

**ANÁLISE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UMA  
INDÚSTRIA DE SINALIZAÇÃO VIÁRIA: UM ESTUDO DE CASO  
USANDO SIMULAÇÃO**  
**ANALYSIS OF THE PROCESS OF MANUFACTURING A ROAD SIGNALING  
INDUSTRY: A CASE STUDY USING SIMULATION**

Lucas Segateli Demarchi Dias <sup>1</sup>

José Airton Azevedo dos Santos <sup>2</sup>

Neron Alípio Cortes Berghauser <sup>3</sup>

**Resumo:** Atualmente, o ambiente globalizado e altamente competitivo impõe as empresas dois grandes desafios: a otimização dos recursos e a redução dos custos. Portanto, é de grande importância que as empresas busquem por melhorias constantes em seus processos de produção. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo utilizar técnicas de simulação computacional na análise do processo de fabricação de tachas em uma indústria de sinalização viária. Um modelo do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi implementado no software de simulação JaamSim, distribuído sob licença livre. Resultados de simulação demonstraram que a redução de um funcionário, no processo de produção, praticamente não altera o tempo de produção das tachas.

**Palavras-chave:** JaamSim. Simulação. Sinalização viária.

**Abstract:** Nowadays, the globalized and highly competitive environment imposes the companies two major challenges: the optimization of resources and the reduction of costs. Therefore, it is of great importance that companies seek constant improvements in their production processes. In this context, this work aims to use computational simulation techniques in the analysis of the manufacturing process of tacks in a road signaling industry. A dynamic, discrete and stochastic type model was implemented in the JaamSim simulation software, distributed under free license. Simulation results showed that the reduction of an employee in the production process practically does not change the time of production of the tacks.

**Keywords:** JaamSim. Simulation. Road signs.

---

<sup>1</sup> Engenheiro de Produção, UTFPR, lucasdias@alunos.utfpr.edu.br

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Elétrica, UTFPR, airton@utfpr.edu.br

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia de Produção, UTFPR, neronalipio@gmail.com

# 1 INTRODUÇÃO

A alta competitividade entre as empresas torna os processos industriais cada vez mais complexos. Na área de fabricação de dispositivos de sinalização, trabalha-se cada vez mais com entregas mais frequentes e tempos de produção mais reduzidos. Isto dificulta a tomada de decisão pelos gestores e o planejamento de melhorias nas empresas. Uma das técnicas que pode ajudar aos gestores na tomada de decisão é a simulação computacional, pois gera resultados e informações confiáveis (KELTON et al., 2014).

A simulação é uma ferramenta que modela um sistema real e seu comportamento em um ambiente virtual. É um recurso poderoso para engenheiros, designers e gerentes em um processo de tomada de decisão. Ao observar o modelo, o usuário pode estudar, analisar e avaliar o sistema real, uma vez que o modelo imita o comportamento do sistema ao longo do tempo. Tanto os sistemas de produção existentes quanto os futuros podem ser modelados. Um dos principais benefícios da simulação é a capacidade de estudar mudanças em um ambiente virtual sem ter que mudar o sistema real. Mudanças no sistema real podem ser caras e consumir muito tempo (PRADO, 2010; ALVES, et al., 2009).

A simulação busca a resolução de problemas usando conhecimentos de matemática, estatística e focando na análise de um processo a fim de formulá-lo em modelos que possibilitem realizar experimentação do processo e da tomada de decisão (BANKS, 2009; FREITAS FILHO, 2008).

Dentre os pacotes de simuladores pesquisados, para realizar a simulação do processo de produção, optou-se por utilizar o software JaamSim, por ser um software distribuído sob licença livre. O software JaamSim é um software de simulação de eventos discretos que é utilizado para planejar, projetar e melhorar sistemas de fabricação. Ele habilita o usuário a representar com precisão os processos do mundo real, incluindo sua variabilidade e interdependência, a fim de realizar análises preditivas sobre potenciais mudanças (KING, 2013).

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo analisar, por meio de técnicas de simulação discreta, o processo de fabricação de taxas em uma indústria de sinalização.

## 2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

### 2.1 Caracterização da pesquisa e da empresa

A pesquisa realizada neste trabalho foi classificada como (YIN, 2013):

Aplicada – porque tem como objetivo gerar conhecimentos para uma aplicação prática;

Quantitativa – porque utiliza modelagem para descrever o processo de produção de taxas;

Descritiva - porque no desenvolvimento do trabalho foram descritos os principais componentes do processo de produção e;

Pesquisa Operacional – porque utiliza procedimentos técnicos como modelagem e simulação.

