

# MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS – UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DE FILAS E MELHORIAS NO SERVIÇO DE UMA CASA LOTÉRICA

<sup>1</sup>Laura Okishima Duarte; <sup>1</sup>laura.okde@gmail.com; <sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS;  
<sup>2</sup>João Batista Sarmento dos Santos Neto; <sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS;

**RESUMO:** *O objetivo principal deste trabalho é auxiliar uma casa lotérica localizada em Campo Grande – MS a otimizar o sistema de formação de fila de atendimento por meio da modelagem e simulação de sistemas com base teórica na teoria das filas. A coleta de dados foi realizada através de um cronômetro durante aproximadamente 30 minutos de observação no local. Foi coletada uma amostra com 52 dados referentes ao tempo entre as chegadas de clientes e o tempo de atendimento. Com o software Arena® foi possível obter relatórios e resultados a fim de observar que realmente ocorre a existência de tempo de espera e formação de fila. Ao final do estudo, pode-se demonstrar a quantidade adequada de funcionários para atendimento que ofereça qualidade ao usuário. Desta forma, permitiu-se simular outras possibilidades para otimização do sistema e propor melhorias para a empresa.*

**PALAVRAS-CHAVE:** *Teoria das filas; Lotérica; Modelagem e simulação de sistemas.*

## 1. Introdução

No Brasil, a casa lotérica é considerada uma extensão de serviços oferecidos pela Caixa Econômica Federal (CEF). Considerando ambos como gestão pública, o objetivo desses locais é assegurar a eficácia e efetividade da ação governamental, promover a gestão democrática, participativa e transparente (MELLO, 2009).

Em 2016, de acordo com os relatórios emitidos, a CEF inaugurou 71 novas unidades lotéricas contando com 13.071 unidades em todo o país. Além do mais, no Brasil são disponibilizados 48.674 terminais financeiros onde são efetuados em média, 16,8 milhões de transações por dia, entre jogos e não jogos. Os diferenciais pelo qual o brasileiro prefere as casas lotéricas são os horários de funcionamento (horário comercial), a efetuação de serviços financeiros e bancários, e o pagamento de benefícios sociais (CAIXA, 2016).

Os modelos matemáticos englobam símbolos e são representados por meio de expressões (HILLIER e LIEBERMAN, 2013). Esses tipos de modelos facilitam a análise de problemas, além de serem considerados diferenciais nas organizações que a utilizam, visto que atualmente há grande competitividade no mercado de serviços fazendo com que os clientes se tornem mais exigentes e menos fiéis (NEGRETTO, 2007).

A teoria das filas ou teoria de congestão está inserida dentro da área da Pesquisa Operacional (PO) e consiste no estudo da relação entre a demanda de um sistema e os atrasos sofridos pelos usuários do sistema (ARENALES, 2007). Isso significa que os usuários da lotérica, denominados como clientes, precisam passar pela fila para usufruir dos serviços oferecidos pela empresa, que é denominado sistema. Uma modelagem matemática de filas pode ser estudada detalhadamente com a ajuda da simulação que representa parcialmente ou totalmente as características do sistema a ser estudado (FREITAS, 2008).

Normalmente, as filas são vistas como um problema tanto pelos donos quanto pelos usuários do sistema. A fila ocorre devido à capacidade de fornecer atendimento ser menor que a necessidade dos clientes em ser atendidos. É possível que a capacidade não seja a única causa do surgimento de filas, mas também a variabilidade do intervalo entre tempo de chegada e o tempo de atendimento dos clientes (MOREIRA, 2010).

Quando a formação de filas ocorre em uma empresa, ou seja, excede-se essa capacidade de fornecer atendimento, é possível utilizar-se de estudo matemático e de ferramentas de tratamento estatístico ou estocástico para minimizar o problema (DÁVALOS, 2012). De outro modo, os estudos de modelagem aliados a um planejamento e problemas de fluxos podem trazer benefícios para o sistema como: potencialização do processo de atendimento, diminuição de desperdícios, eliminação de gargalos, funcionamento eficiente e custo adequado (FREITAS, 2008).

