

# A Engenharia de Produção na Contemporaneidade

Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2018

Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)

# A Engenharia de Produção na Contemporaneidade

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

M149 e Machado, Marcos William Kaspchak  
A engenharia de produção na contemporaneidade [recurso eletrônico] / Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (A Engenharia de Produção na Contemporaneidade; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-99-4

DOI 10.22533/at.ed.994180912

1. Engenharia de produção. I. Título.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*A Engenharia de Produção na Contemporaneidade*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume I apresenta, em seus 30 capítulos, os novos conhecimentos para a engenharia de produção nas áreas de gestão de processos produtivos, manutenção e simulação.

As áreas temáticas de gestão de processos produtivos, manutenção e simulação, tratam de temas relevantes para otimização dos recursos organizacionais. A constante mutação neste cenário torna necessária a inovação na forma de pensar e fazer gestão, planejar e controlar as organizações, para que estas tornem-se agentes de desenvolvimento técnico-científico, econômico e social.

A crescente aplicação tecnológica e inovação nos sistemas produtivos evidencia a necessidade de processos de gestão. Muitos destes processos dependem de simulações para reduzir custos de implantação e aumento do nível de precisão, auxiliando na gestão da manutenção e conseqüente aumento de eficiência e produtividade.

Este volume dedicado à gestão de processos produtivos, manutenção e simulação traz artigos que tratam de temas emergentes sobre o planejamento e controle de produção, gestão de processos, mapeamento do fluxo de valor, layout e logística empresarial, gestão da manutenção e simulação aplicada aos sistemas produtivos.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de conhecimentos e inovações, e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

## SUMÁRIO

### GESTÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS, MANUTENÇÃO E SIMULAÇÃO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DE TEMPOS E MOVIMENTOS APLICADOS NA PRODUÇÃO DE BOLOS EM UMA CONFEITARIA NO MUNICÍPIO DE CASTANHAL/PA	
<i>Elida Roberta Carvalho Xavier</i>	
<i>Fernanda Quitéria Arraes Pimentel</i>	
<i>Larissa dos Santos Souza</i>	
<i>Marcelo Silva de Oliveira Filho</i>	
<i>Ramon Medeiros de Souza</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9941809121</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>16</b>
ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE CARRINHOS DE SUPERMERCADO	
<i>Ana Luiza Lima de Souza</i>	
<i>Andreia Macedo Gomes</i>	
<i>Dyego de Queiroz Brum</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9941809122</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>31</b>
AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS EM UMA EMPRESA DE SEMI JOIAS DE CURITIBA	
<i>Leonardo Ferreira Barth</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9941809123</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>47</b>
A APLICABILIDADE DA FERRAMENTA DE MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE MÓVEIS PLANEJADOS NA CIDADE DE CUIABÁ - MT	
<i>Danilo André Aguiar Barreto</i>	
<i>Fernando Guilbert Pinheiro Borges</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9941809124</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>60</b>
APLICAÇÃO DA FERRAMENTA MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR EM UMA CÉLULA DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DO RAMO PLÁSTICO	
<i>Micael Piazza</i>	
<i>Ivandro Cecconello</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9941809125</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>75</b>
ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO ATRAVÉS DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE FABRICAÇÃO DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO EM ALUMÍNIO	
<i>Carla Luiza Costa Lima</i>	
<i>Amanda Caecilie Thon De Melo</i>	
<i>Tarek Ferraj</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9941809126</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 85**

ANÁLISE DOS DESPÉRDÍCIOS EXISTENTES E DO RESPECTIVO CONTROLE VIA MRP NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS DIRECIONADOS PARA RECÉM-NASCIDOS E LACTENTES EM AMBIENTE RESIDENCIAL

*Eduardo Braga Costa Santos*

*Denise Dantas Muniz*

**DOI 10.22533/at.ed.9941809127**

**CAPÍTULO 8 ..... 96**

PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE PRODUTOS PARA BELEZA

*João Lucas Ferreira dos Santos*

*Jessycka Brandão Santana*

*Afonso José Lemos*

*Rony Peterson da Rocha*

**DOI 10.22533/at.ed.9941809128**

**CAPÍTULO 9 ..... 109**

GESTÃO DE SERVIÇOS POR MEIO DO USO DE TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO: APLICAÇÕES NOS SETORES DE SAÚDE, CONSTRUÇÃO CIVIL E ALIMENTÍCIO

*Lucas Guedes De Oliveira*

*Paulo Henrique da Silva Campos*

*André Xavier Martins*

*John Anthony do Amaral Oliveira*

*Anderson Paulo Paiva*

**DOI 10.22533/at.ed.9941809129**

**CAPÍTULO 10 ..... 126**

PARAMETRIZAÇÃO DO MRP E IMPLANTAÇÃO DE TEMPO DE SEGURANÇA NO SETOR DE PROGRAMAÇÃO DE MATERIAIS EM UMA EMPRESA MULTINACIONAL DO SETOR AERONÁUTICO

*Ferdinand van Run*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091210**

**CAPÍTULO 11 ..... 137**

VALUE STREAM MAPPING (VSM); COMO ENXERGAR AS PERDAS NOS PROCESSOS PRODUTIVOS PARA EFICÁCIA DA MELHORIA CONTINUA

*Alexandro Gilberto da Silva*

*Eduardo Gonçalves Magnani*

*Geraldo Magela Pereira Silva*

*Nelson Ferreira Filho*

*Ricardo Antônio Pereira da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091211**