A empresa em estudo localizada no estado de São Paulo, é especializada na produção de sinalização viária horizontal (tintas para asfaltos, tachas (Figura 1) e tachões). A empresa atua em todo mercado nacional e se enquadra como uma empresa de médio porte.

**Figura 1** – Taxas refletivas



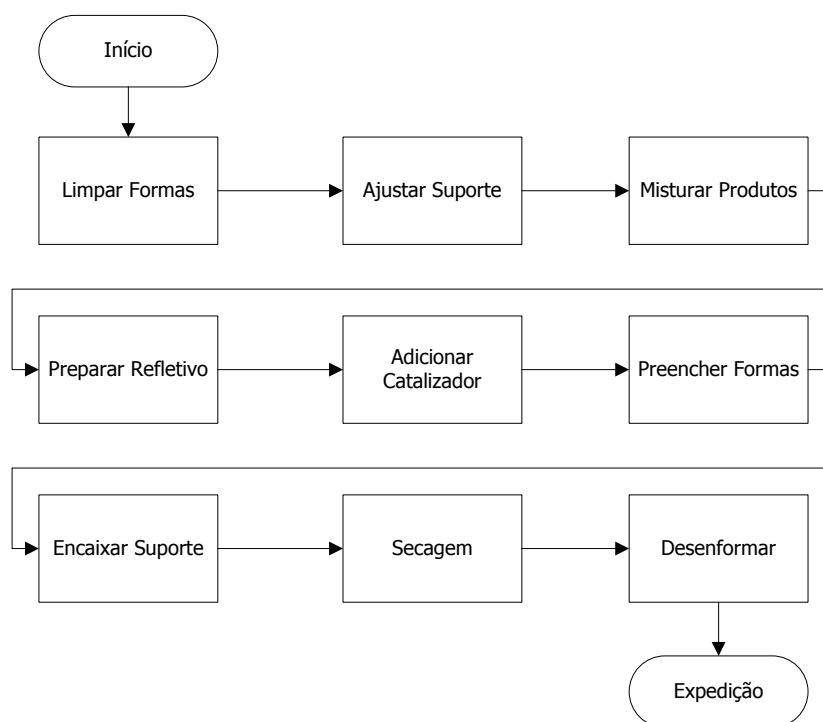
Fonte: TRÂNSITOLIVRE, 2018.

A tacha refletiva, objeto de fabricação deste estudo, produzida pela empresa, é um produto utilizado nas vias rodoviárias com o objetivo de instruir os motoristas em relação aos limites das vias, tem duas cores diferentes, uma de coloração amarela, que representa vias com dois sentidos opostos, outra de coloração branca representando as vias de sentido único.

## 2.2 Processo de produção de tachas

Na Figura 2 apresenta-se o fluxograma do processo de fabricação de tachas.

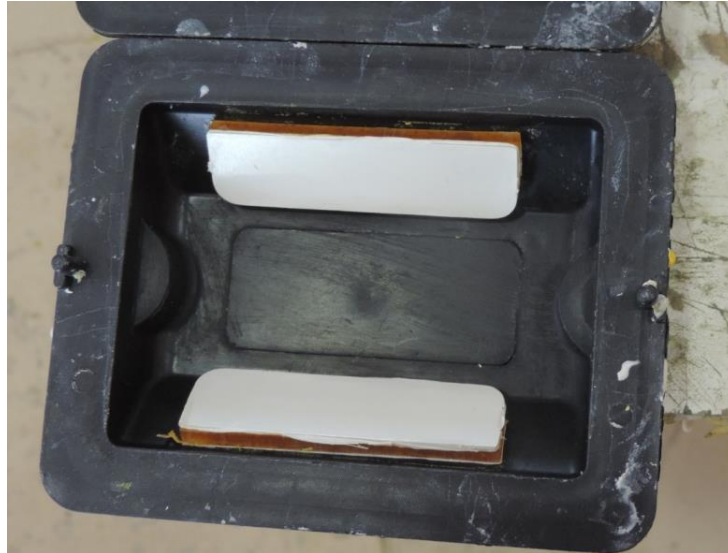
**Figura 2** – Fluxograma do processo de produção de tachas



O processo de produção de tachas começa com a limpeza das formas, onde são retirados todos os tipos de resíduos que tenham sobrado da produção passada. Em seguida, faz-se o ajuste do suporte de sustentação do parafuso. A terceira etapa é a mistura dos produtos, resina e pigmento por meio de uma betoneira, podendo ser tanto pigmentação branca quanto amarela, dependendo do pedido do cliente. A próxima etapa representa o

preparo dos refletivos, onde é retirada a película protetora e fixado na forma (Figura 3).

