



Teoria das filas e simulação de eventos discretos para otimização do atendimento comercial em uma agência bancária

Queuing theory and discrete event simulation to optimize business service at a bank branch

LUIS FERNANDO GONÇALVES

UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - UNIVESP

JULIANO CESAR RODRIGUES VALE

UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - UNIVESP

Nota de esclarecimento:

Comunicamos que devido à pandemia do Coronavírus (COVID 19), o IX SINGEP e a 9ª Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) foram realizados de forma remota, nos dias **20, 21 e 22 de outubro de 2021**.



Teoria das filas e simulação de eventos discretos para otimização do atendimento negocial em uma agência bancária

Objetivo do estudo

Este estudo teve o objetivo de promover a adequação dos tempos de atendimento de uma agência bancária à Lei das Filas, com espera máxima (tempos-alvo) de 20 minutos em dias normais e de 30 minutos em dias de pico.

Relevância/originalidade

A originalidade é observada na utilização do FlexSim para simulação estocástica do módulo de atendimento negocial da agência, possibilitando avaliar diversos cenários sem qualquer investimento.

Metodologia/abordagem

Após a obtenção dos dados rítmicos de chegada e atendimento de clientes, o número ideal de servidores foi calculado para adequação do atendimento aos tempos-alvo. Foram estudadas distribuições probabilísticas dos ritmos e a agência foi modelada no FlexSim. Diversos cenários foram testados.

Principais resultados

Os tempos reais com esperas de até 64 e 48 minutos, dias de pico e dias normais, respectivamente, coletados no sistema do banco (cenário atual) foram reduzidos para até 28 e 19 minutos, respectivamente, nos cenários simulados.

Contribuições teóricas/metodológicas

A principal contribuição metodológica do presente estudo é a integração e teste dos resultados da modelagem determinística da Teoria das Filas na simulação probabilística baseado em agentes do FlexSim.

Contribuições sociais/para a gestão

As contribuições sociais e de gestão deste trabalho residem na redução do tempo de atendimento da agência, com impacto positivo na satisfação do cliente, aumento da eficiência e melhor aproveitamento do quadro funcional.

Palavras-chave: Teoria das Filas, Simulação de Eventos Discretos, FlexSim, Bancos, Lei das Filas



Queuing theory and discrete event simulation to optimize business service at a bank branch

Study purpose

This study aimed to promote the adequacy of service times at a bank branch to the Law of Queues, with maximum waiting times (target times) of 20 minutes on normal days and 30 minutes on peak days.

Relevance / originality

The originality is seen in the use of FlexSim for stochastic simulation of the agency's business service module, enabling the assessment of different scenarios without any investment.

Methodology / approach

After obtaining the rhythmic data of arrival and customer service, the ideal number of servers was calculated to adapt the service to the target times. Probabilistic rhythm distributions were studied and agency was modeled in FlexSim. Several scenarios were tested.

Main results

Actual times with waits of up to 64 and 48 minutes, peak and normal days, respectively, collected in the bank's system (current scenario) were reduced to up to 28 and 19 minutes, respectively, in the simulated scenarios.

Theoretical / methodological contributions

The main methodological contribution of the present study is the integration and testing of the results of the deterministic modeling of Queuing Theory in the probabilistic simulation based on agents of FlexSim.

Social / management contributions

The social and management contributions of this work lie in the reduction of the agency's service time, with a positive impact on customer satisfaction, increased efficiency and better use of staff.

Keywords: Queuing Theory, Discrete Event Simulation, FlexSim, Banks, Queue Law

1 Introdução

As instituições bancárias do estado de São Paulo estão sujeitas à Lei nº 10.993, de 21 de dezembro de 2001 de São Paulo, que dispõe sobre o atendimento ao consumidor, nos caixas das agências bancárias, limitando o tempo de espera do atendimento ao cliente em até 15 (quinze) minutos, em dias normais e 30 (trinta) minutos em véspera ou em dia imediatamente seguinte a feriado e em data de vencimento de tributos, sendo suscetíveis a penalidades, caso não cumpram com o estabelecido. Para que consigam atender às especificações de atendimento, as agências ficam obrigadas a manter, no setor de caixas, funcionários com números compatíveis com o fluxo de usuários.

A lei trata especificamente de atendimento de caixa, quanto ao atendimento negocial não há qualquer exigência legal ou penalização em virtude de exagerados tempos de atendimento, entretanto para os bancos se tornou comum o estabelecimento de metas de tempos máximos com vistas a manter ou elevar a satisfação de clientes e usuários, melhorando sua imagem institucional.

Desta forma, o objetivo central deste projeto será desenvolver um modelo computacional capaz de simular o funcionamento de uma agência bancária visando ajustes que possam proporcionar atendimento em tempo condizente com a razoabilidade e compatível com as exigências legais, utilizando-se a estrutura mínima de atendimento. Para isso serão realizados experimentos de diversas variáveis e cenários (diferentes estruturas de atendimento, incrementos e redução da demanda, entre outras), dando principal ênfase ao atendimento negocial, que tem se comportado como o principal gargalo.

O problema de pesquisa pode ser sintetizado de forma explícita na seguinte assertiva: “Desenvolver um modelo computacional de simulação, utilizando-se teoria de filas, que permita otimizar a estrutura de recursos humanos em uma agência bancária, de forma a proporcionar atendimento aos clientes em tempo condizente com a razoabilidade e compatível com as exigências da legislação”.

2 Referencial Teórico

2.1 Teoria das Filas

Apesar de fazermos parte de um mundo que tende a aproveitar ao máximo o tempo, que criam tecnologias para a redução de tempo nos processos, que considera tempo como dinheiro, ainda nos deparamos com filas.

Uma fila, segundo Torres (1966, p. 112), é formada quando “unidades (clientes) chegando a um posto de serviço que não possam ser atendidas prontamente tendo que, ocasionalmente, esperar para sê-lo”.