**CAPÍTULO 12 ..... 152**

ANÁLISE DA CAPACIDADE PRODUTIVA DOS EQUIPAMENTOS ATRAVÉS DO INDICADOR OEE EM UM SETOR DE SALGADINHO DE UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

*Carina Lemos Piton*

*Aline Ramos Duarte*

*José Alfredo Zoccoli Filho*

*Marcos Cesar da Silva Almeida*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091212**

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>161</b>
AUMENTO DA PRODUTIVIDADE NO SETOR DE TRATAMENTO TÉRMICO ATRAVÉS DA METODOLOGIA KAIZEN	
<i>John Anthony do Amaral Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091213</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>173</b>
REDUÇÃO DO CICLO DE MONTAGEM DE SUBSISTEMAS EM UMA INDÚSTRIA AERONÁUTICA ATRAVÉS DA METODOLOGIA KAIZEN	
<i>John Anthony do Amaral Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091214</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>185</b>
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED) PARA A REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP EM UMA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA	
<i>Juan Pablo Silva Moreira</i>	
<i>Jaqueline Luisa Silva</i>	
<i>Janaína Aparecida Pereira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091215</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>200</b>
ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DO <i>LEAN MANUFACTURING</i> EM EMPRESA DE PEQUENO PORTE	
<i>Tatiana Raposo de Paiva Cury</i>	
<i>Francine Pamponet Pereira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091216</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>215</b>
ABORDAGEM PRÁTICA DO <i>LEAN</i> E METODOLOGIA SEIS SIGMAS PARA REDUÇÃO DO ÍNDICE DE FALHAS FALSAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE MONTAGEM TVS/LCD	
<i>Raimundo Nonato Alves da Silva</i>	
<i>Ghislaine Raposo Bacelar</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091217</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>236</b>
IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA “ <i>LEAN</i> ” NOS SETORES DE SERVIÇOS GERAIS DE UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO	
<i>José Luiz da Silva Perna</i>	
<i>Fernando Toledo Ferraz</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091218</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>249</b>
APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA	
<i>John Anthony do Amaral Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091219</b>	

**CAPÍTULO 20 ..... 263**

APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES PARA A MELHORIA CONTÍNUA DE UM PROCESSO PRODUTIVO: UM ESTUDO APLICADO A UMA EMPRESA DE EXTRAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA MINERAL

*Cryslaine Cinthia Carvalho Nascimento*

*João Victor Nunes Lopes*

*Paulo Ricardo Fernandes de Lima*

*Sonagno de Paiva Oliveira*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091220**

**CAPÍTULO 21 ..... 278**

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES NA LINHA DE MANUFATURA DE UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS BÉLICOS

*Matheus Prado*

*Fabrcio Alves de Almeida*

*Bruno Monti Nardini*

*José Henrique de Freitas Gomes*

*Thiago Prado*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091221**

**CAPÍTULO 22 ..... 292**

APLICAÇÃO DOS CINCO PASSOS DA MELHORIA CONTÍNUA DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC): O CASO DE UMA INDÚSTRIA DE CAL

*Fábio Pregararo*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091222**

**CAPÍTULO 23 ..... 306**

PROPOSTA DE UM NOVO MODELO DE ARRANJO FÍSICO PARA UMA COZINHA EXPERIMENTAL A PARTIR DO PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DO LAYOUT – SLP (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING)

*Aylla Roberta Victor Ferreira da Silva*

*Ana Carolina do Nascimento Gomes*

*Elga Batista da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091223**

**CAPÍTULO 24 ..... 318**

AMAZÔNIA LEGAL E OS DESAFIOS LOGÍSTICOS: ESTUDO LONGITUDINAL DE CASO EM UMA AGROINDÚSTRIA

*Rodrigo Ribeiro de Oliveira*

*Fernando Nascimento Zatta*

*Lirio Pedro Both*

*Jair Pereira Rosa*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091224**

**CAPÍTULO 25 ..... 330**

ATIVIDADES LOGÍSTICAS: ESTUDO DE CASO EM UMA TRANSPORTADORA LOCALIZADA NA REGIÃO CENTROOESTE DO PARANÁ

*Nayara Caroline da Silva Block*

*Pedro Henrique Barros Negrão*

*Andressa Maria Corrêa*

*Camila Maria Uller*

*Tainara Rigotti de Castro*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091225**

<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>342</b>
PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO	
<i>Renan Barbosa de Assis</i>	
<i>Josevaldo dos Santos Feitoza</i>	
<i>Bento Francisco dos Santos Júnior</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091226</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>359</b>
IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA TPM EM MÁQUINA DE PRODUÇÃO DE PAPEL	
<i>Wagner Costa Botelho</i>	
<i>Luis Fernando Quintino</i>	
<i>Cesar Augusto Della Piazza</i>	
<i>Diego Rodrigues Xavier</i>	
<i>Rafael Dantas de Carvalho</i>	
<i>Raphael da Mota Povo</i>	
<i>Wesley Barbosa de Oliveira</i>	
<i>Alexandre Acácio de Andrade</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091227</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>369</b>
SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA PIZZARIA	
<i>Isabela Fernandes de Oliveira</i>	
<i>Julia Camila Melo Magalhães</i>	
<i>Marcelo dos Santos Magalhães</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091228</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>381</b>
SIMULAÇÃO NUMÉRICA PARA MINIMIZAR DEFEITOS NO PROCESSO DE FUNDIÇÃO DOS METAIS	
<i>Valcir Marques de Menezes</i>	
<i>Sirnei Cesár Kach</i>	
<i>Joici Cristiani de Souza</i>	
<i>Rafael Luciano Dalcin</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091229</b>	
<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>392</b>
O USO DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO ARENA PARA ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA EMPRESA DE BLOCOS PRÉ-MOLDADOS.	
<i>Edson Tetsuo Kogachi</i>	
<i>Allan José Gonçalves Dias</i>	
<i>Henrique Leão Barbosa</i>	
<i>Luana Regina Gonçalves dos Santos</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091230</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>402</b>

## ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES NA LINHA DE MANUFATURA DE UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS BÉLICOS

### **Matheus Prado**

FEPI - Centro Universitário de Itajubá  
Itajubá – Minas Gerais

### **Fabício Alves de Almeida**

Universidade Federal de Itajubá, Instituto de  
Engenharia de Produção e Gestão  
Itajubá – Minas Gerais

### **Bruno Monti Nardini**

Universidade Federal de Itajubá, Instituto de  
Engenharia de Produção e Gestão  
Itajubá – Minas Gerais

### **José Henrique de Freitas Gomes**

Universidade Federal de Itajubá, Instituto de  
Engenharia de Produção e Gestão  
Itajubá – Minas Gerais

### **Thiago Prado**

FEPI - Centro Universitário de Itajubá  
Itajubá – Minas Gerais

**RESUMO:** Esse estudo busca mostrar como a Teoria das Restrições auxilia no aumento da produtividade, uma vez que a mesma é utilizada para a análise e soluções de problemas encontrados no meio fabril, utilizando cinco passos básicos. Esta teoria serve também como guia para realizações de kaizens e propostas de melhorias focadas nas causas raízes dos problemas encontrados, ou seja, otimização nos gargalos de produção. A fim de atender a demanda do mercado, aumentar

a sua produtividade, reduzir custos e eliminar a ociosidade do operador, fazendo com que empresa seja mais competitiva no mercado mundial. Notou-se que no estudo de caso, a utilização da metodologia ToC (Theory of Constraints) serviu para identificar e eliminar as restrições na linha de manufatura, com isto a empresa pode atender a sua demanda.

**PALAVRAS-CHAVE:** Teoria das Restrições; Kaizen; Gargalo; Indústria Bélica.

**ABSTRACT:** This study aims to show how the Theory of Constraints helps to increase productivity, since it is used for the analysis and solutions of problems found in the manufacturing environment, using five basic steps. This theory also serves as a guide to kaizens achievements and improvement proposals focused on the root causes of the problems encountered, that is, optimization of production bottlenecks. In order to meet market demand, increase its productivity, reduce costs and eliminate operator idleness, making the company more competitive in the world market. It was noted that in the case study, the use of the Theory of Constraints methodology served to identify and eliminate constraints in the manufacturing line, so the company can meet its demand.

**PALAVRAS-CHAVE:** Theory of Constraints; Kaizen; production bottlenecks; War Industry.

## 1 | INTRODUÇÃO

A procura continua por melhoria e faturamento induzem as indústrias buscarem, de maneira contínua, diminuir seus desperdícios com retrabalho, refugo, tempos longos de processamento, estoques em processo, dentre outros (ANTUNES *et al.*, 2008).

Slack *et al.* (2009) afirma que, para consolidar a indústria, é necessário superar seus concorrentes com produtos e/ou serviços melhores, mais diversificados, com entrega eficiente, qualidade garantida e com um custo reduzido, em relação aos seus concorrentes.

As indústrias fazem uso de certas estratégias ou metodologias para análise e soluções de problemas. Dentre algumas destas, destaca-se a Teoria das Restrições (ToC - Theory of Constraints), sendo uma metodologia que visa identificar e melhorar as deficiências das organizações, a fim de alavancar o ganho operacional da empresa, tornando-a mais competitiva no mercado no qual está inserida (GOLDRATT e COX, 2002).

Foi identificada uma oportunidade de melhoria em uma das etapas do processo de usinagem da indústria brasileira de produtos bélicos, situada no sul de Minas Gerais, sendo possível realizar a aplicação da metodologia da *ToC*. Portanto, este artigo tem como objetivo analisar a aplicação da *ToC* juntamente à melhoria contínua para redução de perdas no processo produtivo de uma peça, que restringia a produção de um item produzido nesta empresa.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Teoria das Restrições (*ToC*)

Sendo, inicialmente, utilizado para resolver problemas relacionados ao planejamento como altos níveis de estoques, má programação de produção etc, a Teoria das Restrições, criada por Elyahu M. Goldratt, é utilizada atualmente em diversos setores da organização, como produção, qualidade ou em qualquer setor que haja uma restrição (GOLDRATT e COX, 2002).

Neto, Vilela e Silva (2012) e Goldratt e Cox (2002), afirmam que, para a implantação desta metodologia, deve-se seguir cinco passos, sendo eles:

1. Identificar os gargalos: examinar o sistema e apontar qual área do do mesmo está restringindo a empresa de atingir seus objetivos.
2. Explorar as restrições: esta etapa consiste em intensificar a utilização das restrições do sistema.
3. Subordinar: nesta parte, faz-se a escolha da estratégia que melhor se adapta a melhoria do gargalo, de acordo com o passo anterior. Conseqüentemente, todas as demais ações do sistema passam a ser “segundo plano”, em

relação à restrição encontrada no primeiro passo.