**Figura 3** – Forma com refletivos



Quando a forma está pronta para receber a mistura, é adicionado o catalizador, para endurecer a resina durante o processo de fabricação. Depois, as formas são preenchidas com a mistura (Figura 4).

**Figura 4** – Preenchimento das formas



Em seguida é posicionado o suporte do parafuso (Figura 5). Aguarda-se a mistura enrijecer (Secagem) e depois a forma e o suporte são retirados. Finalmente, as taxas são encaminhadas para a embalagem e na sequência para a expedição.

**Figura 5** – Colocação do suporte



### 2.3 Coleta dos dados

Esta etapa, parte fundamental em um processo de simulação, foi realizada com muita atenção, pois um insucesso nesta etapa compromete todo o trabalho. A coleta de dados foi realizada de forma direta por observação das atividades que compõem o processo de fabricação. No planejamento, da coleta de dados, concluiu-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis: *TS* – Tempo de secagem (30 minutos); *TB* – Tempo de betoneira (10 minutos); *TMS* – Tempo de mistura (1 minuto); *DMF* – Tempos para despejar massa nas formas; *LF* – Tempos de limpeza das formas; *PC* – Tempos para passar cera nas formas; *RL* – Tempos para retirar *layers*; *DT* – Tempos para desenformar as taxas; *PT* – Tempos para colocar parafusos nas travas e *RFA* – Tempos para retirar fitas e acabamentos.

## 2.4 Número de replicações

Neste trabalho, o número de replicações ( $n^*$ ) foi obtido através da Equação (1) (CHIFF; MEDINA, 2007, MARRÔCO, 2007):

$$n^* = n \times \left(\frac{h}{h^*}\right)^2 \quad (1)$$

Onde:  $n$ : número de replicações já realizadas;  $h$ : semi-intervalo de confiança já obtido e  $h^*$ : semi-intervalo de confiança desejado.

## 2.5 Tamanho das amostras

O tamanho de cada uma das amostras, cronometradas neste trabalho, foi obtida para um nível de confiança de 95%, através da Equação (2) (BAUMGARTNER et al., 2013):

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

Onde:  $n_A$ : número de indivíduos da amostra;  $Z_{\alpha/2}$ : valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;  $S$ : desvio padrão e  $E$ : erro máximo estimado.

## 2.6 Validação do modelo

No processo de validação são comparados os resultados reais aos simulados. Este processo será realizado através do cálculo do erro médio estimado (Equação 3) (SEABRA JÚNIOR et al., 2015; SARGENT, 2012):

