

## **Simulação aplicada a gestão de filas para vendas de bilhetes em uma estação de trem**

Applied simulation to queue management for ticket sales at a train station

Matheus Amaral de Oliveira  
IFSP-Campus Suzano  
[matheusamaraldeoliveira3@gmail.com](mailto:matheusamaraldeoliveira3@gmail.com)

Romilton Santos Guerra Junior  
IFSP-Campus Suzano  
[romiltonsgjr@gmail.com](mailto:romiltonsgjr@gmail.com)

Guilherme Dias Lima Alves  
IFSP-Campus Suzano  
[d.guilherme@aluno.ifsp.edu.br](mailto:d.guilherme@aluno.ifsp.edu.br)

Adriano Maniçoba da Silva  
IFSP-Campus Suzano  
[adrianoms@ifsp.edu.br](mailto:adrianoms@ifsp.edu.br)

Recebido em 30/01/2023  
Aprovado em 06/03/2023

### **Resumo**

A tomada de decisão baseada em análise de dados é fundamental para uma gestão assertiva. Para esse fim, neste trabalho foi realizada a análise de dados por meio de simulação com o objetivo de auxiliar na administração, prever necessidades, entender a variação de demanda existente e promover melhorias. Foi feito um estudo na estação de trem de Suzano, localizada em São Paulo - Brasil, utilizando-se de uma metodologia quantitativa, obtendo os dados no horário de maior movimentação na estação, contabilizando o tempo de chegada entre os usuários e o seu tempo de atendimento na bilheteria. Um objetivo secundário pode ser definido como a identificação das necessidades dos funcionários para atender a demanda, e assim sendo, estabelecendo parâmetros para a identificação de eventuais gargalos que possam surgir. Por fim, um novo cenário ideal foi criado para que atendesse a todas as necessidades de forma mais clara e eficiente.

**Palavras-chave:** simulação; filas; estação de trem;

### **Abstract**

Decision making based on data analysis is essential for assertive management. For this purpose, in this paper, data analysis was carried out through simulation with the objective of assisting in

*Simulação aplicada a gestão de filas para vendas de bilhetes em uma estação de trem*

administration, predicting needs, understanding the variation in existing demand and promoting improvements. A study was carried out at the Suzano train station, located in São Paulo City - Brazil, using a quantitative methodology, obtaining data at the busiest time at the station, accounting for the arrival time between users and their time of travel and service at the box office. A secondary objective can be defined as identifying the needs of employees to meet demand, and therefore, establishing parameters for identifying any bottlenecks that may arise. Finally, a new ideal scenario was created to meet all needs in a clearer and more efficient way.

**Keywords:** simulation; queue; train station;

## I. INTRODUÇÃO

Levando em consideração que grande parte da população tem como principal meio de transporte o modal ferroviário, e que o número de clientes (ou passageiros) muitas vezes excede a capacidade do serviço prestado, mesmo com o aumento da frota e manutenções em dia, se faz necessário uma estratégia que busque reduzir os transtornos diários que se manifestam na forma de filas, da superlotação, e outras deficiências no transporte público sobre trilhos.

Em virtude da oscilação de demanda pela venda de bilhetes na estação de Suzano da CPTM, buscou-se estabelecer, através da simulação, parâmetros referentes à quantidade de atendentes na venda de bilhetes na estação e uma quantidade de colaboradores que supra as necessidades da busca pela compra de bilhetes. Observando a variação de demanda de bilheteiros na estação de Suzano, pretende-se com a simulação discreta, estabelecer parâmetros que facilitem a previsão de demanda, gestão de trabalho e comportamentos de clientes, ajudando assim a melhoria no atendimento.

Para aplicar o estudo de simulações na estação de trem de Suzano da linha 11 coral da CPTM, foi necessário a coleta de dados de chegadas dos usuários e o tempo de atendimento de cada usuário, propriamente estabelecido pela prestadora de serviço. Após isso, a aplicação de cenários utiliza-se do software Arena para a verificação das possibilidades encontradas, as quais pré-determinarão os melhores conceitos ou situações para serem trabalhadas no dia a dia, podendo assim, proporcionar a diminuição no tempo de atendimento de cada cliente e na redução do tamanho da fila formada em horário de maior “congestionamento” de pessoas.