Efeitos da globalização, das tecnologias e da competitividade global aliado à implementação de plataformas digitais que solucionam os problemas de fila rapidamente atingiram também as organizações públicas governamentais. Como consequência, cidadãos tornaram-se conscientes de sua cidadania e conhecedores de informações acerca dos mais variados bens e serviços produzidos mundialmente, que utilizam informações para compará-las com os bens e serviços oferecidos pelos entes públicos brasileiros (PALUDO, 2010).

Sendo assim, o presente estudo objetiva a otimização de atendimento e formação de filas na casa lotérica em Campo Grande – MS com o auxílio de técnicas de modelagem matemática, simulação de sistemas e pesquisa operacional.

## **2. Fundamentação teórica**

Os setores de serviços são líderes em todas as nações industrializadas, criam empregos que

dominam as economias nacionais e têm o potencial de melhorar a qualidade de vida de todos. Muitos desses empregos destinam-se a trabalhadores altamente especializados e contam com o maior crescimento projetado para serviços profissionais e empresariais. Ainda, devido ao aumento do setor de serviço, é notável que os consumidores estejam procurando uma maior qualidade oferecida (FITZSIMMONS, 2010).

A teoria das filas é o estudo sobre o tempo de espera. Para realiza-la deve haver um modelo de fila que represente e simule o sistema de fila real, no qual esse sistema é composto pela fila e pelos mecanismos de atendimento (Figura 1). (HILLIER e LIEBERMAN, 2013).

Clientes que precisam de atendimento chegam por uma fonte de entrada. Dessa forma, esses clientes entram no sistema de filas e aguardam o atendimento. De acordo com a disciplina das filas, um membro da fila é selecionado para atendimento. Após o atendimento, o cliente deixa o sistema de filas. Esse processo desde a chegada até a saída do cliente é chamado de processo de filas básico ilustrado na Figura 1 (HILLIER e LIEBERMAN, 2013).

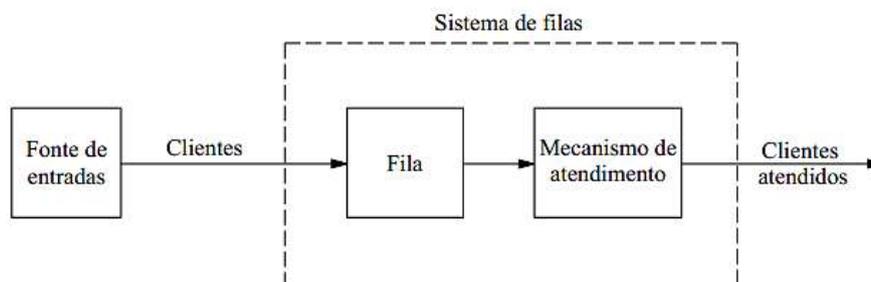


FIGURA 1 – Processo de filas básico. Fonte: Adaptado de Hillier e Lieberman (2013).

Um estudo de modelagem de sistemas começa ao elaborar um planejamento de qualquer natureza em que é possível encontrar problemas relacionados à quantidade de um recurso presente, também denominado como dimensionamento, e/ou problemas de melhor roteiro de fluxo dentro do sistema. Para mais, um sistema otimizado traz custo adequado para a empresa e usuários satisfeitos com o ambiente ou com o serviço prestado, isto é, o sistema terá um funcionamento mais eficiente, com dimensionamento balanceado e maior otimização de seus serviços (FREITAS, 2008).

Utiliza-se de probabilidade e modelos estocásticos para analisar as filas de espera, enquanto a simulação mede o desempenho reproduzindo um sistema real. A diferença entre os modelos de filas e a simulação é que os modelos são considerados puramente matemáticos e estão

sujeitos as premissas que limitam a sua aplicação. Por outro lado, a simulação é considerada flexível e pode ser utilizada em todas as situações que há enfileiramento (TAHA, 2007). É por isso que com o avanço da tecnologia na década de 1950, a modelagem das filas pode ser adaptada como um problema de simulação, no entanto somente na década de 1980 que houve por parte de toda a sociedade, uma maior aceitação e uso da técnica de simulação visual (PRADO, 2014).