$$SE = \sqrt{\frac{(SR-MD)^2}{GLR}} \quad (3)$$

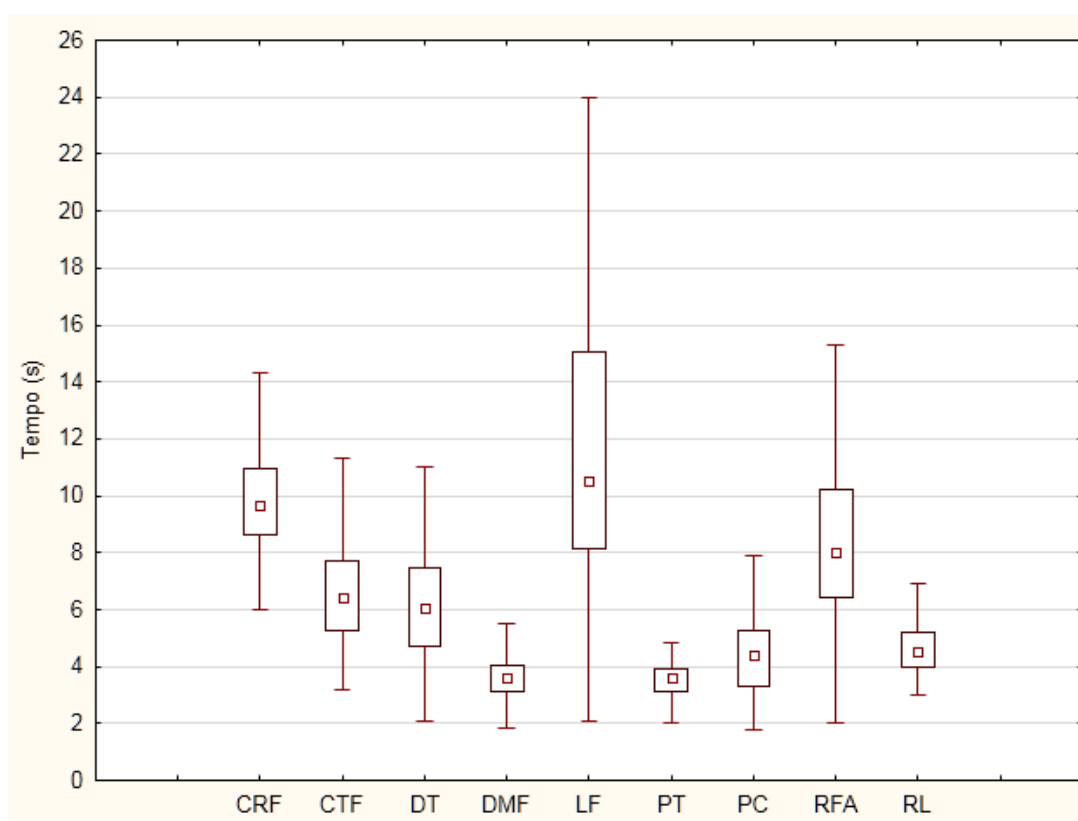
Onde:  $SE$  – erro médio estimado;  $SR$  – valor obtido a partir do sistema real;  $MD$  – média dos valores gerados pelo modelo e  $GLR$  – Gr

au de liberdade considerando o número de replicações do modelo.

### 3 RESULTADOS

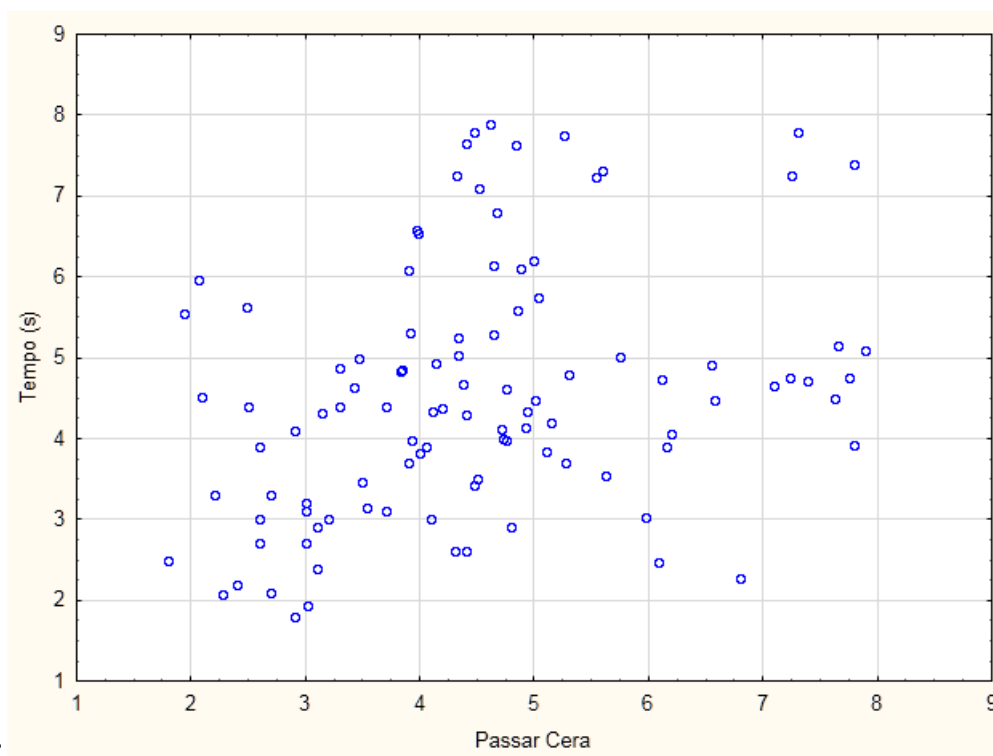
Inicialmente, para uma análise inicial das observações, os dados, coletados na empresa, foram plotados na forma de *boxplots* (Figura 6). Nesta análise inicial os *outliers*, considerados extremos, só são retirados das amostras após uma análise criteriosa de suas causas.