4. Elevar o gargalo: ocorre o empenho de todos a fim de aumentar a quantidade de produção da restrição.
5. Toda vez que um gargalo for eliminado e aparecer uma nova restrição, deverá iniciar um novo ciclo. Para Pergher, Rodrigues e Lacerda (2011), se a capacidade da restrição for elevada (passo 4), deve-se voltar ao primeiro passo repetindo o ciclo, caso contrário, deve-se elevar a capacidade da restrição em questão.

Segundo Moellmann *et al.*(2006) restrição, neste contexto, significa tudo o que dificulta, de alguma maneira, que a indústria não consiga atingir seu objetivo. Estas restrições têm duas formas: físico ou de ordem gerencial. A forma física está relacionada a equipamentos, pessoas, layouts entre outros. Já a de ordem gerencial está ligada a procedimentos, políticas ou normas.

De acordo com Pacheco (2010), a *ToC* busca minimizar o custo, reduzir inventário, trabalhar com lotes de produção menores, aumentar a capacidade instalada do seu gargalo, priorizar a qualidade, a fim de aumentar seus lucros através desta gestão.

Sikilero, Rodrigues e Lacerda (2008) afirmam que a Teoria das Restrições consiste numa estratégia de análise e identificação de problemas, onde suas causas raízes são atacadas.

## 2.2 Kaizen

O termo *Kaizen* é uma expressão de origem japonesa, criado pelo engenheiro Taichi Ohno na Toyota que significa, MUDE (*Kai*) e BEM (*Zen*), ou seja, mude para melhor. Tal metodologia pode ser definida como melhoria contínua, que serve para a busca constante de otimizações para o meio produtivo, sem alterar a qualidade do produto ou serviço e conta com o envolvimento de todos da corporação (IMAI, 1994). Reno *et al.* (2010) complementam dizendo que a aplicação do *Kaizen* apresenta resultados financeiros a longo prazo, no entanto, após a conscientização da essência desta filosofia, as melhorias serão constantes.

Segundo Costa (2007), não se deve focar no quanto foi melhorado, e sim o momento que ocorreu. O importante é melhorar todos os dias e a todo o momento pode-se melhorar algo, a fim de reduzir custos e otimizar os processos.

## 2.3 Arranjo físico

O *Layout* é o arranjo dos variados setores de trabalho nos espaços que a empresa tem disponível, preocupando-se com a melhor maneira de adaptar máquinas, pessoas, recursos e equipamentos (CURY, 2000). Existem quatro tipos básicos de *layout*: posicional, por processo, celular e por produto. Para a seleção do arranjo físico ideal, alguns fatores devem ser levados em consideração, como o fator material, homem, máquina e a locomoção (SLACK *et al.*, 2009).

A escolha do layout ideal para o meio de produção é o que determina o

desempenho e a eficiência do fluxo. (CORRÊIA E CORRÊIA, 2006, p.408).

## 2.4 Ritmo de produção

Utilizado para projetar e medir a cadência de produção, o *takt time* busca determinar o tempo disponível que o processo possui (LIKER E MEIER, 2007). O ritmo de produção pode ser definido como sendo a divisão do tempo diário de produção pelo número de produtos acabados solicitados pelo cliente (OHNO, 1996).

Rother e Harris (2002) completam afirmando que o ritmo de produção é uma forma de fornecer cadência ao sistema de produção, alinhando a demanda do processo. Este tempo é determinado pela seguinte equação descrita na seguinte Equação:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo disponível por período}}{\text{Demanda Prevista por período}} = \text{Minutos} / \text{Peça}$$

Equação 1 – Equação do *Takt Time*

A função do *takt time* é permitir aos implementadores verificar se o tempo de ciclo de cada operação atende ou não a demanda no final do mês (ALVAREZ e ANTUNES, 2001).

## 3 | MÉTODO DE PESQUISA

Este artigo classifica-se como sendo de natureza aplicada, uma vez que se caracteriza em uma aplicação prática, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados imediatamente na solução de problemas que ocorrem na realidade. Com relação aos seus objetivos, o mesmo se classifica como exploratória, no qual visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vista a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Sua abordagem é qualitativa e o método de pesquisa é denominado estudo de caso.

O objetivo do estudo de caso é aprofundar o conhecimento de um determinado problema buscando compreender, analisar e sugerir hipóteses através de perguntas relevantes da situação atual do problema proposto (MATTAR, 1996).

Berto e Nakano (2000) afirmam que o método estudo de caso é muito utilizado para o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa. De acordo com Miguel (2012), no ramo de engenharia de produção e gestão das operações no Brasil e nos demais países, as relações sobre as abordagens metodológicas abordadas nas pesquisas para a elaboração de trabalhos acadêmicos, destacam-se o estudo de caso.