Conforme relatado por Geier, Piran, Sznitowski e Pacheco (2010) a Teoria das Filas surge no século XX através do matemático Agner Krarup Erlang, que em 1908, estudou as trocas de ligações telefônicas em um vilarejo e por que as mesmas muitas vezes não eram completadas, como se estivessem em uma fila aguardando. Erlang então estabeleceu fórmulas ainda utilizadas nos dias de hoje para prever o comportamento das filas de modo a permitir o dimensionamento adequado de instalações, equipamentos e sua infra-estrutura.

O processo da fila é caracterizado por três elementos:

1. Chegadas, ou seja, a taxa média de chegadas por unidade de tempo (λ)
2. Serviços, ou seja, a taxa média de atendimento traduzido pelo número de clientes atendidos na unidade de tempo (μ)

3. Disciplina da fila, ou seja, a forma de atendimento da fila, podendo ser: a) primeiro a chegar, primeiro a ser atendido (FIFO); b) último a chegar, primeiro a ser atendido (UFO); c) em ordem aleatória (SIRO); d) com prioridade: atendimento obedecendo a uma escala de preferência; e) com manobra (jockeying): é facultado ao cliente mudar de fila; t) fila única: uma só alimenta o sistema.

2.2 Modelagem e Simulação de Eventos Discretos

Conforme Bazzo e Pereira (2014, p. 145), “Modelar é representar o sistema físico real (SFR), ou parte dele, em forma física ou simbólica, convenientemente preparada para prever ou descrever o seu comportamento”. Os mesmos autores, (Bazzo e Pereira, 2014, p. 161), “Simular é submeter modelos a ensaios, sob diversas condições, para observar como eles se comportam. Dessa forma avaliamos a resposta que deve ser esperada do SFR”.

Modelos de simulação computacional são bastante adequados para fornecer importantes recomendações na situação de nosso problema de pesquisa, uma vez que permitem realizar experimentos, testar diferentes estruturas de atendimento, sem incorrer no ônus de promover ajustes no sistema físico real. Conforme Bateman, Bowden, Goggi, Harrel, Mott e Montevechi. (2013) um modelo é como uma caixa-preta imitando um sistema real, alterando-se as variáveis de decisão, o modelo demonstra como o sistema real irá responder.

Um modelo de otimização “entrada-saída”, pode ser entendido, para Bazzo & Pereira, conforme segue:

(...) as variáveis do sistema são substituídas por valores numéricos apropriados – entradas – e é determinado o valor de uma variável que é dependente das demais – saída. As simulações matemáticas são modelos deste tipo, pois substituições e iterações são processadas para a obtenção de uma saída otimizada. (Bazzo & Pereira, 2014, p. 180).

2.3 Indústria 4.0

Indústria 4.0 é um conceito que começou em 2012 na Alemanha com um grupo de empresários e com participação dos profissionais do governo que começaram a olhar para o futuro, vislumbrando que a tecnologia era o grande alicerce para a mudança no cenário industrial atual. A indústria 4.0 busca uma integração de informações voltadas para a sustentabilidade, redução de custo e utilização correta de recursos naturais e energia. Esse tipo de indústria não está limitado dentro da própria empresa, e sim um conjunto dentro do que podemos chamar de ecossistema que integra as cadeias de valor buscando um benefício coletivo para quem está inserido dentro do processo.

O conceito de Indústria 4.0 (...) vai além da integração dos processos associados à produção e distribuição, envolvendo, também, todas as diversas etapas da cadeia de valor: do desenvolvimento de novos produtos, como projeto, desenvolvimento, testes e até mesmo a simulação das condições de produção, até o pós-venda (Bazzo & Pereira, 2014, p. 12).

Podemos conceituar a 4ª Revolução industrial como um conjunto de elementos tecnológicos que por meio da integração visam à melhoria de um sistema ou de um processo. Contudo a Indústria 4.0 tem inúmeros pilares, e nesse trabalho utilizaremos a simulação digital como auxílio para pesquisa.

Consiste na utilização de ferramentas e softwares de modelagem tridimensional que simula o ciclo de um determinado processo, possibilitando criar protótipos virtuais, maximizando o processo de produção. Técnica baseada em modelos matemáticos e representações 3D de

máquinas, equipamentos e processos que permite testar e otimizar processos e produtos ainda na fase de concepção (Vieira, Nascimento, Figueiredo & Nascimento, 2019, p. 25).

A quarta revolução industrial está acontecendo nesse momento e modifica a maneira como as pessoas se comportam e possivelmente irá modificar a forma como seu empreendimento resolve problemas das pessoas.

Ela teve início na virada do século e baseia-se na revolução digital. É caracterizada por uma internet mais ubíqua e móvel, por sensores menores e mais poderosos que se tornaram mais baratos e pela inteligência artificial e aprendizagem automática (aprendizagem de máquina) (Schwab, 2016, p. 16).

Uma das características da quarta revolução industrial é amplitude e profundidade, essa revolução tem a revolução digital como a base e combina várias tecnologias diferentes. Um dos fatores mais determinantes que caracteriza a revolução quarta revolução industrial é a velocidade com que ela está acontecendo, de modo exponencial. Assim, grande velocidade que descobrimos novas tecnologias tem que ser levada em conta pelos empreendedores nas tomadas de decisões.

As ações vinculadas à indústria 4.0 são diretamente ligadas às questões que envolvem gestão de conhecimento em uma organização, essa ligação está baseada nas ferramentas digitais potencializadas pela indústria 4.0 por meio da internet das coisas que possam auxiliar nas tomadas de decisões de uma organização com base na gestão do conhecimento.

Segundo a Confederação Nacional da Indústria [CNI] (2016, p. 23) “No médio e longo prazo, a incorporação das novas tecnologias em uma estratégia para o desenvolvimento da indústria brasileira será essencial para a competitividade do País e para melhorar a sua participação nas cadeias globais de valor”.

