

Utilização da ferramenta de simulação Arena na análise do sistema de filas da estação TRENSURB em Novo Hamburgo - RS

Andrey Eduardo Gomes (Universidade Federal de Santa Catarina) andrey93go@gmail.com
Guilherme Mendes Fernandes (Universidade Federal de Santa Catarina) guilhermef8@gmail.com
Yan Henning (Universidade Federal de Santa Catarina) yanhennig@gmail.com
Christiane Wenck Nogueira Fernandes (Universidade Federal de Santa Catarina) christiane.fernandes@ufsc.br
Silvia Lopes De Sena Tagliarenha (Universidade Federal de Santa Catarina) s.tagliarenha@ufsc.br

Resumo:

A implantação de um transporte metroviário deve ser inteiramente planejado por meio de estudos de viabilidade econômica e socioeconômica a curto e longo prazo, de modo a disponibilizar um melhor atendimento aos usuários da categoria deste tipo de transporte. Para isso, estima-se uma demanda futura de passageiros do empreendimento conforme o histórico de crescimento da população local, para partir de então realizar os cálculos necessários para a construção de seu layout. Este estudo visa estimar o nível de serviço que a estação irá oferecer aos usuários ao analisar o tempo médio de espera nas bilheterias da estação metroviária, após a análise de um conjunto de informações e características a respeito do fluxo de passageiros da estação de metrô de superfície na cidade de Novo Hamburgo - RS, o TRENSURB. Com a união dos conceitos de pesquisa operacional, que envolve a teoria de filas e a sua aplicabilidade a partir da utilização do software Arena realiza-se uma análise no que se refere as filas da bilheteria da estação, junto às taxas de chegada dos passageiros. Conclui-se que somente duas bilheterias são necessárias para deixar o fluxo de pessoas na área da bilheteria economicamente viável.

Palavras chave: TRENSURB, Arena, Nível de serviço, Biheterias, Filas.

ARENA simulation software application in a queue system analysis at the subway station TRENSURB in Novo Hamburgo - RS

Abstract

The implementation of a subway transportation system must be planned through social and economic feasibility studies, in short and long terms, in order to provide better users service solutions for this transportation category. However, it requires that the future passengers demand of the subway station is estimated considering the historical growth of the local population. As soon as the future passengers demand is done, the project of the subway station layout can start. Therefore, this study aims to estimate the level of service that the subway station provides to the users when considering the average waiting time of the box's office queue at the subway station based on a passengers flow analysis of the TRENSURB, which is a surface subway station in Novo Hamburgo - RS. An analysis was created into the Software Arena applying the queue theory, which is a concept of Operations Research. This analysis was concerned about the box's office queue considering the rates of passengers arrival. However, the author concluded that only two box's office were necessary to make the passengers flow profitable.

Key-words: TRENSURB, Arena, Level of service, Box office, Queues.

1. Introdução

O maior empecilho para se locomover nos grandes centros urbanos é o congestionamento. Eles podem ser causados pela quantidade exorbitante de automóveis que circula nas cidades todos os dias. Eles causam quilômetros de trânsito lento ou parado, principalmente nos horários de rush.

Um dos objetivos da Política Nacional de Mobilidade Urbana, Lei 12.587/12, é proporcionar melhoria nas condições urbanas de acessibilidade e mobilidade da população e priorizar o uso do transporte coletivo (BRASIL, 2012).

O transporte sobre trilhos é um importante modal de transporte público que contribui muito na mobilidade urbana, pois afeta grande de forma difnificativa parte das pessoas que necessitam de médios ou grandes deslocamentos para exercerem suas atividades promovendo vantagens por conta da sua rapidez na locomoção por dentro das grandes cidades. Sua praticidade, velocidade e baixo custo em relação ao transporte individual, faz com que milhões de pessoas usem esse tipo de transporte diariamente.

A implantação de um sistema de transporte metroviário deve ser inteiramente planejada por meio de estudos de viabilidade econômica e socioeconômica a curta e longo prazo, de modo a disponibilizar um melhor atendimento aos usuários da categoria deste tipo de transporte. Para isso é importante uma estimativa da demanda futura de passageiros do empreendimento conforme o histórico de crescimento da população local, para partir de então realizar os cálculos necessários para a construção de seu layout (GUAZZELLI, 2011, DAAMEN, 2004).