Na primeira parte deste artigo veremos a revisão de literatura, onde será abordado sobre alguns dos aspectos da simulação, teoria de filas e o que caracteriza um sistema de fila, como embasamento do estudo. Ao longo do periódico foi detalhada a metodologia usada, e por último foram examinados os resultados e discussões obtidas em relação ao estudo do aumento de bilheterias ao atendimento, juntamente com os gráficos comparativos que oferecem uma melhor

*Matheus Amaral de Oliveira; Romilton Santos Guerra Junior; Guilherme Dias Lima Alves; Adriano Maniçoba da Silva.*

visualização do problema, como por exemplo, a utilização dos recursos, tempo de espera na fila e tempo total de atendimento.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Serão abordadas nesta seção a simulação, teoria das filas e a caracterização de um sistema de filas.

### 2.1. Simulação

Dois tipos de abordagem podem ser utilizados para realizar a modelagem de sistemas: simulação e teoria das filas, sendo a primeira a mais aplicada (PRADO, 2014).

A simulação é uma ferramenta que possibilita a reprodução do funcionamento de um modelo de sistema real (PRADO, 2014; ANDRADE, 2015), obedecendo todas as condições e regras a que o cenário em estudo está sujeito, utilizando-se geralmente computadores para tal fim. O uso dessa técnica permite a criação de modelos e procedimentos que seriam impraticáveis na forma real, em virtude da inviabilidade ou custo para realizá-lo (ANDRADE, 2000), e o objetivo é possibilitar uma visão tanto de criação como investigação de possibilidades antes de uma real implementação de modelo (ANDRADE, 2015).

O processo de construção de modelos na simulação permite, conforme Freitas Filho (2008): o detalhamento do comportamento desse sistema; a criação de hipóteses e teorias, de acordo com as observações realizadas; um vislumbre do comportamento futuro com o uso da simulação, considerando os impactos por mudanças no sistema ou nas ferramentas utilizadas na operação.

Um modelo de simulação é executado, e não resolvido, como os modelos de otimização. O primeiro não possibilita a obtenção de uma solução ótima, e sim investiga o comportamento do sistema em situações particulares, e então, após desenvolver e explorar com métodos de simulação, direciona a solução dos problemas encontrados (FREITAS FILHO, 2008).

Em contrapartida, Chwif e Medina (2015), afirmam ser possível a integração dos módulos de otimização na simulação computacional, de onde se originou o termo *Simulation Optimization* (SO). Várias áreas ou processos podem utilizar as técnicas de modelagem e simulação de sistemas como modo de análise: sistemas de produção (espaço de armazenagem, movimentação de materiais e matérias primas, fabricação e montagem, *layout*, atribuição de mão de obra, dentre outros); sistemas de transporte e estocagem (operações em aeroportos,

*Simulação aplicada a gestão de filas para vendas de bilhetes em uma estação de trem* operações portuárias, transportes ferroviários e rodoviários, malha logística e de distribuição, armazéns e entrepostos); sistemas computacionais (*websites*, servidores de redes, redes de comunicação, redes de computadores, sistemas operacionais, servidores de redes, gerenciamento de base de dados); sistemas administrativos (financeiras, seguradoras e operadores de crédito) e; sistemas de prestação de serviços direto ao público (*call centers*, serviços de assistência jurídica, serviços de emergência, bancos e hospitais) (FREITAS FILHO, 2008).

## 2.2. Teoria das Filas

A Teoria de Filas é um processo analítico que se usa por meio de fórmulas matemáticas (PRADO, 2017).

Aguardar para ser atendido é fato do dia a dia; sempre há formação de filas de espera em supermercados, restaurantes, padarias, agências de correios. Outros exemplos de filas podem ser encontrados em: tarefas que aguardam em um processo produtivo, automóveis esperam nos semáforos, aviões aguardam autorização para aterrissar em um aeroporto (TAHA, 2008; FREITAS FILHO, 2008; MOREIRA, 2015).

