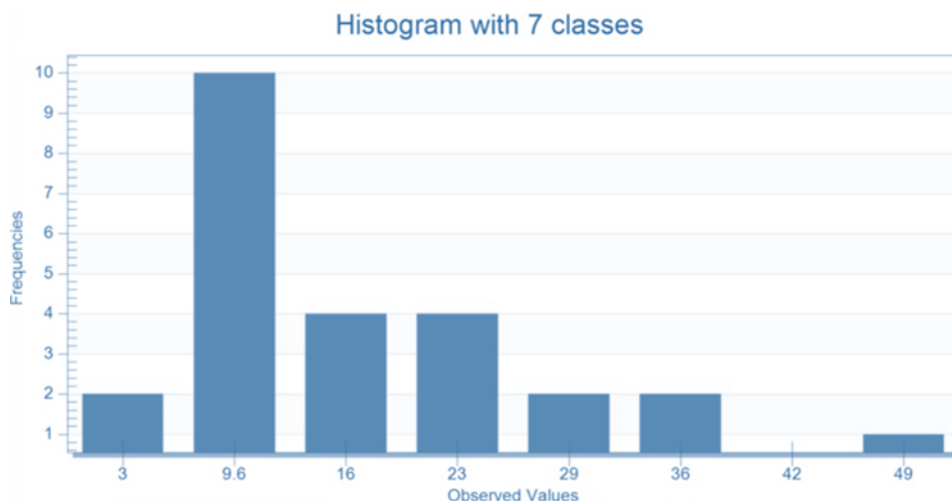


Gráfico 2: Histograma tempo de chegada

2. Simulação no *Plant Simulation*:

Com as distribuições obtidas, foi criado o modelo no *Plant Simulation*, conforme é mostrado na Figura 4. Simulação foi realizada de forma virtual no Software citado durante duas horas, isso porque quanto maior a duração da simulação no programa, maior é o número de simulações realizadas pelo *Plant Simulation*. Gerando então uma confiabilidade maior da análise.