De modo a efetuar constantes melhoras e estabelecer um padrão de qualidade satisfatória aos usuários, diminuir o tempo de espera dos clientes na bilheteria é parte fundamental para fortalecer o nível de serviço da estação metroviária, já que a satisfação proposta pelo serviço ofertada ao consumidor deve ao menos cobrir expectativas básicas, o que muitas vezes não acontece na prática.

Segundo pesquisas comportamentais efetuadas por especialistas no assunto, quanto mais próximo de ser atendido, maior a sensação de demora por parte dos clientes (UCG, 2009). Uma pesquisa publicada no New York Times, o principal motivo das pessoas se desesperarem nas filas é representada pela desocupação nesse intervalo de tempo (STONE, 2012).

Hillier (2013) também cita a importância de um sistema de filas eficiente, no qual em estudos realizados nos Estados Unidos, a espera em filas está estimada em 37.000.000.000 horas por ano e se este tempo fosse gasto produtivamente, resultaria em aproximadamente 20 milhões de pessoas-ano de trabalho útil por ano.

Esse desempenho total em termos de nível de serviço proveniente do fluxo de pessoas que passam por um determinado local pode ser analisado conforme o tempo de espera do usuário para realizar certa atividade. Segundo Taha (2008), se trata da quantificação do processo de espera, seja representando conforme comprimento ou tempo.

Este artigo, através da Teoria das Filas, visa estimar o nível de serviço que a estação irá oferecer aos usuários ao analisar o tempo médio de espera nas bilheterias da estação metroviária, após a análise de um conjunto de informações e características a respeito do fluxo de passageiros da estação de metrô de superfície na cidade de Novo Hamburgo – RS. E com o auxílio do software de simulação Arena, utiliza-se de análises a partir de simulações feitas com os dados coletados pela própria companhia a fim de obter-se o número de bilheterias necessárias para atender a demanda atual de clientes, de modo que o tempo de espera seja minimizado.

2. Teoria das filas

As filas fazem parte do cotidiano das pessoas, todos acabam esperando em alguma fila por um momento para: comprar um ingresso para uma sessão no cinema, na fila do supermercado ou remeter um pacote no correio. Assim, as pessoas acabaram se acostumando de certa maneira com esse processo. Entretanto, este tempo perdido não está sujeito a apenas transtornos pessoas, mas também, representando o mau funcionamento desse sistema (ANDRADE, 2004; BORGES, 2010; HILLIER, 2013).

A formação do sistema de fila ocorre quando a demanda por um eventual serviço é superior à oferta proporcionada. Com isso, se utiliza métodos e fórmulas matemáticas para encontrar o equilíbrio entre a satisfação do cliente e economicamente viável ao prestador do serviço.

A Teoria das Filas é uma das áreas da Pesquisa Operacional na qual se utiliza conceitos de processos estocásticos tratando os estudos de filas matematicamente. Sendo modelos úteis para se definir as medidas de desempenho de filas, considerando o tempo médio de espera e o tempo de atendimento, assim pode-se determinar como operar estas filas de uma forma mais eficiente. Permitindo encontrar o equilíbrio apropriado entre o custo de serviço e o tempo de espera. (TAHA, 2008; LEAL, 2012; HILLIER, 2013).

A Figura 1 representa a definição feita por Martins (2011), no qual seu é composto por população, processo de chegadas de clientes e a sua organização na fila, seguida da disciplina de atendimento, definida pelo sistema a ser implantado e o processo de atendimento aos clientes.