### **3. Metodologia**

Realizado no primeiro semestre de 2018, o trabalho teve como intuito aplicar a teoria das filas em uma casa lotérica com o auxílio da modelagem e simulação de sistemas para verificar se o custo econômico devido às filas é capaz de prejudicar o estabelecimento, ou causar futuros problemas entre a empresa e seus usuários. Portanto, trata-se de uma abordagem de pesquisa quantitativa.

Quanto aos fins, o estudo é caracterizado como pesquisa aplicada, visto que este tipo de pesquisa é focado em torno dos problemas cotidianos das atividades das organizações, instituições, etc. Ou seja, são problemas demandados por clientes ou instituições a fim de que elaborem diagnósticos com identificação do problema e soluções.

Quanto aos meios, a pesquisa é classificada como pesquisa de campo quantitativo-descritivo. Por isso, utiliza-se de técnicas estatísticas não paramétricas. A pesquisa de campo quantitativo-descritivo pode ser dividida em quatro tipos: estudo de verificação de hipótese, estudo de avaliação de programa, estudo de descrição de população e estudo de relações de variáveis. O presente trabalho emprega inicialmente o estudo de descrição de população ao necessitar de uma amostragem para o cálculo das taxas médias de atendimento e entre chegadas. Logo após, é aplicado o estudo de verificação de hipótese, que consiste em hipóteses a serem verificadas, normalmente derivadas de alguma teoria envolvendo duas ou mais variáveis.

#### **3.1. Coleta e análise de dados**

A coleta é a etapa da pesquisa em que se utilizam os instrumentos e técnicas elaboradas a fim de obter os dados necessários para continuação do estudo. Inicialmente, utilizou o método da amostragem que é um subconjunto do universo população determinado, ou uma parcela da população que é selecionada. A equação para cálculo do tamanho da amostra com população finita e desvio padrão conhecido para uma estimativa confiável da média é dada pela Equação

1, onde  $n$  significa o tamanho da amostra,  $Z_{\alpha/2}$  é o valor crítico que corresponde ao grau de confiança indicado pela tabela  $t$  de *Student*,  $S$  é o desvio padrão e  $E$  é o erro máximo de estimativa, ou seja, a diferença entre a média da amostra e a média da população.

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} S}{E} \right)^2$$

EQUAÇÃO 1 – Cálculo da amostragem. Fonte: Adaptado de Barbetta (2003).

De acordo com a equação para o cálculo da amostragem foi possível calcular a quantidade de amostra para que pudesse fazer a média do tempo entre chegadas e a média de atendimento por cliente. Aplicando previamente a fórmula para calcular a taxa de utilização, observou-se que realmente há formação de fila na casa lotérica estudada.

A fila do atendimento da lotérica funciona de acordo com a disciplina FIFO, por ordem de chegada. Eram dispostas em canais múltiplos (três operadoras de caixa) e uma fila única. O processo de filas é simples, iniciado com a chegada do cliente que se destina diretamente à fila. Em seguida, por meio de um painel eletrônico de guichê era possível ver qual operadora estava livre para atendimento e então o cliente se direcionava até lá. Posteriormente, acontecia a etapa do processo de atendimento ao cliente de acordo com os serviços solicitados por estes. Ao término da execução dos serviços, o cliente saía do local.

Os dados coletados consistem em tempos de atendimento e taxa de chegada de clientes para serem atendidos, e após a coleta, foram analisados e interpretados. Foi realizada a visita ao local no dia 5 de abril durante o período vespertino a partir das 14 horas e 30 minutos com duração de 31 minutos e 19 segundos, visto que de acordo com os funcionários é o período de maior movimentação e formação de filas. Os dados foram coletados devido a recursos humanos (duas pessoas), dois aplicativos de cronômetros do celular, além de caneta e papel para anotação. A escolha de duas pessoas para cronometrar os dados foi essencial para o estudo, pois seriam anotados dois tempos: entre chegadas e de atendimento. Caso o sistema se encontrasse lotado, seria inviável apenas uma pessoa anotar todos os tempos sem que houvesse o risco de erro.