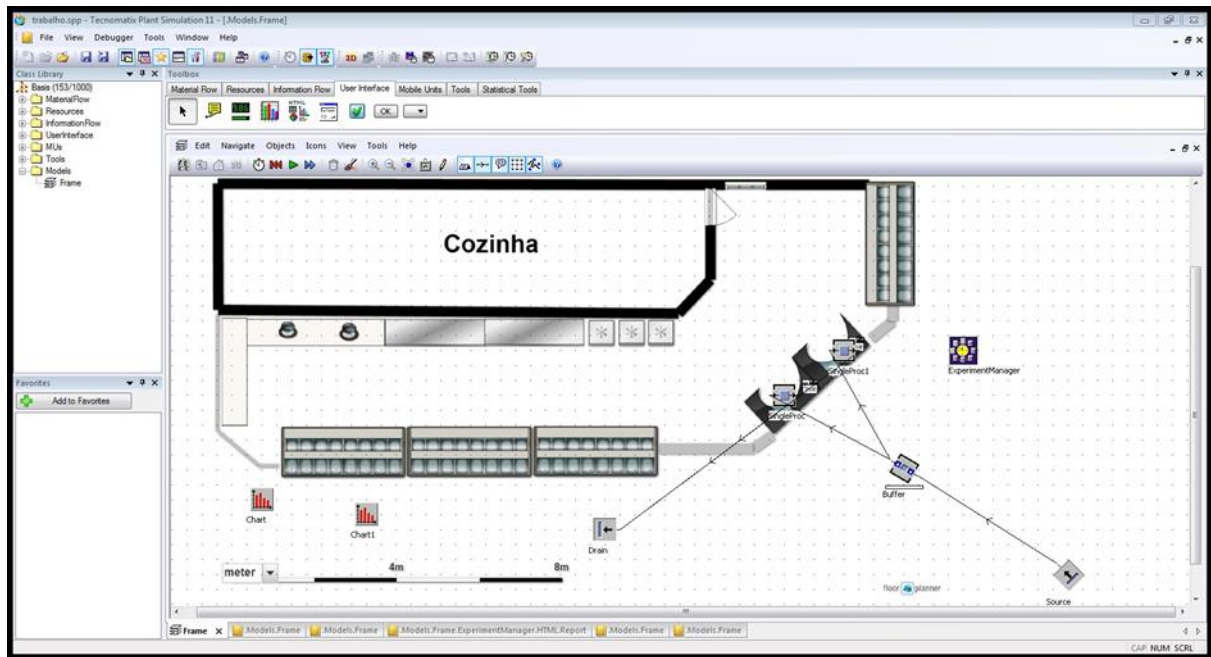


Figura 2: Modelo 2 caixas

No modelo, “source” representa a entrada na fila depois que o cliente chega, enquanto o “buffer” representa a fila. Os dois “single proc” são iguais aos dois caixas existentes na situação inicial da padaria. Foi incluído um “experiment manager” capaz de gerar relatórios estatísticos e um “chart” para desenhar um gráfico para a fila (o “buffer”).

Como “source” é a entrada das pessoas na fila, foi definido com a distribuição negativa exponencial, igual definido antes. A média entre as chegadas dos clientes, igual ao beta, é igual a 21 segundos.

Os dois “single proc” representam o tempo de atendimento em cada dos dois caixas e considera a distribuição normal com μ igual a 41 e σ igual a 12.

Baseado no modelo anterior, foi estabelecido um segundo modelo qual output permitiu a conclusão que o tempo de espera na fila (“mean life time”) é igual a 2 minutos e 59 segundos, com 177 pessoas entrando a fila a cada hora.

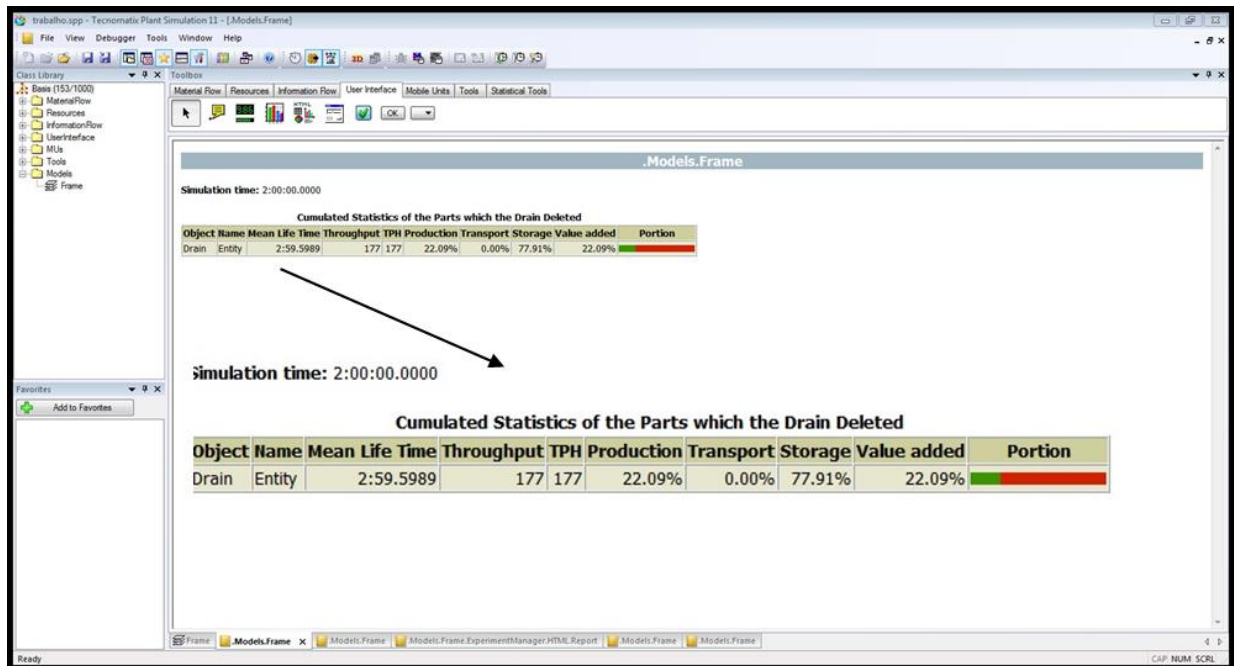


Figura 3: Resultado Modelo Plant Situation

O relatório do “buffer” apoia este resultado e mostra que o máximo de clientes esperando na fila é o número de 18 clientes, gerando um tempo de espera de 2 minutos 59 segundos.