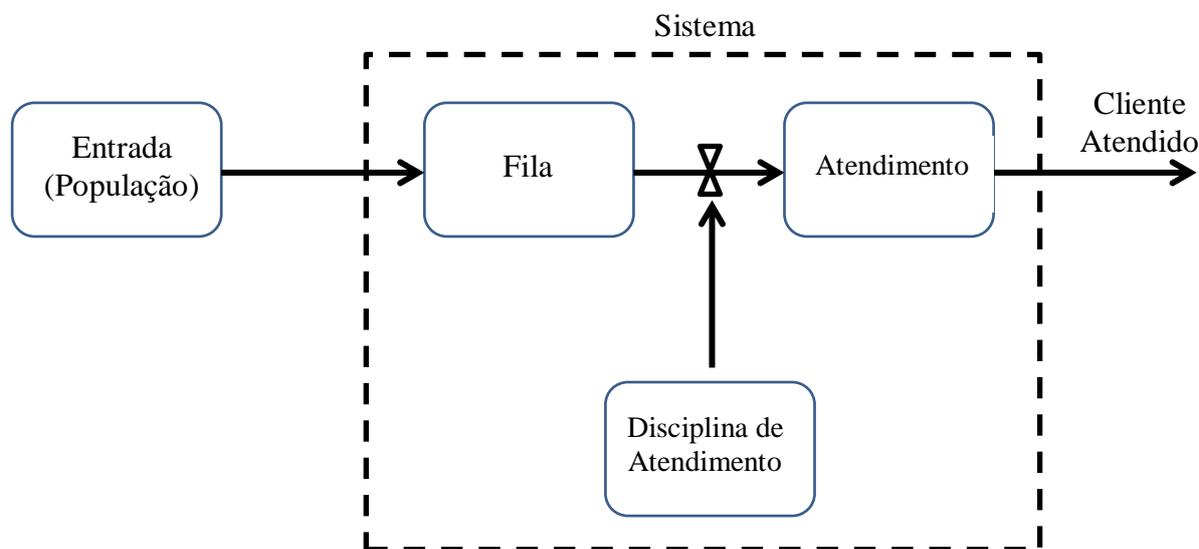


Figura 1: Estrutura de um sistema de filas

O sistema de filas consiste no processo de chegada de clientes, o processo de atendimento a disciplina das filas. No qual o processo de chegada é definido pelo número de indivíduos que solicitaram o serviço do sistema no intervalo de $(0,t)$, sendo $t > 0$. Sendo assim, um processo de contagem que pode ser denotado através da distribuição dos intervalos de tempo entre chegadas sucessivas, ou através da distribuição do número de chegadas em intervalos disjuntos. Com isso, o número de chegadas tem distribuição de Poisson com média λ . Nesta situação particular pode-se fazer o intervalo de tempo entre chegadas sucessivas sendo $1/\lambda$.

Essas variáveis são aleatórias que variam com o tempo, porém elas são consideradas independentes e identicamente distribuídas, para casos mais avançados estes indivíduos podem chegar em grupos.

Assim como o processo de chegadas, Hiller (2013) relata que o atendimento aos clientes pode ocorrer individualmente ou em grupo. Sua principal característica é o tempo de atendimento, ou duração de atendimento, ou ainda pode ser o número de atendimentos. A duração de atendimento pode ser constante, ou é uma variável aleatória com uma distribuição conhecida. Nos modelos mais comuns, pode-se assumir que o número de atendimentos é uma distribuição de Poisson com média μ e o tempo de atendimento é uma distribuição de Poisson negativa $1/\mu$.

Para se realizar o atendimento é necessário ter uma disciplina das filas, que segundo Taha (2008) esta relacionada na maneira segundo a qual os indivíduos receberão o atendimento, podendo ser o primeiro a chegar é o primeiro a sair (em inglês a sigla FIFO) que é o mais comum, podendo ser até o último a entrar o primeiro a sair (sendo LIFO a sigla em inglês) isso acaba ocorrendo em elevadores muito lotados e alguns sistemas de estoque. A disciplina também pode ser aleatória, tudo depende de cada sistema.

2.1 Capacidade do sistema

Em diversos modelos de fila, existe uma limitação física para o número de clientes que podem fazer parte do sistema. Enquanto a capacidade não for excedida, o sistema irá operar normalmente, se os indivíduos chegarem e a capacidade tiver excedido, então eles são recusados.

Uma notação de modelos de fila foi proposta por Kendall e é universalmente adotada. Segundo Kendall (apud MARINS 2011) um modelo de filas é descrito por sucessão de símbolos, colocados em campos delimitados por barras inclinadas.