De acordo com a CNI a inserção de novas tecnologias e modelos digitais são essenciais para o alavancamento da competitividade industrial nacional perante a atividade industrial mundial. Esse alavancamento pode ser baseado em sistemas de gestão de conhecimento e também por meio da gestão da informação, o Big Data é uma grande ferramenta de gestão de informação que pode aperfeiçoar as questões de gestão de conhecimento. O modelo computacional de modelagem e simulação usados nesse trabalho parte do princípio da garimpagem e simulação computacional de uma agência bancária, esse modelo piloto pode ser aumentado em número de insumos (estatisticamente), assim a simulação pode ser realizada por até dezenas de anos.

Informatizar o processo de manufatura deixa claro que as redes digitais estão relacionadas com os valores operacionais de uma determinada “indústria”, gerenciando a tomada de decisão por meio do sistema de gestão do conhecimento.

3 Materiais e métodos

O sistema simulado é uma agência bancária (Banco A), que atende aproximados 4.500 clientes, de segunda a sexta-feira, das 10h às 15h. A agência conta com 4 módulos de atendimento ao cliente:

- ☐ Atendimento remoto: 12 funcionários atendendo por telefone e sistema eletrônico de mensageria (módulo excluído do escopo do modelo);
- ☐ Autoatendimento: caixas eletrônicos;
- ☐ Atendimento de caixa: 1 funcionário – saques e pagamentos.
- ☐ Atendimento negocial: 2 funcionários em tempo integral, é o principal gargalo de atendimento devido à sazonalidade da demanda. O layout e estrutura

funcional da agência permitem alocações temporárias de até outros 4 funcionários sempre que necessário.

A Figura 1 ilustra um modelo geral da estrutura da agência em estudo.

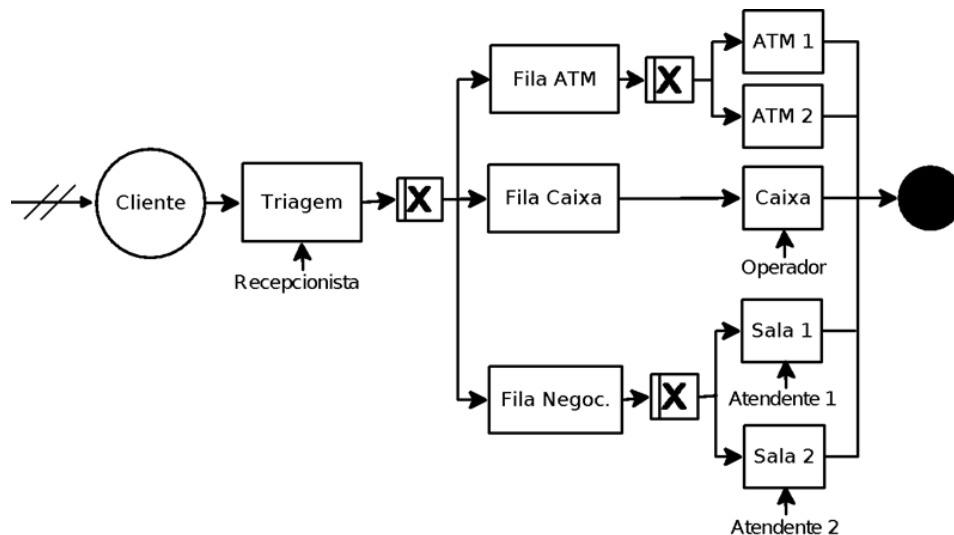


Figura 1 Modelo conceitual IDEF-SIM

A metodologia de modelagem e simulação de eventos discretos, utilizada no estudo, pode ser decomposta em três grandes etapas, conforme Chwif e Medina (2015):

- Concepção ou formulação do modelo, que envolve a definição dos objetivos do sistema, a criação do modelo abstrato e do modelo conceitual;
- Implementação do modelo, onde o modelo conceitual é convertido em modelo computacional; e,
- Análise dos resultados, onde o modelo computacional é utilizado para rodar os experimentos (alterações das variáveis de controle) e, de onde, ainda, a partir dos resultados (variáveis de resposta) é possível se chegar a conclusões e recomendações.

Para condução do estudo, foram utilizados os seguintes softwares:

- FlexSim: que é “(...) um software de simulação 3D que modela, simula, prediz e visualiza sistemas de negócios numa variedade de indústrias: manufatura, movimentação de materiais, serviços de saúde, armazenagem, mineração, logística, e mais. Ele é, ao mesmo tempo, poderoso e amigável.” (FlexSim, 2019);
- Minitab: se trata de um conjunto abrangente de estatística para análise de dados (Minitab, 2020), altamente utilizado em setores de qualidade e melhoria contínua. Foi utilizado nas análises estatísticas necessárias.
- Arena (Input Analyzer): O Arena trata-se de um software de simulação de eventos discretos da empresa Rockwell Software; o módulo “Input Analyzer”, “permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles” (Prado, 2014, p. 33).