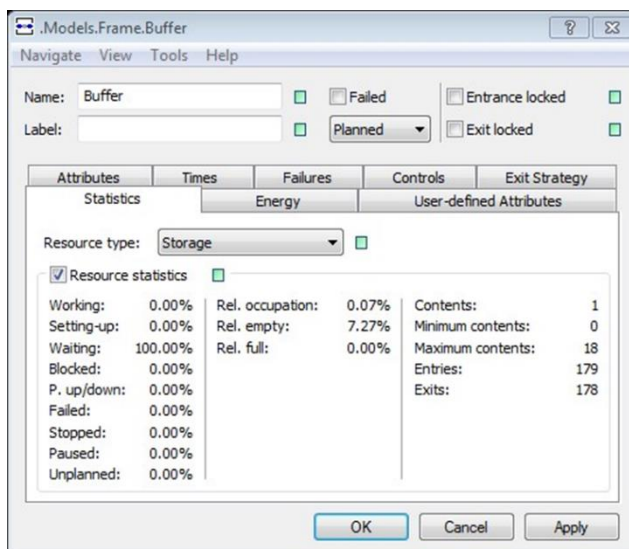


Figura 4: Relatório "Buffer" (Fila)

Com um nível de confiança de 95% e os dados estatísticos acima, pode ser afirmado que o mínimo de clientes na fila é de 11 pessoas e o máximo é de 18 clientes. A média de 14 clientes esperandos implica um acúmulo constante de pessoas.

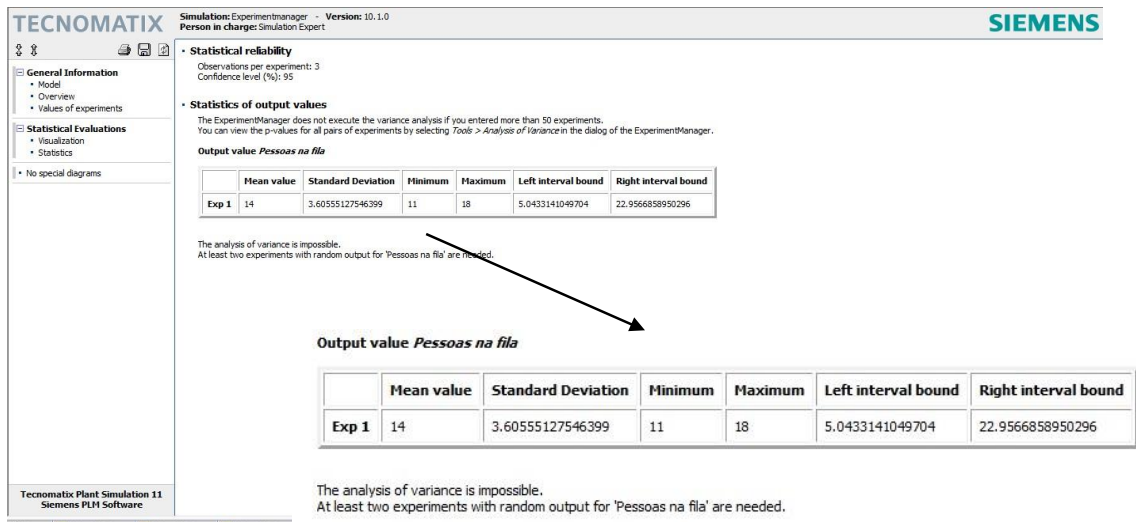


Figura 5: Nível de Confiança

O relatório do “buffer” sobre a ocupação da fila confirma as conclusões afirmadas. Momentos sem clientes esperandos na fila foram raros: em menos do que 10% do tempo total simulado haviam 0 pessoas para ser atendidas, contra os mais de 20% do tempo se somadas as porcentagens de quando haviam 9 e 10 pessoas.