Quando o tamanho da fila excede o que é classificado como normal, ocorre o congestionamento, prejudicando a produtividade e qualidade desse sistema, elevando o custo total de operação, justificando, assim, o estudo dos problemas que ocorrem nos congestionamentos (ANDRADE, 2000).

A Teoria das Filas é uma ferramenta analítica que utiliza fórmulas matemáticas na elaboração e solução de sistemas nos processos de formação de filas (FREITAS FILHO, 2008; CHWIF; MEDINA, 2015; MOREIRA, 2015).

## 2.3 Caracterização de um Sistema de Filas

Em um sistema de filas, clientes e atendentes são os elementos de estudo. O cliente pode ser atendido prontamente ou aguardar, caso a instalação de serviço esteja ocupada com outro cliente. Ao terminar o atendimento, o servidor chama a próxima entidade. Se não houver mais clientes na fila, o servidor fica ocioso, até que o próximo cliente chegue (TAHA, 2013).

Os seguintes componentes constituem uma fila: processo de chegada (taxa média das entidades, ou clientes, em um sistema) e processo de atendimento (taxa média de atendimento dos servidores), (CHWIF; MEDINA, 2015; PRADO, 2014). Além disso, o termo “comprimento da fila” está relacionado ao número de clientes aguardando na fila (ou área de espera) mais aquele que está sendo atendido (FREITAS FILHO, 2008).

*Matheus Amaral de Oliveira; Romilton Santos Guerra Junior; Guilherme Dias Lima Alves; Adriano Maniçoba da Silva.*

De acordo com Freitas Filho (2008), são características de um sistema de fila: processo de chegada (o tempo entre chegadas das entidades na fila); tempo de serviço (tempo decorrido para cada entidade atendida); quantidade de servidores (número de atendentes); capacidade da fila (a quantidade máxima de entidades que podem ficar na fila aguardando atendimento, e pode ser finita ou infinita); tamanho da população (refere-se à quantidade total de entidades que teoricamente podem comparecer, e pode ser finita ou infinita) e; disciplina de atendimento (a forma como os clientes serão atendidos)

Quando se é abordado o sistema de filas e sua caracterização, o principal objetivo e foco para tal estudo é o seu dimensionamento a fim de prestar um melhor atendimento aos clientes/usuários e, conseqüentemente, procurar meios para a redução de custos desnecessários. Contudo essa teoria de filas em si, acaba sendo limitada em seus pontos de solucionar problemas, com isso a simulação passa a ser a solução mais adequada, (PRADO, 2017).

### 3. MÉTODO

Os dados da pesquisa foram coletados quantitativamente, obtendo os dados no horário de maior movimentação na estação, contabilizando o tempo de chegada entre os usuários e o seu tempo de atendimento na bilheteria na estação de Suzano da linha 11 coral da CPTM. A Estação de Suzano está localizada no endereço à Rua Prudente de Moraes, 473 - Vila Amorim, Suzano – SP; sua inauguração foi em 6 de novembro de 1975. A base de dados para a estrutura do artigo será retirada conforme a chegada dos passageiros em horário de pico, ou seja, será realizada a marcação do tempo dos usuários.

Sendo grande a procura por este serviço, em um determinado ponto do dia, fora fixado um horário previsto para as coletas dos dados, necessariamente às 8:00 horas da manhã. Para isso, foi analisada a chegada das entidades (clientes) para a compra de bilhetes, e o tempo de atendimento, conseqüentemente gerando um tempo total. No horário de pico, uma viagem confortável se torna menos provável; verificou-se que para muitas pessoas e as longas esperas são uma preocupação constante. É necessário enfatizar a importância da simulação para a redução de tempo e conseqüentemente acarretando uma melhor gestão de filas, e assim evitando um gargalo.