3.1 Dados

Os dados referentes ao atendimento na agência em estudo foram coletados diretamente do sistema do “Banco A” e referem-se ao mês de agosto de 2019 e contém 587 linhas

(representando os 587 atendimentos de clientes que foram até a agência para atendimento negocial). A planilha em formato .CSV (comma-separated values) possui, para cada um dos 587 registros, as seguintes variáveis (colunas):

- ☐ id atendimento: chave primária numérica, com um “id” sequencial para cada atendimento;
- ☐ data: a data do atendimento em formato dd/mm/aaaa;
- ☐ dia de pico: variável booleana (verdadeiro/falso) indicando se a data se trata de dia-de-pico (entre os dias 1 e 10 do mês);
- ☐ atendente: matrícula do atendente (omitida devido a sigilo); informação utilizada no cálculo de c (quantidade de atendentes).
- ☐ hora da emissão da senha: entrada do cliente no sistema; informação utilizada no cálculo de λ (ritmo médio de chegada);
- ☐ tempo decorrido entre chegadas: informação utilizada no cálculo de λ (ritmo médio de chegada);
- ☐ hora do início do atendimento: informação utilizada no cálculo de μ (ritmo médio de atendimento de cada atendente);
- ☐ hora do fim do atendimento: informação utilizada no cálculo de μ (ritmo médio de atendimento de cada atendente);

3.2 Análise Exploratória dos Dados (EDA) e Extract, Transform & Load (ETL)

Preliminarmente à construção e experimentação no modelo, os dados foram submetidos a análise exploratória, conforme metodologia desenvolvida por Tukey (1977) e atividades de extração, transformação e carregamento dos dados (ETL). Tais atividades visaram: a) excluir da base de dados eventuais outliers, pois, uma vez que o modelo de simulação utiliza médias, eventuais valores extremos poderiam prejudicar a análise; b) excluir eventuais dados danificados; c) promover as transformações necessárias nas variáveis; e, d) promover os testes estatísticos preliminares.

Um dos resultados mais importantes dessas atividades preliminares foi a constatação, a partir da utilização de Teste T, de que o ritmo de chegada é, de fato, sujeito à sazonalidade. O que equivale a dizer, que o ritmo médio de chegadas dos dias de pico é superior ao ritmo médio chegada nos dias normais.

Teste T:

Tabela 1:
Estatísticas descritivas

Amostra	N	Média	Desv Pad	EP Média
Chegadas Pico	177	6,81	5,99	0,45
Chegadas Normais	325	8,72	7,94	0,44

Tabela 2:
Estimativa de diferença

Diferença	-1,915
IC de 95% para a diferença	(-3,153; -0,677)

Tabela 3:
Teste de hipótese

Hipótese nula			$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótese alternativa			$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor-T	GL	Valor-p	
-3,04	449	0,003	

A análise, sobretudo do valor-p obtido, nos permite concluir que os ritmos médios de chegadas de clientes (chegadas em dias de pico e chegadas em dias normais) diferem no nível de significância $\alpha = 0,05$, assim podemos ter 95% de certeza de que a diferença entre eles está entre -3,1532 e -0,67693 minutos (IC). A implicação prática dessa constatação é a de que os dias de pico e dias normais deverão ser tratados de forma distinta no modelo.

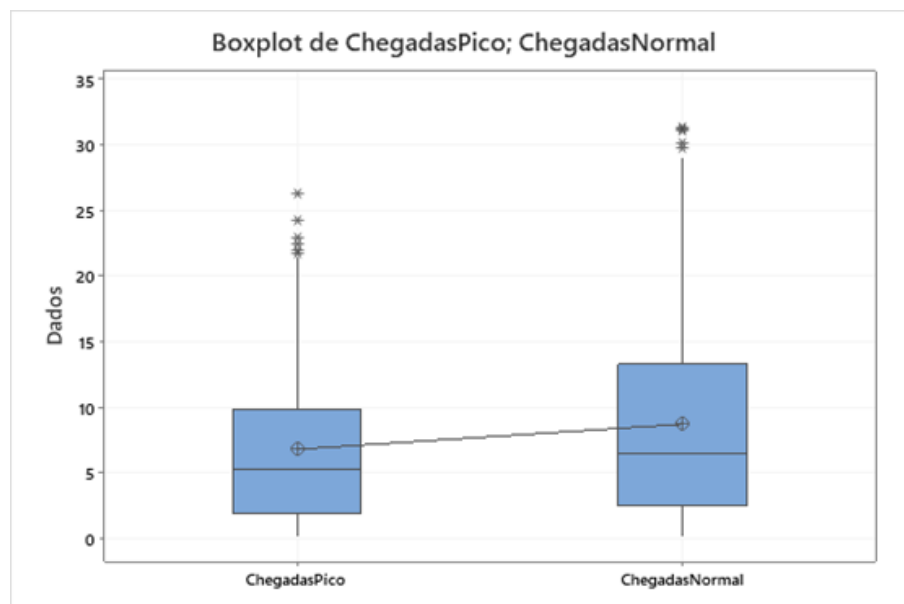


Figura 2 Boxplots ilustrando as diferenças de ritmo médio de chegada

3.3. Teoria das Filas

Antes de partir para a modelagem de eventos discreto no FlexSim, foram realizados cálculos de Teoria das Filas, “um ramo da Pesquisa Operacional que estuda as relações entre as demandas em um sistema e os atrasos sofridos pelos usuários deste sistema” (Arenales, Armentano, Morabito & Yanasse, 2007).

O sistema em modelagem, para efeito dos cálculos iniciais, será assumido como um modelo do tipo MMC. Neste modelo a chegada de clientes dá-se por uma distribuição exponencial (M); o processo de serviço (tempo de atendimento) dá-se por uma distribuição exponencial (M); e o número de servidores (atendentes) a ser incluído no modelo é maior que 1 (2 ou 3, neste caso particular).

A disciplina adotada para a fila é FIFO (First In, First Out), onde o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido.

A Tabela 4 apresenta os cálculos realizados e valores encontrados:

Tabela 4:

Valores encontrados nos cálculos iniciais, assumindo o modelo MMc

Modo	C	λ	μ	L	Lq	W	Wq	ρ
Dia de pico	2	8,81	5,48	4,54	2,94	30,94	19,99	0,8
Dia de pico	3	8,81	5,48	1,93	0,32	13,13	2,18	0,54
Dia normal	2	6,88	5,48	2,07	0,82	18,07	7,12	0,63
Dia normal	3	6,88	5,48	1,37	0,11	11,93	0,99	0,42

Onde:

- ☐ C = número de servidores;
- ☐ λ = ritmo médio de chegada (clientes/hora);
- ☐ μ = ritmo médio de atendimento de cada atendente (clientes/hora);
- ☐ L = número médio de clientes no sistema;
- ☐ Lq = número médio de clientes na fila;
- ☐ W = tempo médio de permanência no sistema (minutos);
- ☐ Wq = tempo médio de permanência em fila (minutos); e,
- ☐ ρ = taxa de utilização dos atendentes (1 = 100% do tempo).