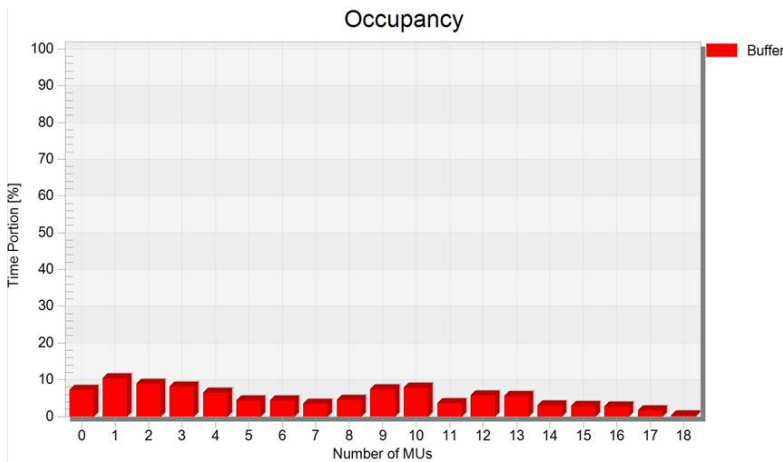


Gráfico 3: Ocupação da Fila

Baseado nas análises feitas acerca medições, é possível concluir que nos horários de pico na empresa analisada, há um maior acúmulo de pessoas, aumentando o tempo de espera e atendimento a quase 3 minutos. Isto influencia a percepção do serviço oferecido, gerando insatisfção, possivelmente resultando na desistência e na perda do consumidor.

Foi simulado também um modelo com três caixas e considerando também o fluxo de clientes no horário de pico. O modelo desenvolvido inclui mais um caixa, “single proc”, com as mesmas variáveis e parâmetros, assim como o tempo de duração da simulação.

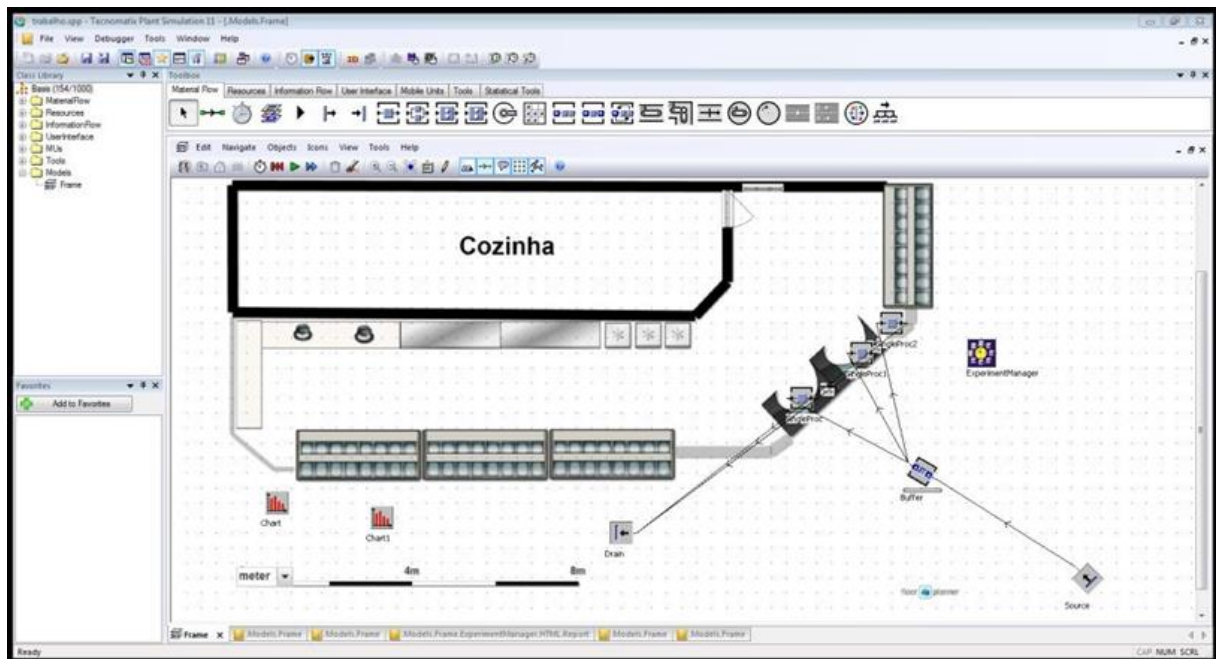


Figura 6: Modelo do Plant Simulation com 3 Caixas

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Drain	Entity	46.5434	177	177	84.75%	0.00%	15.25%	84.75%	