### 3.1 Aplicação do Método

Este estudo de caso tem como finalidade demonstrar a aplicação da *ToC*. O artigo foi realizado em um arranjo físico linear, em uma segmentação da linha produtiva bélica, de uma determinada peça fabricada pela empresa, onde as máquinas gargalos

se encontravam. Assim, o desenvolvimento do estudo de caso seguiu-se o fluxograma abaixo:

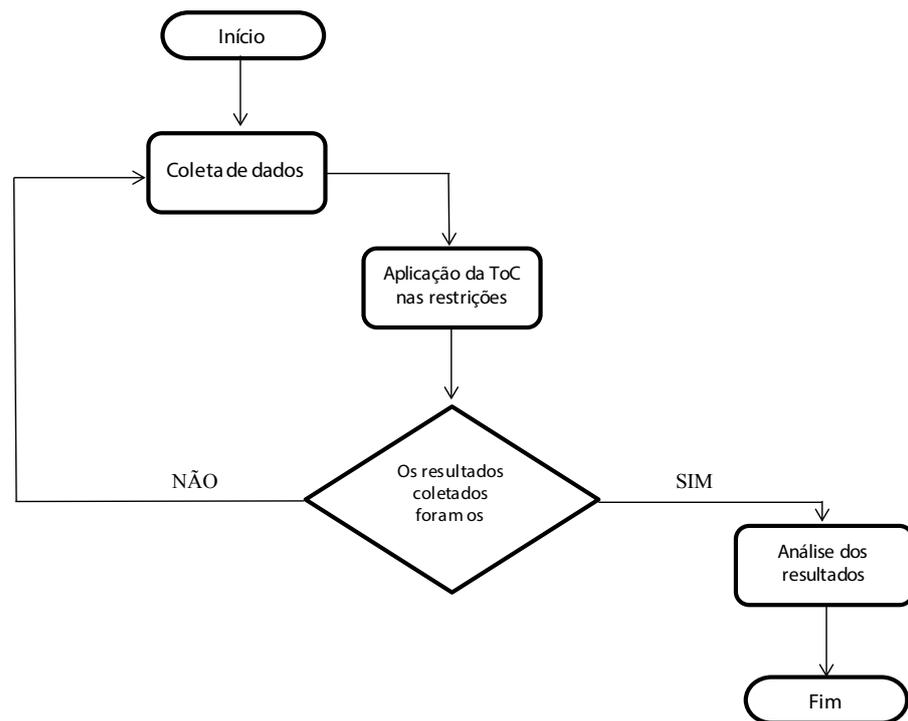


Figura 1 – Fluxograma do desenvolvimento do estudo de caso

A análise da aplicação da *ToC* na linha produtiva da empresa, descreve-se da seguinte maneira: Baseado nos tempos de produção do sistema da empresa e no *takt time* pode ser esquematizado, em forma gráfica, a relação entre os postos de trabalho, os tempos de processamento e ainda o ritmo de produção que cada posto tinha que seguir no cenário atual. Em seguida, optou-se por utilizar a metodologia da teoria das restrições.

### 3.2 Desenvolvimento

Ao começar o estudo, buscou-se inicialmente um embasamento de dados, em seguida, definiu-se então que seria retirado o tempo de produção do sistema utilizado da empresa, *EMS (Enterprise Management System)*. Com os dados foi possível simular em um gráfico sua capacidade, utilizando o *takt time* para localizar operação gargalo em relação à demanda mensal do produto. O ritmo de produção calculado para linha produtiva é demonstrado na tabela abaixo, sendo um tempo *takt* para atingir a demanda mensal e o outro, para a meta imposta pela equipe.

Setor	SEUS I	Demanda	Takt Time
Produto - peça	Tempo disponível (Min)	(PC)	(Min/PC)
Peça em Questão (meta/mês)	468	1600	5.9
Peça em Questão (meta/eq.)	468	2000	4.7

Tabela 1 – Ritmo de produção da peça

A Figura 2 demonstra a capacidade de produção da organização antes da metodologia.