Para Kendall, o primeiro campo fornece informações da distribuição de intervalos entre chegadas, o segundo se refere à distribuição dos atendimentos, o terceiro é a quantidade de atendentes disponíveis, o quarto indica a restrição da capacidade do sistema, o quinto tem informações sobre o tamanho da população e finalmente o sexto informa sobre a disciplina de atendimento.

Para os casos em que a capacidade é ilimitada, a população é muito grande tende a ser infinita, e a disciplina é FIFO, os três últimos símbolos podem ser omitidos, sendo alguns símbolos muito usados:

- a) M: Para o processo de chegadas com distribuição de Poisson e atendimentos com probabilidades exponenciais para os tempos de serviço;
- b) GI: Para o processo de chegadas independentes sendo assim diferente do de Poisson;
- c) D: Para tempo de serviço constante, usado em casos determinísticos;
- d) Ek: Utilizado para a distribuição de prababilidades de Erlang de ordem k;
- e) G: Utilizado para a distribuição geral de tempos de atendimento.

Sendo assim uma fila M/M/1 é uma fila com um processo de chegadas com distribuição de Poisson, atendimentos com probabilidades exponenciais para os tempos de serviço e apenas um guichê de atendimento, este é o tipo de fila mais simples que se consta na literatura, como os últimos três termos estão omitidos, a fila também tem capacidade ilimitada, a população é muito grande e a sua disciplina é FIFO.

2.2 Modelos de filas Markovianas

A seguir serão expostos alguns dos principais modelos de filas Markovianas, que são os modelos que têm as chegadas e atendimentos seguindo a distribuição de poisson e exponencial.

2.2.1 Fila M/M/1

Como podemos observar o primeiro parâmetro está preenchido com a letra M, sendo assim é uma fila com um processo de chegadas de acordo com a distribuição de poisson e taxa média de λn , assim da mesma maneira o segundo parâmetro também contém a letra M, podemos observar que a fila passa por um processo de tempo de serviço exponencial, com parâmetro médio de atendimento μn , já o número 1 no terceiro parâmetro denota que o sistema possui apenas 1 guichê de atendimento.

2.2.2 Fila M/M/S

Este caso é análogo ao anterior, com a chegada sendo pela distribuição de poisson com média λn e a de atendimentos sendo a exponencial com taxa de μn , porém com S canais de atendimento em paralelo.

2.2.3 Fila M/M/S/N

Para a fila M/M/S/N é o mesmo caso da fila M/M/S, porém sendo a capacidade do sistema igual a N.

3. Estudo de caso

O presente artigo visa a aplicabilidade dos conceitos em teorias das filas no estudo das filas correspondentes ao sistema de bilheteria da estação de metrô da cidade de Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul. Inaugurada em 2014, a estação foi projetada com intuito de atender uma demanda futura, no qual de acordo com a empresa de Trens Urbano e Ônibus Urbano de Porto Alegre, TRENSURB (2015), possui na sua infraestrutura um mezanino e plataforma de embarque e desembarque tipo ilha central, com acesso por meio de prédios de apoio leste/oeste, possuindo cinco pontos comerciais, três elevadores, duas escadas rolantes e quatro escadas fixas. Além de possuir áreas para o setor administrativo, setor operacional, setor de comércio e serviços público.

A estação é controlada pela empresa TRENSURB, uma empresa de sociedade mista vinculada ao Ministério das Cidades e Governo Federal, que tem por acionistas a União (99,8558%), o estado do Rio Grande do Sul (RS) (0,1116%) e o município de Porto Alegre (0,0326%) (TRENSURB, 2015). O que torna o preço da passagem baixo devida o financiamento de quase cem por cento da União.

3.1 Metodologia

A partir dos dados obtidos com a empresa TRENSURB, foi realizado o diagnóstico detalhado da real situação da estação e poder prever mudanças de acordo com a necessidade da operação utilizando o software de simulação Arena.

3.1.1 Software Arena

O Arena é um ambiente gráfico integrado de simulação, não há necessidade de programar em nenhuma linguagem para que se consiga modelar e simular algum processo desejado pelo analista. O software foi desenvolvido pela empresa Rockwell Automation.