A análise do quadro nos permite verificar que o tempo médio de permanência no sistema e na fila (W e Wq) em “dias de pico”, com 2 servidores em paralelo são exagerados, 30,94 e 19,99 minutos, respectivamente; nos permite ainda verificar que para “dias normais”, com 3 servidores em paralelo teremos uma baixa taxa de utilização dos atendentes, que estariam em atendimento efetivo apenas 42% do tempo.

Esta análise preliminar nos indica a necessidade de buscar cenários intermediários, a fim de otimizar as variáveis de resposta (L, Lq, W, Wq, ρ). Tais cenários serão buscados no simulador.

3.3 Distribuição probabilística e construção do modelo

As principais variáveis de controle a serem inseridas no modelo computacional, foram, assim como nos cálculos de Teoria das Filas: a) o número de servidores em paralelo (C), que é um valor numérico determinístico (2 ou 3); b) o ritmo de chegada dos clientes (λ) que vem a se configurar como uma distribuição de probabilidades; e, c) o ritmo de atendimento dos servidores (μ) que também é uma distribuição de probabilidades.

Os dados obtidos diretamente do sistema de abertura e acompanhamento de senhas do “Banco A” foram submetidos a estudos de ajuste em diversas distribuições probabilísticas a partir da utilização do “Input Analyzer” do sistema ARENA, onde os melhores ajustes encontrados, foram os que segue:

Ritmo de chegada (dia de pico):

Distribuição exponencial, com média em: 6,81.

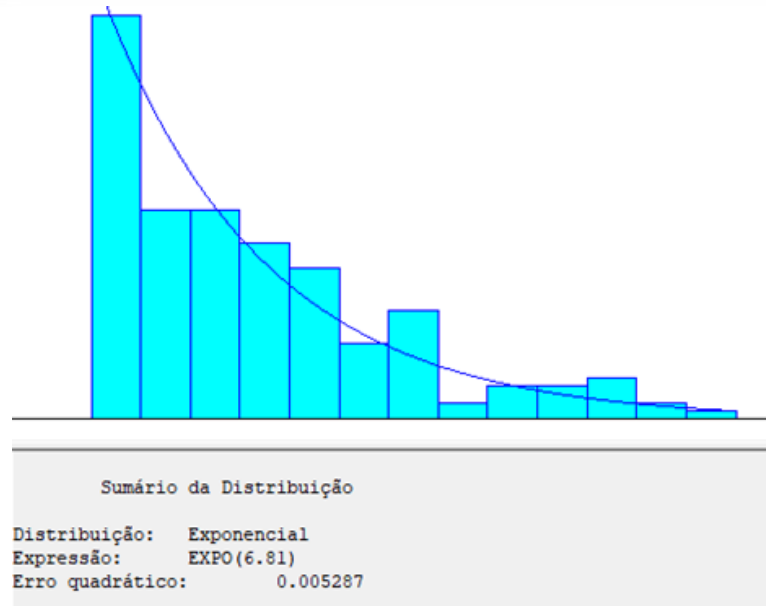


Figura 3 Distribuição probabilística “Ritmo de chegada” em dias de pico

Ritmo de chegada (dia normal):

Distribuição exponencial, com média em: 8,72.

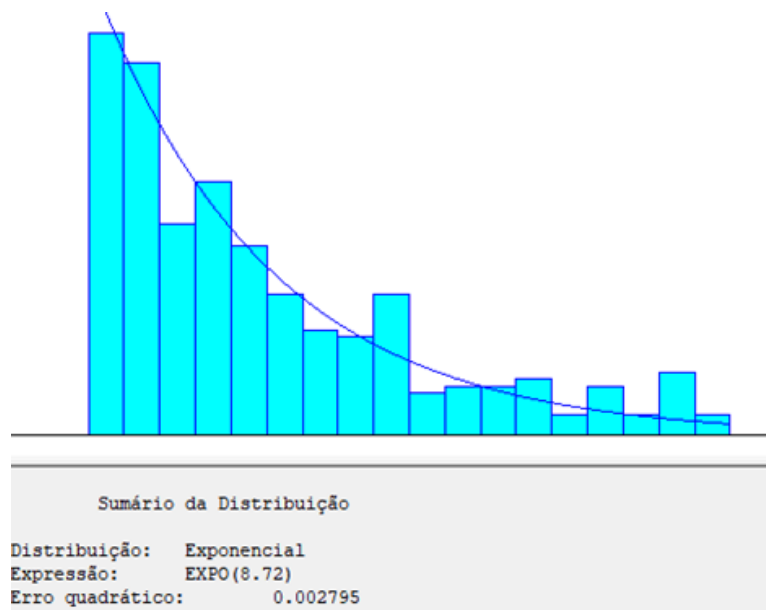


Figura 4 Distribuição probabilística “Ritmo de chegada” em dias normais

Ritmo de atendimento:

Distribuição de Erlang, com posição = 1, média = 6, parâmetro $k = 2$.