Para o tempo entre as chegadas – após a chegada do cliente na fila, o cronômetro era iniciado e somente pressionada a funcionalidade “volta” quando um próximo cliente chegasse ao local. O tempo da “volta” foi anotado com precisão de segundos e valores arredondados quanto aos

milésimos. Os valores entre as “voltas” eram subtraídos entre si, restando o tempo entre as chegadas dos clientes.

Após a coleta de dados, os tempos foram selecionados, codificados entre tempo de chegada ou atendimento, e por fim tabulados utilizando os programas Microsoft Excel e o Bloco de Notas, sendo posteriormente analisados estatisticamente. Para este trabalho, utilizaram-se as ferramentas *Arena*<sup>®</sup> e *Input Analyzer* (pertencente ao *Arena*<sup>®</sup>) que mediram quão bem os dados e geraram uma distribuição para realizar a modelagem do sistema no *software*. Para fins de análise, os relatórios foram gerados no modelo *Category Overview*.

#### **4. Discussão dos resultados**

Ao realizar a amostragem para a coleta de dados dos tempos requeridos, encontrou-se que para o intervalo de 95% de confiança, o tamanho de amostra satisfatório é de 52 tempos de entrada e de atendimento cada. Para montar o fluxograma do sistema no *Arena*<sup>®</sup>, cada processo necessita de uma taxa com qual ocorre. Para isso, o software oferece a ferramenta *Input Analyzer*, em que através dela, os dados coletados são submetidos aos testes Chi-quadrado e Kolmogorov-Smirnov (K-S), que apresentam uma função matemática que representa os eventos observados da maneira mais aproximada possível. Desta maneira, a imprevisibilidade da chegada de pessoas e do tempo de atendimento de cada cliente é diminuída e com o apoio da simulação o erro se torna muito baixo. Além disso, é elaborado um histograma identificando os valores máximos e mínimos e intervalos de cada tipo de tempo coletado.

##### **4.1. Distribuição dos dados e fluxograma**

Através dos testes estatísticos, os tempos de chegada podem ser representados por uma distribuição de Weibull, com um índice de erro quadrático de 0,002587. Por meio do teste Kolmogorov-Smirnov, os tempos de atendimento conforme a Figura 3 pode ser representada como uma distribuição Beta de erro quadrático de 0,007857. Uma observação deve ser feita quanto ao p valor encontrado no teste K-S, visto que seu resultado foi de 0,0673. Significa dizer que é parcialmente confiável os resultados do ajuste realizado por ser maior que 0,05. No entanto, para Freitas (2008), a distribuição teórica obtida tem duas hipóteses levantadas que são o  $H_0$  onde a variável aleatória  $X$  segue a distribuição sob hipótese com o(s) parâmetro(s) estimados, e  $H_1$  onde a variável aleatória  $X$  não segue a distribuição sob hipótese

com o(s) parâmetro(s) estimado(s). Como o p-valor é maior ou igual a 0,05, não existe evidências suficientes para se rejeitar a hipótese nula.