**Figura 6** – *Boxplots* das variáveis sem *outliers*



Na sequência realizou-se a análise da correlação entre os dados para todas as variáveis coletadas na empresa. Na Figura 7 apresenta-se, como exemplo, o gráfico de dispersão da variável *PC* (*Tempos para Passar Cera*). Nessa figura pode-se observar que não há correlação entre as observações da amostra.

**Figura 7** – Gráfico de dispersão –  $PC(x_i) \times PC(x_{i+1})$



No passo seguinte, identificaram-se as distribuições de probabilidades que melhor representaram as variáveis obtidas no processo de produção de tachas (Tabela 1).

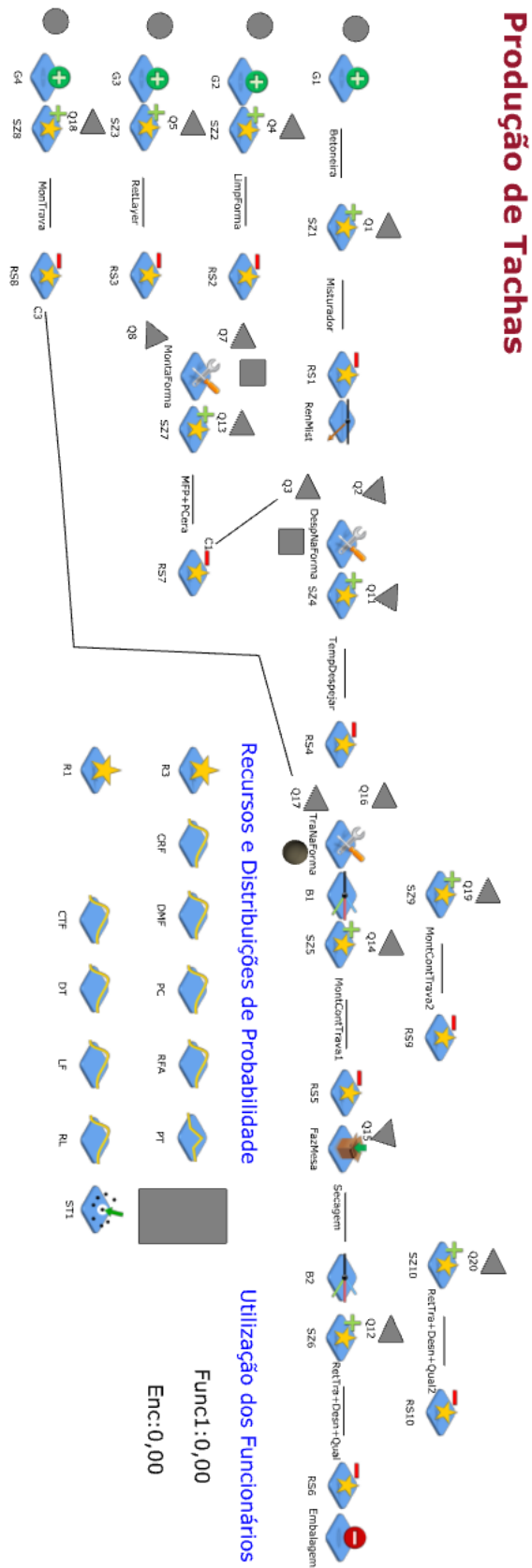
**Tabela 1** – Distribuições de probabilidades

<b>Item</b>	<b>Distribuição (s)</b>
<i>CRF</i>	6+GAMMA(3.95,5.32)
<i>CTF</i>	3+WEIBULL(4.1,2)
<i>DT</i>	2+WEIBULL(4.8,2.42)
<i>DMF</i>	1+GAMMA(2.64,11.2)
<i>LF</i>	2+WEIBULL(10.4,1.8)
<i>PT</i>	TRIA(2,3.71,4.99)
<i>PC</i>	1+GAMMA(3.95,5.32)
<i>RFA</i>	2+GAMMA(6.41,5.66)
<i>RL</i>	3+WEIBULL(1.26,2.13)

### 3.1 Validação do modelo

Para validação do modelo (Figura 8) realizou-se uma comparação entre o tempo de produção de 300 tachas obtido no sistema real com o tempo gerado pelo modelo computacional (Tabela 2).

Figura 8 – Modelo computacional - JaamSim



**Tabela 2** – Dados do sistema real e do modelo

Tempo de Produção das Tachas (h)		
Sistema Real	Modelo Computacional	SE
4	3,4	0,15

Por meio dos resultados apresentados na Tabela 2, conclui-se que o modelo, implementado neste trabalho, apresenta uma boa aproximação com o sistema real.