O software possui diversas versões, como a profissional, acadêmica e estudante e a versão utilizada para este estudo de caso é a versão estudante, que possui limitação na criação de entidades, não pode ser usada para fins comerciais e com o objetivo de ampliar o

conhecimento dos estudantes utilizando destes conhecimentos. Mais detalhes de ferramentas e funcionamento do Arena serão abordados no desenvolvimento do estudo.

3.1.2 Coleta de dados

A coleta de dados, realizada pela empresa TRENSURB, foi no dia 17 de setembro de 2014, em um período das 06:00 as 9:00. Então, para esse artigo, a fim de obter uma análise detalhada do horário que possui maior movimento na estação, foram pegos os dados do fluxo da hora pico, considerado das 6:45 as 7:45 da manhã.

3.2 Análise do cenário

De acordo com a Figura 2, possuímos a real situação do fluxo de entrada dos passageiros na estação. Onde temos duas bilheterias que operam de acordo com a situação do dia, 6 bloqueios de entradas, 6 bloqueios de saídas, sendo um para deficientes e também 4 bloqueios de saídas.



Figura 2: caracterização da situação atual

3.2.1 Movimentação de passageiros

Através da Tabela 1 podemos verificar a demanda de passageiros que passam pela estação na hora de maior movimento, considerada das 6:45 as 7:45 da manhã, na qual se verifica que o fluxo de passageiros que acessaram a estação nessa hora de pico, valor de 986, sendo que 107 passaram nos 5 minutos mais carregados.

Hora		SIM	TEU	TEU	SIM	SIM	SIM	SIM	
Início	Fim	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7	Total
06:45	06:50	6	8	5	13	16	21	3	72
06:50	06:55	11	3	4	10	13	21	0	62
06:55	07:00	11	7	7	10	13	22	1	71
07:00	07:05	16	10	7	16	24	34	0	107
07:05	07:10	18	5	5	12	16	24	1	81
07:10	07:15	14	8	9	19	17	23	1	91
07:15	07:20	4	7	7	20	20	26	1	85
07:20	07:25	13	7	8	15	22	25	0	90
07:25	07:30	16	5	10	17	16	22	0	86
07:30	07:35	11	9	6	13	14	25	0	78
07:35	07:40	11	6	4	20	22	24	0	87
07:40	07:45	10	6	5	18	14	22	1	76
Total		141	81	77	183	207	289	8	986
		14%	8%	8%	19%	21%	29%	1%	100%

Fonte: Adaptado Trensurb (2014)

Tabela 1 – Fluxo de passageiros na hora de maior movimento

A Tabela 1 mostra também que há diferentes fluxos para algumas catracas de entrada, isso se dá devido ao metrô possuir diferentes tipos de passagens que são usadas para entrar na estação, sendo nessa ocasião dividida pelo cartão SIM, que funciona integrado ao sistema de bilhetagem eletrônica de Porto Alegre, sendo que através deste bilhete é possível utilizar o metrô e ônibus da capital, e o cartão TEU, utilizado apenas para o uso do metrô. Suas porcentagens de utilização no metrô são de 86 e 14, respectivamente (TREN SURB, 2014).

4. Material e método

Com a entrada de pessoas fixada em 986 na hora pico, foi então analisada, a partir dos dados de fluxo de entrada por minuto a melhor distribuição que poderia ser representada. Foram, então, analisados com o auxílio da ferramenta *input analyser*, (analisador de dados de entrada) do software Arena. Que segundo Freitas Filho (2008, p.200) “[...] uma ferramenta independente da ferramenta de modelagem”, no qual o principal propósito é a “[...] identificação da distribuição teórica de probabilidades por meio de testes de aderência”.

Feita a análise inicial para os dados de taxas de chegadas por minuto dos passageiros, a melhor distribuição correspondente foi uma Normal, com expressão de 0.0618 e 0.00909. Já para os passageiros especiais a taxa de chegada considerada foi uma distribuição exponencial de 7.5 minutos, calculada a partir do número de chegadas em uma hora.

A simulação de todo o processo da estação foi realizado com o auxílio do software Arena. No qual sua estruturação esta representada na figura 2.