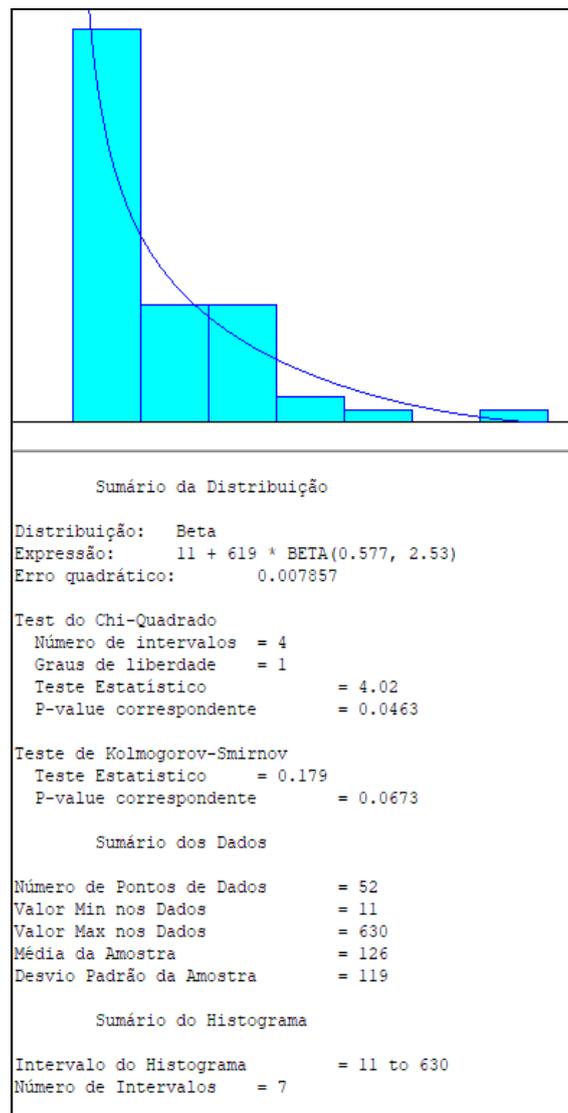


FIGURA 3 – Sumário de distribuição, dados e histograma dos atendimentos. Fonte: Autores (2018).

Anteriormente, com o auxílio do *Input Analyzer* os dados encontrados (distribuições matemáticas de cada processo com o menor erro quadrático) foram armazenados de acordo com o modelo conceitual elaborado no próprio *Arena*® para representar o processo. O fluxograma de atendimento da lotérica é basicamente constituído de 3 blocos (Figura 4), sendo um para chegada, outro para atendimento e um terceiro para saída.



FIGURA 4 – Fluxograma do processo na lotérica. Fonte: Autores (2018).

## 4.2. Simulação e análise dos resultados

É essencial que para realizar a simulação, os dados precisam estar o mais próximo da realidade de observação para que não se diferenciem. As configurações do menu “Run” foram ajustadas para 150 replicações com tempo de 1 hora e 30 minutos de atendimento diário. A justificativa para o número de replicações é devido à possibilidade de simular um semestre, visto que uma replicação equivale a um dia de expediente. A lotérica realiza expediente em média de 25 dias por mês.

A Tabela 1 exemplifica os resultados do tempo de espera do cliente pelo atendimento. Em média, um cliente espera em torno de 7,49 minutos pelo atendimento. O valor mínimo é considerado zero, pois teoricamente caso não ocorra imprevistos, sangria de caixa (que é a retirada não programada de dinheiro) ou reposição de dinheiro, os três primeiros clientes não esperam pelo atendimento, ocupando assim todos os guichês. O valor máximo de espera foi de 36 minutos, que é um valor considerado alto quando compararmos ao tempo máximo de espera na fila dos bancos de acordo com a Lei Municipal nº4303 de 5 de julho de 2005 de Campo Grande – MS que é de no máximo 25 minutos.

TABELA 1 – Tempo de espera do cliente pelo atendimento

Entidade	Tempo de espera (segundos)	Tempo de espera (minutos)
Média	449,81	7,49
Intervalo de confiança	<39,24	<39,24
Média mín.	47,54	0,79
Média máx.	1162,93	19,38
Valor mín.	0	0
Valor máx.	2201,3	36,68

Fonte: Autores (2018).

Em simulação, ao aumentar o número de recursos, se espera uma boa melhoria, pois é uma solução mais fácil e imediata de se realizar. No caso deste estudo, o local comportaria a adição de no máximo um atendente a mais. No entanto, os resultados mostraram que a grande formação de filas também deriva de uma taxa de atendimento maior que a taxa de chegadas, o que mostra o gargalo desse processo.

Para visualizar o que uma melhoria no processo de atendimento acarretaria nos resultados foi feita uma nova simulação supondo uma situação otimizada utilizando 4 funcionários, visto que atualmente a lotérica estudada conta com 3 funcionários para atendimento de caixa. Vários fatores foram levados em consideração para a escolha da melhor capacidade. O principal fator condiz com a capacidade física do local e o *layout* das cabines, uma vez a lotérica tem aproximadamente 49 m<sup>2</sup> e estrutura totalmente construída. Uma nova reforma para aumento de duas cabines faria com que o espaço destinado para clientes fosse bem menor do que o atual.