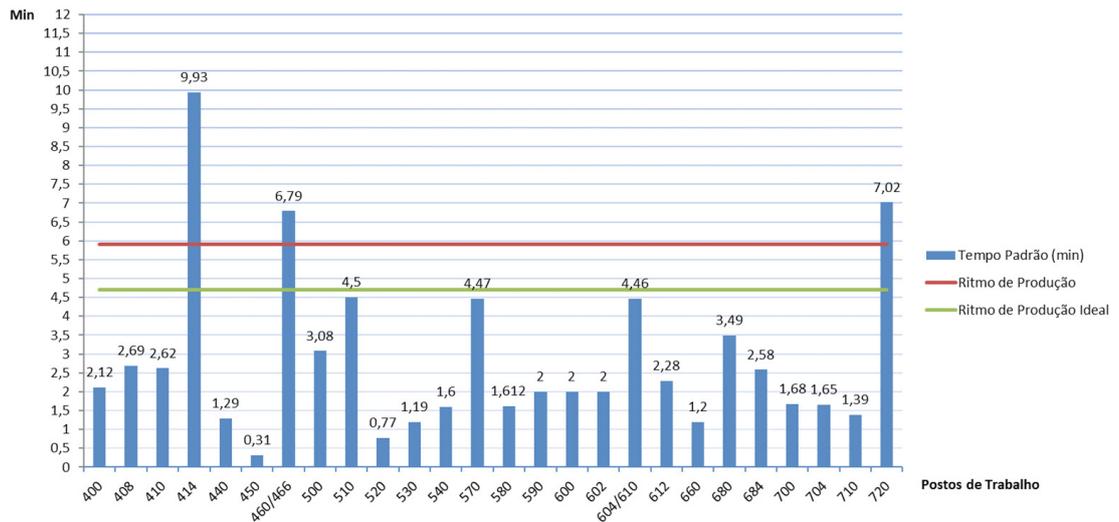


Figura 2 – Capacidade produtiva da empresa

Ao analisar o gráfico de capacidade produtiva, observa-se que, de todos os postos de trabalho, três poderiam atender à demanda proposta pelo cliente. São eles: o posto 414 com 9,93 minutos; o posto 460/466 com 6,79 minutos e o posto 720 com 7,02 minutos, pois os mesmos encontram-se acima do tempo *takt*. Nesta segmentação e com essa capacidade, tem-se uma previsão de fabricar apenas 990 produtos, ficando abaixo da meta da organização, que é de 1600 produtos.

Utilizando a *ToC* como metodologia, seguiram-se os cinco passos citados anteriormente, demonstrados na Figura 3.

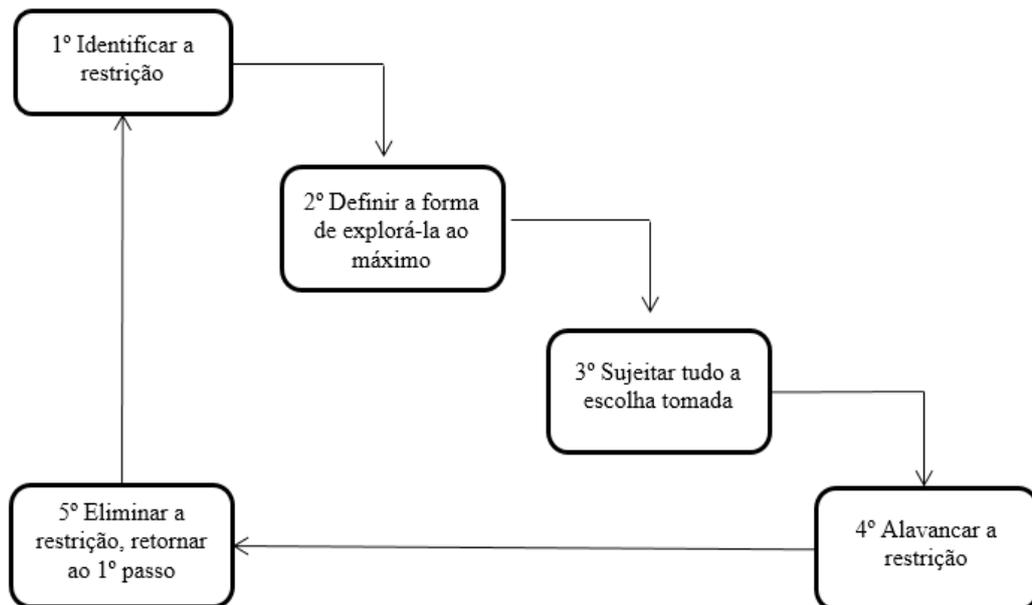


Figura 3: *ToC* – Metodologia para análise e solução de problemas.

Fonte: Adaptado Corbett (1996)

#### 1º - Identificação dos gargalos de produção:

Os postos de trabalhos 414, 460/466 e 720 são consideradas, pela *ToC*, como restrições, isto é, tudo aquilo que impede o cumprimento da entrega do produto para o cliente. Vale ressaltar que a *ToC* considera apenas um dos postos como restrição, então utilizará neste primeiro momento, o posto de trabalho 414 com cerca de 9,93 minutos.

#### 2º - Como explorar a restrição:

Foram realizados “*Flashs Kaizens*”, que são “sugestões de melhorias”, envolvendo o posto de trabalho mais crítico (posto 414). Dentre eles destacaram algumas nas quais se julgaram as principais para resolver o problema com um custo mínimo. Sendo elas:

- Redução do tempo de usinagem;
- Duplicação de gargalo (máquina);
- A máquina não poderá parar em nenhum momento do turno;
- Mudança da ferramenta de corte.

#### 3º - Subordinar tudo à decisão tomada:

Levantou-se uma questão sobre o tempo de execução das alternativas a serem tomadas. Dentre todas as alternativas, foram escolhidas duas:

- Duplicação de gargalo (máquina);
- A máquina não poderá parar em nenhum momento do turno.

Sendo assim, mensurou-se a quantidade de peças produzidas neste posto de trabalho (Figura 4) com a relação de peças produzidas no dia-a-dia (Figura 5) para validar a ação tomada.