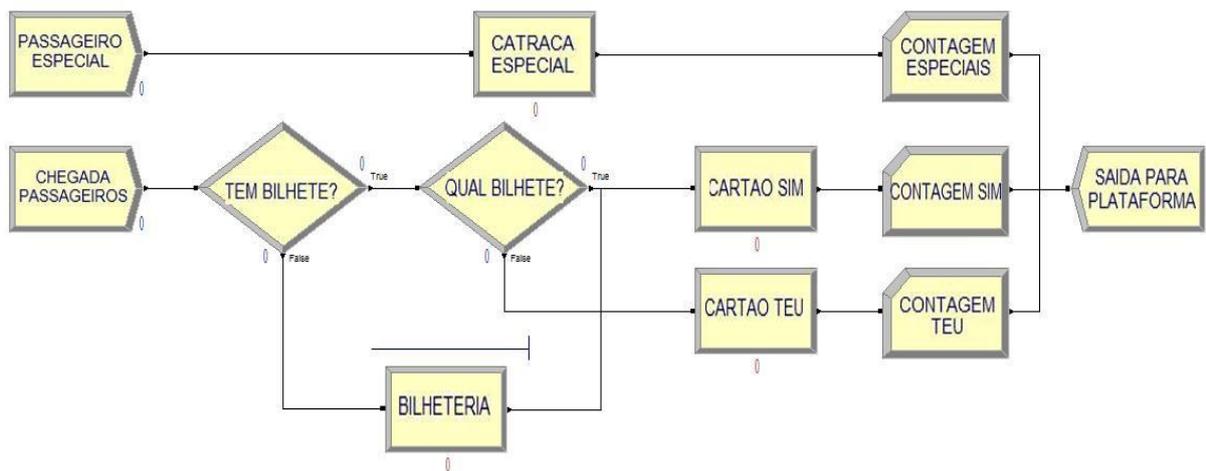


Figura 3: Fluxograma do processo desenvolvido no Arena

A partir disto serão feitas as análises de acordo com os relatórios publicados pelo software. Ao final da operação do modelo, com os devidos fatores considerados, obteve-se, seguido de diferentes cenários, a representação do sistema de atendimento e fluxo de pessoas da estação de metrô.

4.1 Estruturação do problema

A figura 2 representa como é o fluxo de passageiros na estação, no qual segue os seguintes passos:

- a) Os passageiros especiais, no qual podemos considerar pessoas portadoras de alguma necessidade especial, chegam à estação e passam direto para a plataforma, havendo apenas o seu lead time até chegar no destino.
- b) Já os outros passageiros que chegam, tem-se que alguns deles não possuem o bilhete que tem acesso a plataforma de embarque. Então, de acordo com os dados coletados, essa porcentagem de abstinência é de 39%, ou seja, dos 986 passageiros, 388 não possuem a passagem (TRENSURB, 2015).

Após esse processo de decisão os clientes que já possuem o bilhete escolhem qual o tipo de cartão, se o SIM ou TEU, para que tenham entrada para a plataforma de embarque.

4.1.1 Bilheteria

Quando os passageiros não possuem bilhete é necessária a compra do mesmo, então se vai em uma bilheteria. A estação de Novo Hamburgo possui duas bilheterias, que funcionam em termos de aplicação da teoria FIFO, no qual o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido, na forma de uma exponencial.

5. Resultados e discussões

Realizaram-se observações, simulações e comparações para o devido estudo das possíveis situações e cenários a ser considerada como eventual solução para o problema de filas nas bilheterias. Com isso, através dos relatórios do Arena, foi considerado três cenários.

No primeiro cenário consideramos uma bilheteria aberta. Então, conforme os dados obtidos, a média do tempo de atendimento dos passageiros foi de 8,27 segundos, apresentado por uma distribuição exponencial. A partir disso, obtemos seus relatórios, que serviram como para a operação, que são:

TEMPO MÉDIO NA FILA (s)	29,7833
TEMPO MÁXIMO NA FILA (min)	2,36
TAMANHO MÉDIO DAS FILAS	3,22 passageiros
Nº MÁXIMO DE PASSAGEIROS NA FILA	21 passageiros
TAXA DE UTILIZAÇÃO	82,68%
PASSAGEIROS ATENDIDOS	364 passageiros

Fonte: Adaptado Arena

Tabela 2: Relatório com uma bilheteria

Com os resultados obtidos na tabela 1, podemos ver um número expressivo de pessoas e o tempo máximo que foi esperado na fila nessa hora pico, 21 pessoas e 2.36 min, respectivamente. Fato que pode afetar o nível de serviço da estação, refletindo em uma diminuição gradativa dos clientes por questões preferenciais. Outra questão seria a taxa que a bilheteria esteve trabalhando, com um percentual de 82,68%. Essa porcentagem considera que o atendente quase não obteve descanso, o que pode provocar problemas de estresse excessivo, na qual a chance de dar algo errado na emissão do bilhete é maior.