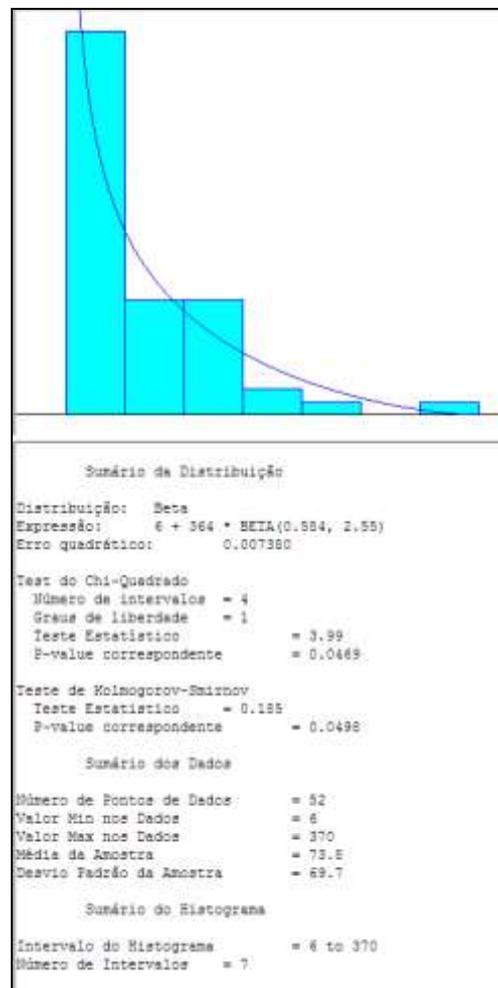


FIGURA 5 – Função da situação otimizada. Fonte: Autores (2018).

Os novos relatórios com a nova distribuição são comparados valores entre a situação atual e a situação otimizada, ou seja, sugerida por este estudo (Figura 5). De maneira geral, com as propostas de otimização a situação apresenta grandes melhorias em relação à anterior. De acordo com a Tabela 2, a média de tempo que o cliente ficaria no sistema seria de 1,20 minutos (quase 1 minuto a menos) e em situação de lotação, a simulação otimizada mostrou um valor máximo de 4 minutos a menos que na situação atual.

TABELA 2 – Comparação dos tempos de atendimento

Entidade	Situação atual	Situação otimizada
Média	123,59	72,57
Intervalo de confiança	<1,79	<0,92
Média mín.	94,56	58,27
Média máx.	146,48	86,45
Valor mín.	11,00	6
Valor máx.	599	348

Fonte: Autores (2018).

## 5. Considerações finais

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise sobre a teoria das filas com o auxílio da modelagem e simulação de sistemas em uma lotérica na cidade de Campo Grande – MS. Além disso, o trabalho caracterizado como uma pesquisa quantitativa permitiu-se a utilização de pesquisa de campo para obter dados consistentes sobre os tempos requeridos. Para as simulações, o principal instrumento utilizado foi o *software* Arena<sup>®</sup>. Com os relatórios obtidos foi verificada a real existência de filas na casa lotérica e a necessidade deste trabalho que exemplificou ao fim uma solução para o problema de fila. Por estas razões, os fins alcançados permitem afirmar que o estudo atingiu o objetivo qual era esperado.

Durante os resultados, a maioria dos índices de confiança de 95% das variáveis apresentaram valores altos. De certa forma, para diminuir esses valores aconselha-se que em trabalhos futuros haja uma coleta maior de amostras de tempos, assim as distribuições propostas pelo *Input Analyzer* também se adequariam melhor ao problema.