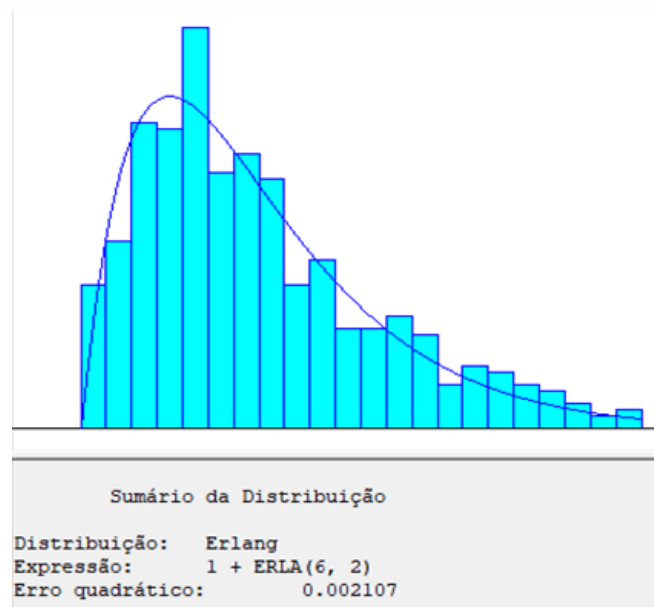


Figura 5 Distribuição probabilística “Ritmo de atendimento”

Os modelos foram construídos de acordo com as distribuições apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5:

Modelos de distribuição

Modo	Servidores em paralelo	Ritmo de chegada (expressão)	Ritmo de atendimento (expressão)
Dia de pico	2	EXPO (6,81)	1+ERLA (6,2)
Dia de pico	3	EXPO (6,81)	1+ERLA (6,2)
Dia normal	2	EXPO (8,72)	1+ERLA (6,2)
Dia normal	3	EXPO (8,72)	1+ERLA (6,2)

4 Análise e Discussão dos Resultados

Para cada cenário (dia de pico e dia normal), realizou-se 10 replicações de rodagem do modelo, abrangendo o período de atendimento, das 10h00 às 15h00, para cada estrutura funcional: 1 gerente com 1 atendente ou 1 gerente com 2 atendentes. Ressalta-se que o gerente que trabalha 8 horas diárias tem intervalo de alimentação de 1 hora, os atendentes que trabalham em tempo parcial, 6 horas diárias, têm apenas 15 minutos de pausa de alimentação. Tais características foram consideradas na construção do modelo.

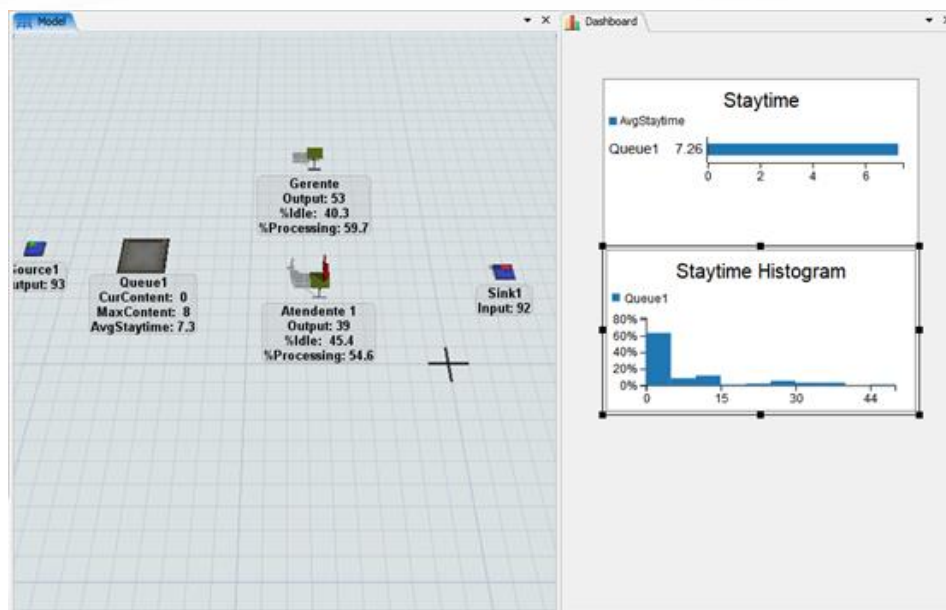


Figura 6 Modelo computacional implementado no Flexsim. Modelo 1 gerente com 1 atendente.

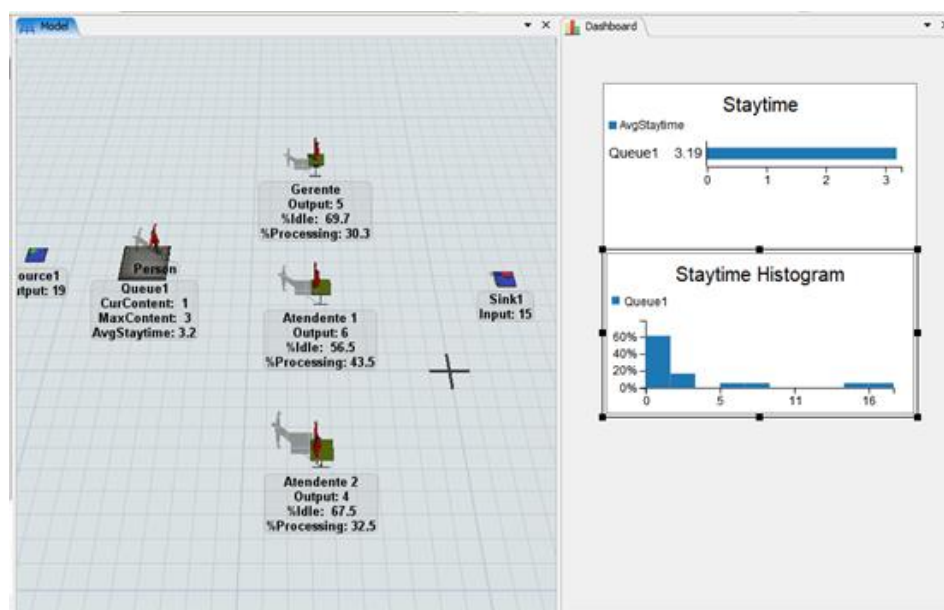


Figura 7 Modelo computacional implementado no Flexsim. Modelo 1 gerente com 2 atendentes.