Outro cenário a ser considerado seria a abertura de uma segunda bilheteria na hora pico. Que em relação a anterior apresentou um tempo médio de atendimento um valor de 11,51 segundos, esse aumento pode ser considerado devido a questão de não possuir muitas pessoas esperando na fila, no qual apresentou uma taxa de utilização de 58%, sendo assim, não há pressões psicológicas para obter mais agilidade nesse processo, no qual evita erros na emissão do bilhete. A tabela 3 a seguir mostra mais claramente os resultados obtidos da análise.

TEMPO MÉDIO NA FILA (s)	3,24
TEMPO MÁXIMO NA FILA (min)	34,664
TAMANHO MÉDIO DAS FILAS	0,3336 passageiros
Nº MÁXIMO DE PASSAGEIROS NA FILA	5 passageiros
TAXA DE UTILIZAÇÃO	58 %
PASSAGEIROS ATENDIDOS	368 passageiros

Fonte: Adaptado Arena

Tabela 3: Relatório com duas bilheterias

Com essa abertura, se vê um maior fluxo de pessoas que saíram no processo. Comparando com o cenário 1, na qual saíram para plataforma cerca de 968 passageiros, o cenário 2, teve como saída 10 pessoas a mais, fato que se dá pelo menor tempo nas filas da bilheteria, aumentando seu nível de serviço. Outro fato que comprova, são a diminuição no tempo médio da fila, de 3,24 segundos e o número máximo de passageiros na fila, cinco passageiros.

No último cenário se considerou três bilheterias abertas na hora em estudo. Como resultado obtido pelo software, percebe-se que todos os quesitos foram abaixados ainda mais, o que levou uma taxa elevada de ociosidade das bilheterias, no qual a taxa de utilização apresentou porcentagem de 41%. Não houve mudanças significativas em relação ao cenário 2. A tabela 4 mostra com mais clareza os dados obtidos.

TEMPO MÉDIO NA FILA (s)	0,334
TEMPO MÁXIMO NA FILA (min)	13,64
TAMANHO MÉDIO DAS FILAS	0,0348 passageiros
Nº MÁXIMO DE PASSAGEIROS NA FILA	3 passageiros
TAXA DE UTILIZAÇÃO	41 %
PASSAGEIROS ATENDIDOS	373 passageiros

Fonte: Adaptado Arena

Tabela 4: Relatório com três bilheterias do Arena

5.1 Sugestão

Observando-se os resultados obtidos verifica-se a necessidade de mudanças no sistema de bilheterias da estação na qual deve haver um equilíbrio entre os clientes e passageiros visando uma melhoria no sistema geral, que seria tanto em recursos humanos, como nível de serviço adequado.

Na hora pico, a abertura de uma segunda bilheteria seria ideal para o sistema, o que reduziria o tempo de espera, aumentando seu nível de serviço, possibilitando também a melhora no atendimento por meio dos funcionários e redução do tempo ocioso.

5.1.1 Infraestrutura

Segundo a TRENURB (2014), para haver uma melhora no acesso e atendimento, foram identificados alguns problemas que eventualmente deveriam ser solucionados, como:

- Dificuldade no acesso de Deficientes Visuais: Cones posicionados em cima do Piso Podotátil;
- Fila significativa na bilheteria;
- Dificuldade de entrada e saída da estação, por causa da fila da bilheteria;
- Dificuldade de visualização da bilheteria próxima aos bloqueios.