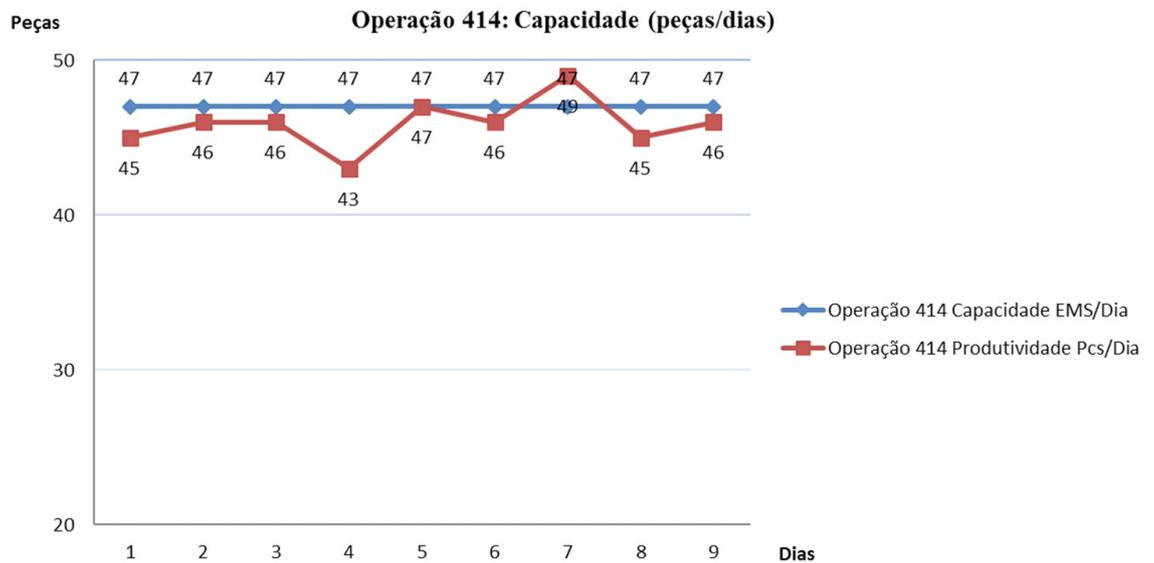


Figura 4- Quantidade de peças produzidas no posto de trabalho

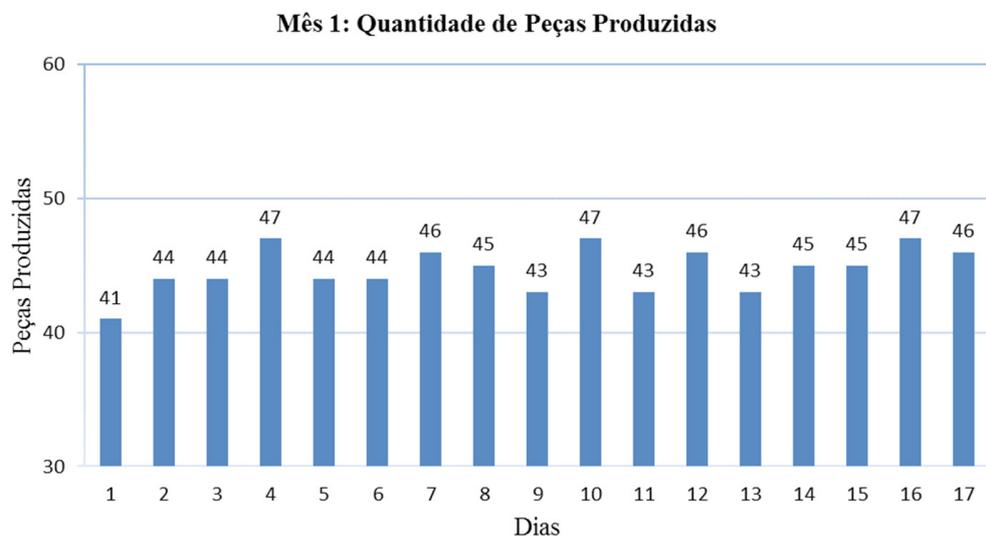


Figura 5 – Produtividade da peça

#### 4º Elevar a restrição:

Analisando a produção de peças no posto de trabalho 414, de acordo com a Figura 6, é possível verificar um aumento na produtividade desta operação. Entretanto, a produção da peça ainda está baixa, descrita na Figura 7. Observa-se ainda que a produtividade da peça, não foi idêntica ao aumento de produção, devido ao outro gargalo do processo o posto 720.

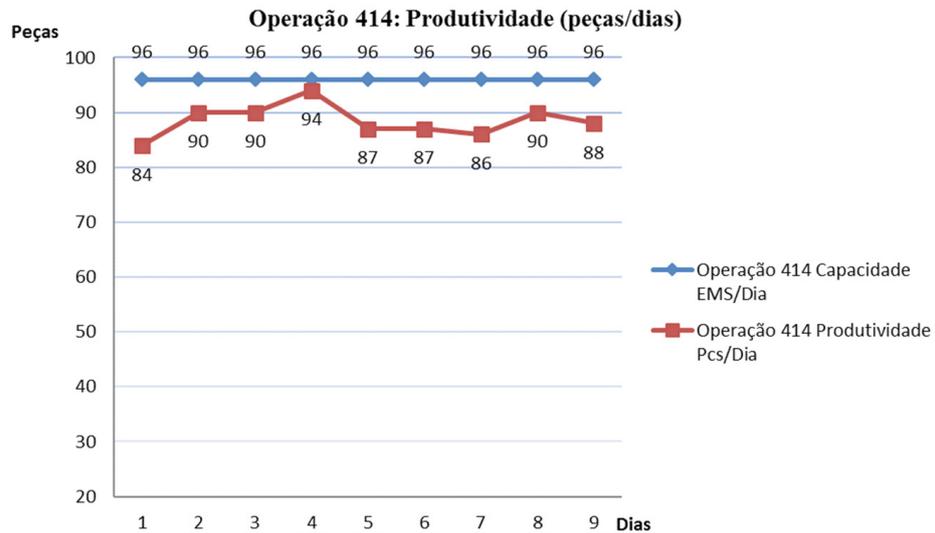


Figura 6 – Produtividade do posto de trabalho.