*Simulação aplicada a gestão de filas para vendas de bilhetes em uma estação de trem*

Ao se obter os números, foi usada a simulação a eventos discretos e aplicada juntamente com isso, a teoria das filas, simulando as necessidades e situações que ocorrem no dia a dia, para que cada demanda, ou seja, o número de pessoas (entidades) a serem atendidas, seja suficientemente maior de acordo com a disponibilidade da prestadora de serviço, no caso a estação de trem de Suzano, linha 11 coral da CPTM. A finalidade é gerar simulações com todos os dados obtidos para uma melhoria na estação, podendo assim, atender as demandas em horários de maior circulação.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram coletados conforme o programado, na estação de Suzano da linha 11 coral da CPTM. A Estação de Suzano está localizada no endereço à Rua Prudente de Moraes, 473 - Vila Amorim, Suzano – SP.

Cerca de 200 amostras (entidades/usuários) foram coletadas durante o tempo de uma hora. Pode-se observar em questões, as análises dos dados do tempo entre chegadas dos usuários e do tempo de atendimento de cada usuário na estação de trem de Suzano. Juntamente com o auxílio da ferramenta *Excel*, foi calculado alguns dados como intervalo, amostra, número mínimo/máximo, como a amplitude, média e o desvio padrão, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Tempo entre chegadas dos usuários  
*Tempo entre chegadas*

Intervalos	15
Amostra	200
Mínimo	0
Máximo	25
Amplitude	1,67
Média	4,96
Desvio Padrão	3,19

Fonte: Dados da pesquisa

Após o cálculo de dados para o tempo entre chegadas, foi realizado o mesmo estudo para parametrizar o tempo total de atendimento dos usuários, como: intervalo, amostra, número mínimo/máximo, como a amplitude, média e o desvio padrão, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Tempo total de atendimento dos usuários  
*Tempo total de atendimento*

Intervalos	15
Amostra	200
Mínimo	2
Máximo	15

*Matheus Amaral de Oliveira; Romilton Santos Guerra Junior; Guilherme Dias Lima Alves; Adriano Maniçoba da Silva.*

Amplitude	0,93
Média	8,3
Desvio Padrão	3,23

Fonte: Dados da pesquisa

Logo após, a verificação dos dados de tempo entre chegadas (em segundos) foram imputados os dados no Arena para a validação de alguns procedimentos e para saber qual a distribuição aplicada com o decorrer do estudo de caso. Conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Tempo entre chegadas dos usuários

Distribuição	Gama
Expressão	$-0.5 + \text{GAMM}(1.67, 3.27)$
Erro-quadrático	0.004429
Teste Estatístico	8,47
P-Value Correspondente	0,303

Fonte: Dados da pesquisa

Em seguida, foram extraídos os dados do tempo total de atendimento dos usuários e colocados no Arena, a fim de permitir a visualização da distribuição que foi usado na simulação, conforme mostra a Tabela 4.

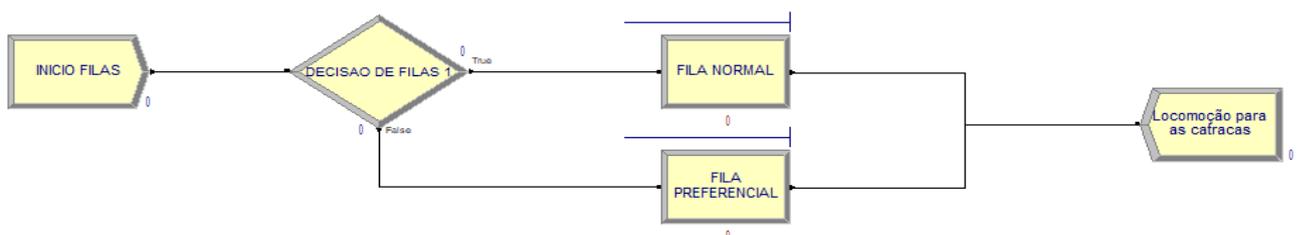
Tabela 4 – Tempo Total de Atendimento

Distribuição	Beta
Expressão	$1.5 + 14 * \text{BETA}(1.78, 1.89)$
Erro-quadrático	0.005169
Teste Estatístico	9.04
P-Value Correspondente	0.443