6. Considerações finais

Com os resultados obtidos, após a aplicação da Teoria das Filas junto à simulação no software Arena, puderam-se comparar os resultados apresentados pela empresa a partir do levantamento de dados reais, aos resultados simulados no estudo de caso. Tornando possível apresentar os conhecimentos adquiridos na teoria e a prática.

Constatou-se que a estação ferroviária de Novo Hamburgo da TRENURB, oferece um nível de serviço muito satisfatório aos usuários. Isso se dá, devido a ser uma estação nova em nível tecnológico, com elevadores, centro comercial, sistema com sete catracas de entrada, rampas de acesso, escadas, a fim de, tornar a acessibilidade do local de fácil acesso.

Através dos cenários propostos, o que torna o sistema operacional mais adequado foi a implementação das duas bilheterias na hora pico, visto que esse é o mais eficiente em termos de atendimento e operação.

Apesar dos resultados obtidos serem satisfatórios em relação a análise real feita pela TRENURB, um fato que não foi considerado no estudo foram o tempo de deslocamento das pessoas, visto que para esse diagnóstico foi considerado apenas a taxa de chegada dos passageiros e a média do tempo de atendimento nas bilheterias. Essa análise de deslocamento só é possível por meio de estudos mais avançados dentro da estação e também no uso de

outras ferramentas do software Arena, no qual foi usado o modelo mais simples para o desenvolvimento do problema.

Outro fato que torna os resultados bons é o alto investimento da estação e a ampliação da estrutura ferroviária como um todo. Analisando de forma qualitativa uma previsão de cenários, a tendência é aumentar a demanda atual.

Agradecimentos

Os autores agradecem a disponibilidade e apoio da TRENSURB na realização deste trabalho.

Referências

ANDRADE, E. L. *Introdução à Pesquisa Operacional - Métodos e Modelos para Análise de Decisões*. 4ª edição. LTC, 2009. VitalBook file.

BATISTA D. *Psicólogos explicam as atitudes das pessoas nas filas* <http://www.ucg.br/ucg/agencia/home/secao.asp?id_secao=2425>. Acesso em: 16 abr. 2016.

BORGES, RENATA MASSOLI et al. *Teoria das filas e da simulação aplicada ao embarque de minério de ferro e manganês no terminal marítimo de ponta da madeira*. XXX Encontro Nacional de Engenharia De Produção, São Carlos/SP, 2010.

BRASIL. Lei 12.587, de 03 de janeiro de 2012. Publicada no Diário Oficial da União em 04 de janeiro de 2012.

DAAMEN, W. *Modelling passenger flows in public transport facilities*. 2004. 377 f. Tese (Doutorado em engenharia civil) - Curso de Engenharia Civil, Delft University, Leidschendam, 2004.

FREITAS FILHO, P. J. *Introdução À Modelagem e Simulação de Sistemas: com Aplicações Arena*. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008. 372 p.

GUZZELLI, C. S. *Contribuição ao dimensionamento e à avaliação operacional de terminais urbanos de passageiros metroviários e ferroviários*. Dissertação de mestrado, USP, São Paulo, 2011.

HILLIER, F.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à Pesquisa Operacional*. 9ª Edição. AMGH, 2013. VitalBook file.

LEAL, J. E. *O uso da teoria das filas no acesso rodoviário aos terminais de contêiner*. 2012. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

MARINS, F. A. S. *Introdução à pesquisa operacional*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011. 1 v.

STONE A. *Why waiting is torture*. <http://www.nytimes.com/2012/08/19/opinion/sunday/why-waiting-in-line-is-torture.html?_r=3&>. Acesso em: 02 jun. 2016.

NOVO HAMBURGO. <<http://censo2010.ibge.gov.br/pt/>>. Acesso em: 22 nov.2015.

SZTRIK, J. *Basic queueing theory*. University of Debrecen, Faculty of Informatics, v. 193, 2012.

TAHA, H.A.; MARQUES, A. S.; SCARPEL, R. A. *Pesquisa operacional*. Pearson Education do Brasil, 2008.

TRENSURB. <<http://www.trensurb.gov.br>>. Acesso em: 23 nov. 2015.

TRENSURB. *Análise de Fluxos e Proposição de medidas: Estação Novo Hamburgo*. Novo Hamburgo. Nov. 2014. 20 slides. Apresentação de Power Point.