Após as 10 replicações e experimentos de diferentes estruturas para dias de pico e dias normais, chegou-se à conclusão de que a melhor estrutura de atendimento otimizada é:

- ☐ Dias de pico: 1 gerente com 2 atendentes em período integral.
- ☐ Dias normais: 1 gerente e 1 atendente em período integral e mais 1 atendente para cobrir o intervalo de alimentação dos titulares.

Segue abaixo, os histogramas demonstrando a distribuição de frequência dos tempos em que os clientes permanecem em fila.

Dia de pico – 1 gerente e 1 atendente.

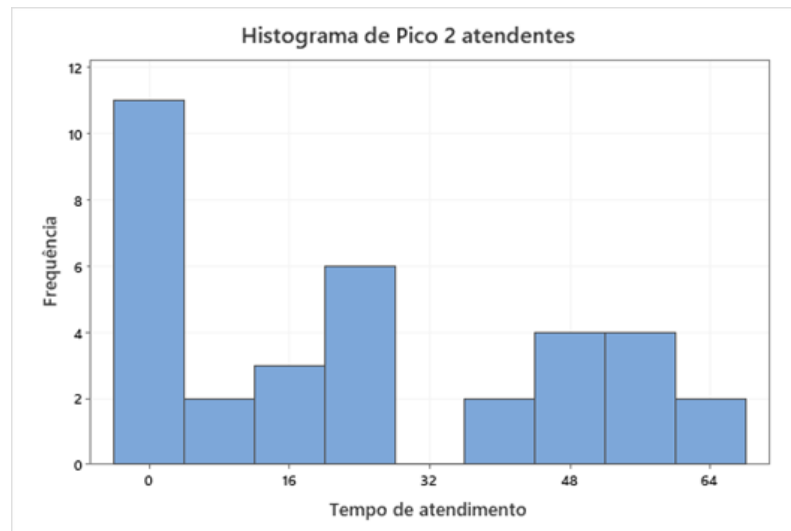


Figura 8 Histograma da distribuição de frequência de tempos de espera em fila. Modelo: 1 gerente e 1 atendente.

Note que os tempos neste cenário excedem os 30 minutos máximos que são o escopo da otimização deste estudo, portanto tal cenário foi descartado.

Dia de pico – 1 gerente e 2 atendentes.

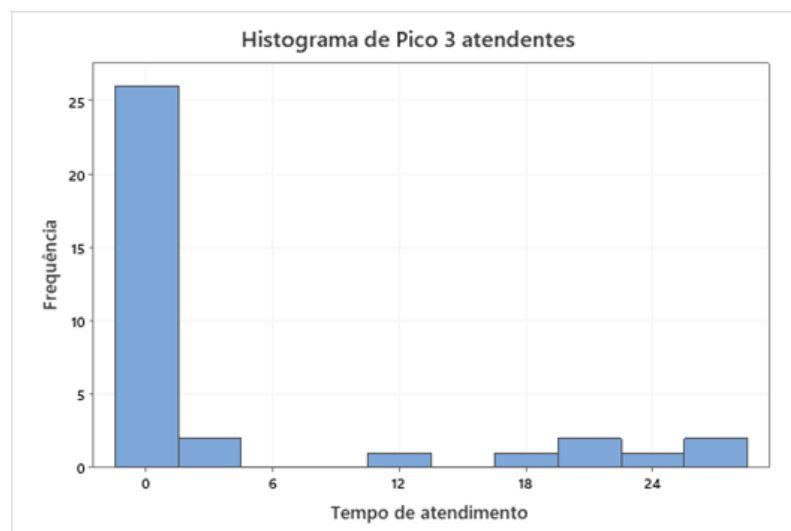


Figura 9 Histograma da distribuição de frequência de tempos de espera em fila. Modelo: 1 gerente e 2 atendentes.

Neste cenário, nota-se que os tempos de espera em fila foram de, no máximo, 28 minutos, o que coloca o modelo em conformidade com os objetivos de otimização do presente estudo.

Dia normal – 1 gerente e 1 atendente.

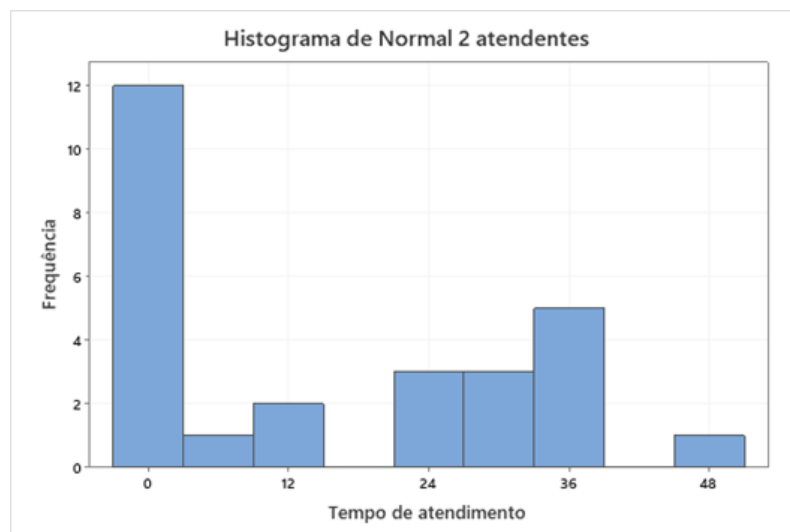


Figura 10 Histograma da distribuição de frequência de tempos de espera em fila. Modelo: 1 gerente e 1 atendente.