### 2.3 Simulação

Para realizar a análise, do sistema de produção de tachas, propõem-se dois cenários com o objetivo de observar a resposta do sistema a partir de alterações no número de funcionários do processo. Os indicadores de desempenho utilizados para análise são: a porcentagem de utilização dos funcionários e o tempo de produção de 300 tachas.

Cenário 1- 1 Encarregado e 2 Funcionários (Cenário Atual).

Cenário 2- 1 Encarregado e 1 Funcionário.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos de simulação para os dois cenários.

**Tabela 3** – Resultados de simulação dos cenários 1 e 2

Cenários	Utilização			Tempo de Produção
	Encarregado	Funcionário 1	Funcionário 2	
1	57,06%	28,95%	49,97%	3,4h
2	55,85%	77,40%	-	3,43h

Observa-se, dos resultados apresentados na Tabela 3, que para as condições simuladas neste trabalho, a redução de um funcionário praticamente não acarreta aumento no tempo de produção das 300 tachas. Porém, a um aumento na porcentagem de utilização do Funcionário 1. Contudo, esse aumento está dentro das condições de utilização adotada pela empresa que é de 85%.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentou-se a metodologia utilizada na implementação do modelo computacional usado para simular o processo de produção de taxas de sinalização em uma empresa localizada no estado de São Paulo.

O modelo de simulação desenvolvido respondeu aos objetivos estabelecidos, gerando resultados que possibilitaram a possível redução de um funcionário do processo de produção de taxas de sinalização, ou a realocação do mesmo. Deste modo, a simulação satisfaz as expectativas, sendo considerada uma boa técnica para tratar de problemas referentes ao processo de produção de taxas de sinalização, tendo como vantagem visualizar o comportamento das atividades relacionadas ao setor com um baixo custo envolvido, tudo com base estatística, opção no qual o software proporciona.

Desse modo, pode-se concluir que a aplicação da técnica de simulação computacional gerou um conhecimento adicional à cerca do processo para todos os envolvidos e possibilitou, também, a identificação de oportunidades de melhorar o processo de produção de taxas da empresa em estudo.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR14636**: sinalização viária horizontal – taxas refletivas viárias - requisitos. Rio de Janeiro, 2013.
- ALVES, R.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P. Aplicação dos princípios da teoria das restrições e de técnicas de simulação na gestão da dinâmica operacional de um pequeno restaurante: um estudo de caso. **Revista Espacios**, v. 35, p. 21, 2014.
- BANKS, J. **Discrete event system simulation**. New Jersey: Prentice Hall, 2009.
- BAUMGARTNER, D.; CAVALLI, D.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P. 2013. Modelagem, simulação e otimização da dinâmica operacional do processo de embalagem e paletização de sachês de refresco em pó: um estudo de caso. **Revista Espacios**, v. 34, p. 10, 2013.

- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações**. São Paulo: Brazilian Books, 2007.
- FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. Florianópolis: Visual Books, 2008.
- GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- KELTON, W. D.; SADOWSKI, R.; ZUPICK, N. **Simulation with arena**. New York: McGraw-Hill, 2014.
- KING, D. H. Open source simulation software 'JAASIM'. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**. Washington – DC, 2013.
- MARRÔCO, J. **Análise estatística de dados – com utilização do SPSS**. Lisboa: Sílabo, 2007.
- PRADO, D. **Usando o ARENA em simulação**. v.3, 4ed. Nova Lima: INDG - Tecnologia e Serviços LTDA, 2010.
- SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. **Journal of Simulation**, v. 7, p. 12-24, 2012.
- SEABRA JÚNIOR, E.; NEGRÃO, D. SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT C. A. P. Aplicação de simulação, planejamento de experimentos e otimização na gestão da dinâmica operacional de uma unidade básica de saúde. **Revista Espacios**, v. 36, p. 11, 2015.
- TRÂNSITOLIVRE Sinalização Viária. <http://www.transitolivresinalizacao.com.br/sinalizacao-horizontal.html>. Acesso em: 15 maio de 2018.
- YIN, R. K. **Case study research, design and methods (applied social research methods)**. New York: SAGE Publications, 2013.

**Enviado em:** 17 jan. 2018

**Aceito em:** 17 mai. 2018

**Editor responsável:** Mateus das Neves Gomes