Fonte: Dados da pesquisa

A Figura 1, mostra o escopo do projeto no Software Arena, que tem no início, a chegada das entidades no serviço da CPTM, e em seguida uma decisão de filas, onde de imediato é direcionado para a fila normal ou a preferencial, e conseqüentemente o atendente para a prestação do serviço e por fim, o deslocamento para as catracas, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Modelo a ser Processado no Arena



Fonte: elaborado pelos autores

Com o objetivo de analisar e propor as possíveis melhorias no cenário atual, dos

*Simulação aplicada a gestão de filas para vendas de bilhetes em uma estação de trem*

principais gargalos e projetar novas perspectivas, foi elaborada a Tabela 5 para que tenha uma comparativa para a melhor visualização dos dados obtidos. Sendo que no cenário atual da estação de Suzano, no horário de maior circulação, foi encontrado a seguinte questão, 2 atendentes nas filas normais e 1 para os usuários preferenciais.

Com a ajuda do *Software Arena*, foi possível, então, simular outros cenários e os seguintes tipos de recursos que são utilizados, como: utilização dos recursos normal e preferencial da fila, tempo de espera normal e preferencial, tamanho da fila normal e preferencial, tempo de atendimento e por último o tempo total de atendimento.

Tabela 5 – Tabela comparativa de cenários

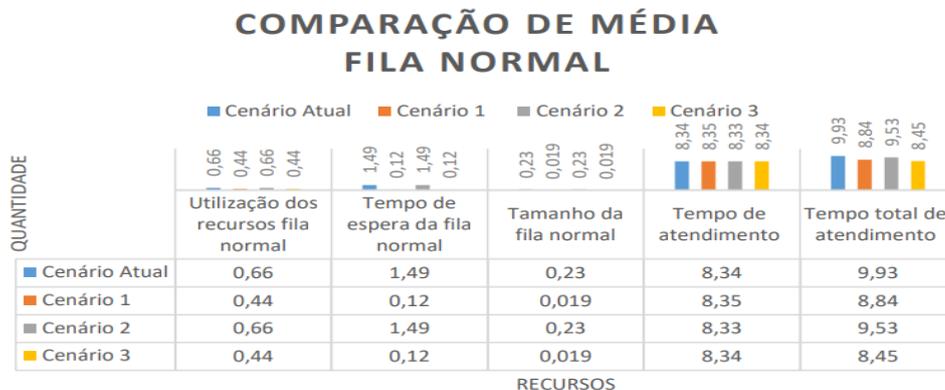
Tipo	Cenário atual			Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3		
	2 normais/1 pref.			3 normais/1 pref.			2 normais/ 2 pref.			3 normais/2 pref.		
	Méd	Mín	Máx	Méd	Mín	Máx	Méd	Mín	Máx	Méd	Mín	Máx
Utilização dos recursos fila normal	0,66	0	1	0,44	0	1	0,66	0	1	0,44	0	1
Utilização dos recursos fila preferencial	0,34	0	1	0,34	0	1	0,17	0	1	0,17	0	1
Tempo de espera da fila normal	1,49	0	20,94	0,12	0	6,74	1,49	0	20,94	0,12	0	6,74
Tempo de espera da fila preferencial	1,97	0	41,25	1,92	0	38,82	0,051	0	8,68	0,052	0	8,68
Tamanho da fila normal	0,23	0	4	0,019	0	3	0,23	0	5	0,019	0	3
Tamanho da fila preferencial	0,08	0	4	0,078	0	4	0,002	0	2	0,002	0	2
Tempo de atendimento	8,34	1,78	15,20	8,35	1,73	15,20	8,33	1,78	15,20	8,34	1,73	15,20
Tempo total de atendimento	9,93	1,99	53,46	8,84	1,73	44,25	9,53	1,99	30,33	8,45	1,73	22

Fonte:Dados da pesquisa

Através da análise comparativa da Tabela 5, foi possível a criação do Gráfico 1 e do Gráfico 2, visando uma melhor observação da variação da média de cada item e de cada recurso. O objetivo, é mostrar a flutuação das médias obtidas com os tempos simulados no *software Arena*; a princípio temos os resultados de cada tópico. Todos estes números foram abordados e realizados para a fila normal e preferencial; uma vez que a análise precisa ser feita a todos os tópicos e levada em consideração minuciosamente, para uma tomada de decisão correta. Como primeiro, no Gráfico 1 temos a comparação das médias dos cenários da fila normal.