Neste cenário os tempos de espera em fila foram de até 50 minutos, o que evidencia a situação de não conformidade com os objetivos de otimização do presente estudo. O cenário foi descartado.

Dia normal – 1 gerente, 1 atendente em tempo integral e 1 atendente em tempo parcial (cobrindo intervalos de alimentação).

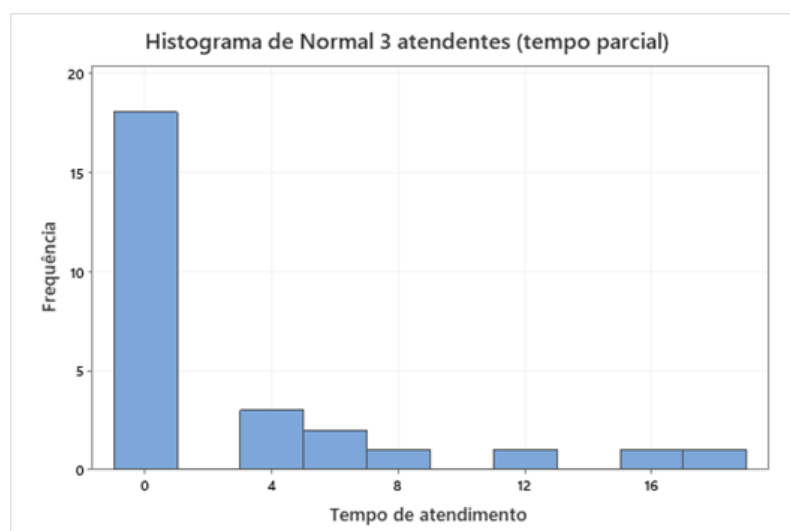


Figura 11 Histograma da distribuição de frequência de tempos de espera em fila. Modelo: 1 gerente, 1 atendente em tempo integral e 1 atendente em tempo parcial.

Neste cenário os tempos de espera em fila foram de, no máximo, 19 minutos, o que evidencia uma situação de conformidade com os objetivos de otimização do presente estudo.

5 Conclusões e considerações finais

Considerando os resultados obtidos pode-se concluir que a metodologia, que utiliza elementos de tecnologia emergentes da 4ª revolução industrial, foi bem-sucedida em sugerir um quadro ótimo de pessoal para atendimento ao público na agência bancária em estudo. Os mesmos procedimentos podem ser adotados para outras agências e, com pouca adaptação, para outros tipos de estabelecimentos prestadores de serviços.

Deve-se fazer a ressalva de que, desde a conclusão do estudo, o atendimento da agência está contingenciado em virtude da pandemia de COVID-19 que acometeu a população e, devido ao potencial transformador do comportamento do público, julga-se que após a normalização da crise sanitária novos experimentos devem ser efetuados para garantir a validade dos resultados.

Deve-se ter em mente, ainda, que se trata o presente trabalho de um estudo de caso, que tem como instância uma agência bancária em particular, e que, próximos estudos podem ser efetuados no sentido de generalizar os quadros e estruturas funcionais das agências do Banco A, de acordo com as características de sua clientela e seus usuários.

Utilizando-se a metodologia proposta pode-se avaliar diversos cenários sem os dispêndios financeiros inerentes à adequação de estrutura, o que potencializa a capacidade de experimentação (diferentes estruturas; flutuações, mudanças, aceleração ou desaceleração da demanda, entre outros) e tal potencialidade é apenas um dos muitos benefícios da Revolução Industrial 4.0 para o setor de serviços.

6 Referências

Arenales, M., Armentano, V., Morabito, R., & Yanasse, H. (2007). *Pesquisa operacional*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Bazzo, W. A., & Pereira, L. T. do V. (2014). *Introdução à engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos*, 4 ed. rev. Florianópolis: Ed UFSC.

Bateman, R. E., Bowden, R. O., Gogg, T. J., Harrel, C. R., Mott, J. R. A., & Montevechi, J. A. B. (2013). *Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Chwif, L. & Medina, A. C. (2015). *Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria & aplicações*. 4. ed., Rio de Janeiro: Elsevier.

Confederação Nacional da Indústria – CNI. (2016). *Desafios para a indústria 4.0 no Brasil* [Folheto]. Brasília: CNI.

FlexSim Software Product. (2019). *Inc. Versão 19.1.0*. User Manual.

Geier, L. A., Piran, C., Sznitowski, A. M., & Pacheco, L. A. (2010, outubro). Dimensionamento do número de caixas executivos em relação à demanda e tempo de atendimento: um estudo de caso de uma agência bancária no interior do estado de Mato Grosso. *Anais do XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, São Carlos, SP, Brasil.

Lei n. 10.993, de 21 de dezembro de 2001 (2001). Dispõe sobre o atendimento ao consumidor, nos caixas das agências bancárias. Recuperado em 27 julho, 2021, de <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2001/lei-10993-21.12.2001.html>.

Minitab, LCC. (2020). *Versão 19, User Manual*.

Prado, D. (2014). *Usando o ARENA em simulação. Série “Pesquisa Operacional”*, v. 3, 5. ed., Nova Lima: Falconi.

Schwab, K. (2016). *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro.

Torres, O. F. (1966). Elementos das Teorias das Filas. *Revista de Administração de Empresas*. 6 (20), 111-127. Recuperado em 27 de julho, 2021, de <https://doi.org/10.1590/S0034-75901966000300005>.

Tukey, J. W. (1977). *Exploratory data analysis*. Massachusetts: Addison-Welley.

Vieira, F. F., Nascimento, M. H., Figueiredo, C. C., & Nascimento, A. (2019). Unveiling the industry 4.0 concept and the use of is Technologies. *ITEGAM-JETIA*, 5(19), 21-28. Recuperado em 27 de julho, 2021, de <https://itegam-jetia.org/journal/index.php/jetia/article/view/489>.