Figura 7: Tempo Médio de Espera e Atendimento com 3 Caixas

O modelo simulado com o terceiro caixa mostra uma redução no tempo de espera, e atendimento (“mean life time”) de 2 minutos e 59 segundos para 46 segundos. Além disso o relatório informa que com um caixa a mais o acúmulo menor de clientes na fila é de 5 pessoas, e o máximo de 6 clientes, reduzindo, portanto, drasticamente o número de pessoas na fila (quando comparado com o mínimo de 11 e o máximo de 18 clientes na fila com dois caixas).

A utilização dos caixas caiu drasticamente, tido que em basicamente 80% do tempo não existe fila nenhuma.

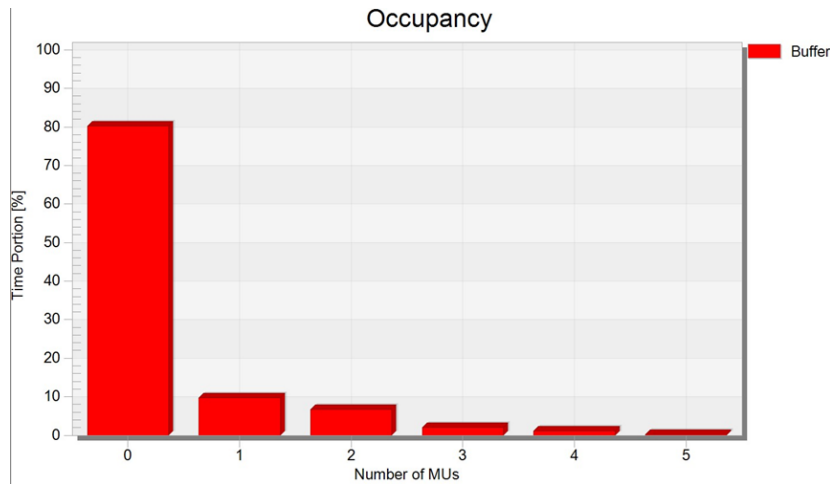


Gráfico 4: Ocupação da Fila com 3 Caixas

Resumindo pode ser dito que com a utilização de um terceiro caixa nos horários de pico o tempo de espera na fila e o número de pessoas na fila podem ser reduzidos. Desta forma o atendimento é agilizado, mais pessoas podem ser servidas, e ao final o lucro da empresa e a qualidade do atendimento melhoram. Finalmente, isto ajuda à imagem da empresa, mantendo clientes e satisfazendo-os.

De acordo com TÔRRES (1966), nesta pesquisa também foi provado que não todos os casos podem ser programados e assim filas nunca podem ser completamente evitadas, porém com melhor organização e otimização de processos podem ser reduzidas.

A decisão sobre a viabilidade de acrescentar ou não mais um caixa deve ser analisado de acordo com a demanda de performance e de custos que a empresa pretende seguir. Entretanto através desta pesquisa é possível embasar esta decisão. Analisando os dois cenários, com dois ou três caixas é possível observar que o primeiro gera um acúmulo de pessoas na fila e espera no atendimento muito superior quando comparado ao segundo cenário, mostrando, portanto, que do ponto de vista do atendimento, o acréscimo de um caixa seria algo positivo. Por outro lado, no segundo cenário, em muitos momentos os caixas atendem ficam sem clientes em atendimento, tornado a utilização deste recurso muito baixa, ou seja, este é um cenário pouco eficiente neste aspecto.

CONCLUSÃO

Como citado anteriormente, as organizações têm buscado cada vez mais tentado se apropriar de ferramentas que auxiliem em seu desempenho. Algumas ferramentas como a Simulação de Eventos Discretos ainda têm sido amplamente utilizadas principalmente pelo setor produtivo e a nível industrial. Esta pesquisa teve como objetivo aplicar a Simulação de Eventos Discretos em uma prestadora de serviços e avaliar os resultados.