Matheus Amaral de Oliveira; Romilton Santos Guerra Junior; Guilherme Dias Lima Alves; Adriano Maniçoba da Silva.

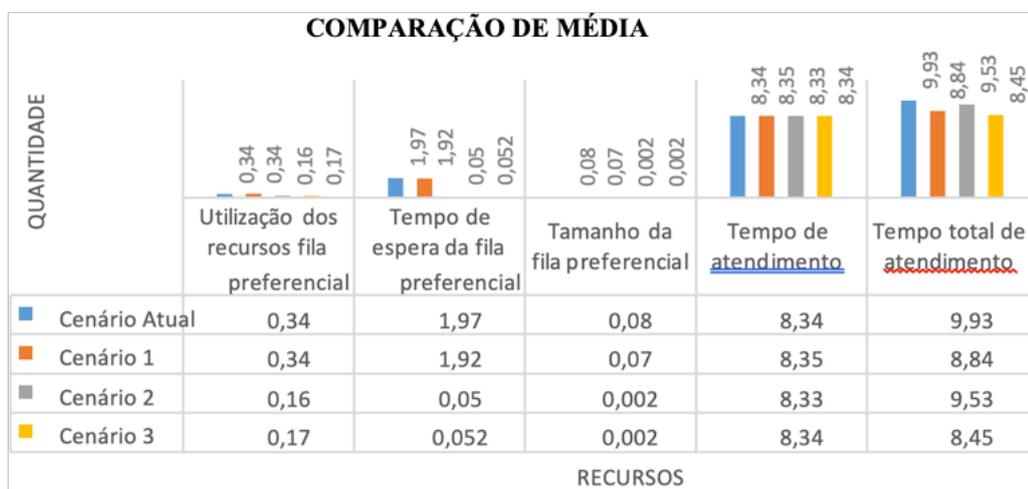
Gráfico 1 – Comparativo da utilização dos recursos (Fila Normal)



Fonte: Dados da pesquisa

No Gráfico 2 a comparação das médias, porém com a fila preferencial entre o cenário atual como também nos cenários simulados através do *Software* Arena.

Gráfico 2 – Comparativo da utilização dos recursos (Fila Preferencial)



Fonte: Dados da pesquisa

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo de simulação na estação de trem na cidade de Suzano, tem por fim apresentar as dificuldades que a estação encontra nos momentos de maior movimentação de usuários, como também propor supostas melhorias no horário de maior movimentação encontradas através da simulação que levariam o maior número de atendimento de pessoas, respeitando as limitações a qual a estação encontra atualmente.

*Simulação aplicada a gestão de filas para vendas de bilhetes em uma estação de trem*

Nos dias atuais, a estação de trem de Suzano, localizada na linha 11 Coral, é composta no total por quatro cabines de atendimento, comportando assim, 4 funcionários. Contudo, no horário do estudo, o cenário encontrado foi de 3 guichês ativos, ou seja, funcionando, com 2 atendentes direcionados às filas normais, e com 1 atendente direcionado ao atendimento a fila preferencial. Uma boa situação, quando não há justamente o maior horário de movimentação para o atendimento, uma vez que dependendo do número de pessoas pode-se obter uma fila e assim, gerar um gargalo no processo.

De acordo com as simulações o melhor cenário obtido, é o Cenário 3, o que colocaria em prática uma rotina com três atendentes normais mantendo um alto fluxo de entidades, uma vez que é a maioria, e dois funcionários destinados a atender as filas preferenciais.

## 6. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisão**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria & aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. 2. ed. rev. atual. Florianópolis: Visual Books, 2008.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.
- PRADO, Darci. **Teoria das filas e da simulação**. 5. ed. Belo Horizonte: Falconi, 2014.
- PRADO, Darci. **Teoria das filas e da simulação**. 6. ed. Nova Lima: Falconi, 2017.
- TAHA, Hamdy A. **Pesquisa operacional**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.