A limitação para este estudo foi a restrição na coleta de dados. Por se tratar de nova gerência, a casa lotérica não tinha um software específico para essa empresa que controlava todas as vendas, custos e lucros, etc. Por isso, não puderam oferecer um sistema integrado de informações históricas, dificultando o acesso e a obtenção de dados para compreensão do

problema e modelagem matemática. Outra delimitação foi a falta de maiores recursos, como mais pessoas auxiliando o estudo, mais tempo disponível para coleta de dados e instrumentos de coleta mais tecnológicos e práticos. Uma terceira limitação foi encontrada devido à versão utilizada do software Arena® da empresa Paragon, ou seja, a versão escolhida era gratuita para estudantes e nela continha limites para a duração das replicações. Conseqüentemente, não se pode fazer grandes replicações e simulações em maiores períodos para análise.

O aumento na capacidade de atendimento de 3 para 4 guichês diminuiu drasticamente o tempo de espera na fila, não precisando do aumento para 5 guichês. Para mais, em dias de pouco movimento o caixa prioritário pode atender à demanda da fila única, totalizando 5 guichês. Recomenda-se que a possibilidade de 5 funcionárias para atendimento deva ser analisada somente se a lotérica tiver aumento de sua demanda. À medida que aumenta a quantidade de clientes que chegam à lotérica, a necessidade de suprir será maior. Outros estudos podem ser aliados à aplicação de modelagem e simulação de sistemas para saber se realmente é viável a contratação de mais uma funcionária. Como por exemplo, um estudo financeiro, visando o lucro da empresa e o custo com o salário pago aos funcionários. Outra possibilidade de tema que pode ser aliado é o estudo de layout da empresa, verificando a alocação de 5 caixas sem atrapalhar o espaço para movimentação dos clientes.

A implantação e aplicação deste trabalho na empresa estudada permite a exploração de melhorias nos serviços oferecidos. Por isso, para pesquisadores é importante que a informatização esteja presente para dar praticidade e rapidez à coleta de dados, abrangendo um período considerável nas circunstâncias de sazonalidade, levando em consideração possíveis dias de sistema cheio e vazio, além de maiores recursos.

## Referências

ARENALES, Marcos Nereu. **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 524 p. ISBN 978-85-352-1454-3

BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 5 ed. Editora da UFSC. Florianópolis (SC), 2003.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – **A sorte em números 2016**. 2016. Disponível em: <[http://www.caixa.gov.br/Downloads/Sorte\\_em\\_numeros\\_2016\\_PT.pdf](http://www.caixa.gov.br/Downloads/Sorte_em_numeros_2016_PT.pdf)>. Acesso em 15 de jun. 2018.

DÁVALOS, Pablo Bezzer. **Hidroquímica do Estuário do Rio Caravelas**, Caravelas – BA /Pablo Bezzer Dávalos – Natal, RN, 2012.

FITZSIMMONS, James A.; FITZSIMMONS, Mona J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia de informação**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2003-2010.

FREITAS, Paulo. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis, SC: Visual Books, 2008. 372 p. ISBN 978-85-7502-228-3

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. Porto Alegre, RS: AMGH Ed.: Bookman, 2013. 1005 p. ISBN 978-85-8055-118-1

MELLO, Carlos Henrique Pereira; DA SILVA, Carlos Eduardo Sanches; TURRONI, João Batista; DE SOUZA, Luiz Gonzaga Mariano. ISO 9001:2008 - **Sistema de Gestão da Qualidade para Operações de Produção e Serviços**. Atlas. 2009. ISBN: 9788522454655

MOREIRA, D. A. **Pesquisa Operacional: Curso Introdutório**. 3. ed. ver. eatu. São Paulo. 2010.

NEGRETTO, R. J. **Fidelização de clientes bancários: marketing de relacionamento como base na estratégia de lealdade**. 54 p. Tese (Especialização em Gestão Financeira) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PALUDO, Augustinho Vicente. **Administração Pública**. Rio de Janeiro, 2010.

PRADO, Darci Santos do. **Usando Arena em simulação**. 5 ed. Nova Lima:Falconi editora, 2014. 388 p. ISBN 978-85-98254-70-8

TAHA, Hamdy A. **Pesquisa Operacional**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2007