A prestadora de serviço escolhida foi uma lanchonete com alto giro de atendimento. O sistema escolhido foi o de atendimento a clientes, neste foram simulados dois cenários um com dois caixas e outro com três caixas.

Analisando os dois cenários, com dois ou três caixas é possível observar que o primeiro gera um acúmulo de pessoas na fila e espera no atendimento muito superior quando comparado ao segundo cenário, mostrando, portanto, que do ponto de vista do atendimento, o acréscimo de um caixa seria algo positivo. Por outro lado, no segundo cenário, em muitos momentos os caixas atendem ficam sem clientes em atendimento, tornando a utilização deste recurso muito baixa, ou seja, este é um cenário pouco eficiente neste aspecto. A decisão sobre a viabilidade de acrescentar ou não mais um caixa deve ser analisado de acordo com a demanda de performance e de custos que a empresa pretende seguir. Entretanto através desta pesquisa é possível embasar esta decisão com dados e quantificar e análise.

REFERÊNCIAS

- AMIDANI, L.R. (1975). *A teoria das filas aplicada aos serviços bancários*. Em Revista de Administração de Empresas 15(5): pp 26-38.
- ANTON, J. (1999). *Call Center Performance Enhancement Using Simulation and Modeling*. Purdue University Press: West Lafayette, IN.
- BANKS, Jerry, et al. (1984). *Discrete Event System Simulation*. 1st ed. Chennai: Pearson Education India (Common)
- BRAILS福德, S.C. (2014). *Modeling human behavior: an (ID)entity crisis?* Em: Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference. IEEE Press Piscataway, NJ, USA. pp 1539-1548.
- ERLANG, A.K. (1906). *The theory of probabilities and telephone conversations*. Nyt Tidsskrift for Matematik 20: p 33.
- FIGUEIREDO, D.D. e ROCHA, S.H. (2010). *Aplicação da teoria das filas na otimização do número de caixas: um estudo de caso*. Em Iniciação Científica CESUMAR 12(2): pp 175-182.

GATERSLEBEN, M. e VAN DER WEIJ, S.W. (1999). *Analysis and simulation of passenger flows in an airport terminal*. In: Farrington PA, Nembhard HB, Sturrock DT e Evans GW (eds). Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference. IEEE, Piscataway, NJ, USA. pp 1226-1231.

HUETER, J. e SWART, W. (1998). *An integrated labor-management system for Taco Bell*. Interfaces 28(1): pp 75-91.

INGALLS, R.G. (2014). *Introduction to Supply Chain Simulation*. Em: Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference. IEEE Press Piscataway, NJ, USA, pp 36-50.

JUN, J.B., JACOBSON, S.H. e SWISHER, J.R. (1999). *Application of discrete-event simulation in health care clinics: a survey*. Journal of the Operational Research Society 50 (2): pp 109-123.

LIMA, V.C., ANHOLON, R., RAMPASSO, I.S. e QUELHAS, O.L.G. (2016). *Aplicação da teoria das filas em serviços bancários*. Em Revista Produção Online 16(1): pp 210-241.

MACHUCA, J. A. D., GONZÁLES-ZAMORA, M. M. e AGUILAR-ESCOBAR, V. G. (2007). *Service operations management research*. Journal of Operations Management 25(3): pp 585-603.

MERRIAM-WEBSTER, An Encyclopædia Britannica Company (2015). *Definition of Simulation*. Em: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/simulation>, acessado 14. Fevereiro 2016

ROBINSON, S. (2004). *Discrete-event simulation: from the pioneers to the present, what next?* Em: Journal of the Operational Research Society (2005) 56, pp 619-629.

SEMINI, M., FAUSKE, H. e STRANDHAGEN, J.O. (2006). *Application of discrete-event simulation to support manufacturing logistics decision-making: a survey*. Em Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference. IEEE Press Piscataway, NJ, USA. pp 1946-1953.

TÔRRES, O.F. (1966). *Elementos da teoria das filas*. Em RAE – Revista de Administração de Empresas 6(20): pp 111-128.

CONTATOS: felipe-fogaca@hotmail.com (IC) e mceliamat@yahoo.com.br (Orientadora).