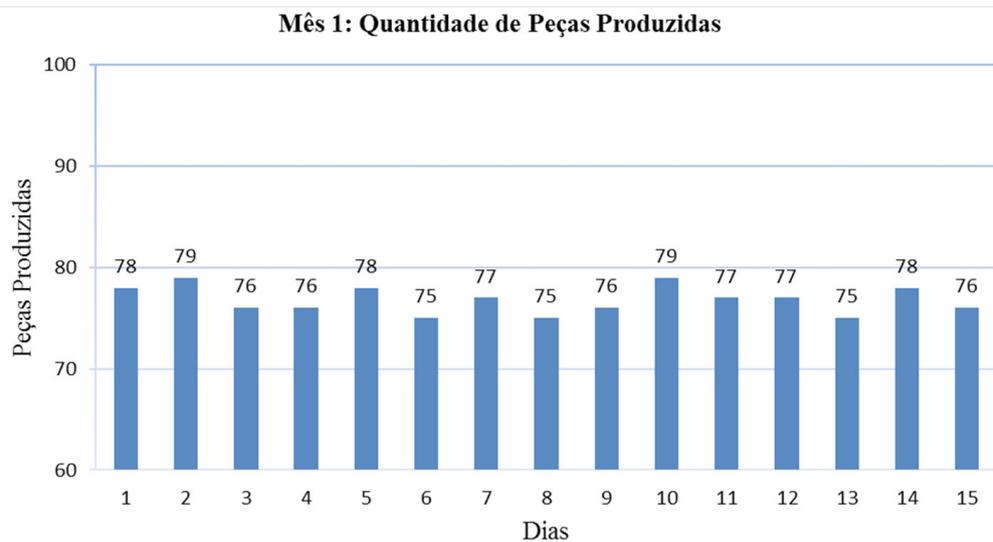


Figura 7 – Produtividade da peça

#### 5° Extinção do gargalo:

Eliminou-se a primeira restrição do sistema, entretanto, não foi o suficiente, por causa de mais dois gargalos. Então, deverá ser avaliada novamente a capacidade da linha de fabricação para se encontrar outra restrição (no caso, o posto de trabalho 720).

### 3.3 Repetindo o ciclo

Realizou-se novamente a primeira etapa da metodologia, a identificação da restrição do sistema.

Neste posto de trabalho, analisou-se profundamente como ocorreu o processo de fabricação. Utilizou novamente *Flashes Kaizens*, para a situação. Descreveram-se algumas ações principais que poderiam levar ao êxito da operação, tais como:

- Otimizações no tempo de processo da máquina;
- Troca de pastilha de metal duro da ferramenta;

- Confeção de um novo dispositivo de prensagem;

Dentre as principais ideias constadas, verificou-se que a melhor ação seria a otimização do processo de produção da máquina. Fez-se assim a segunda etapa da *ToC*, decidindo-se como explorar ao máximo a restrição.

Ao colocar em desenvolvimento a ação, notou-se que a máquina estudada estava com os parâmetros de usinagem desatualizados. Observou-se então, que a melhor saída para aperfeiçoar o tempo de produção do posto gargalo seria otimizar o programa da Máquina CNC.

Para a quarta etapa do processo da metodologia (elevar a restrição) e para a validação do resultado, analisaram-se os tempos de produção descrita na figura 8. Comparado pela quantidade produzida no final do turno, isso significa que o tempo de processamento do posto de trabalho passou de 7,02 para 4,72 min/peça, em contraponto, a produtividade da peça não aumentou proporcionalmente em relação ao posto de trabalho como demonstrado na Figura 9.

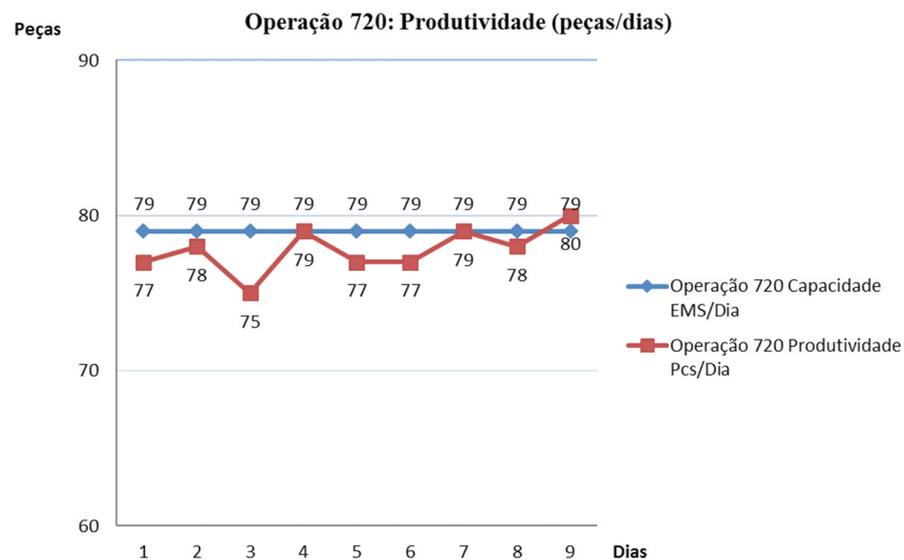


Figura 8 – Produtividade do posto de trabalho

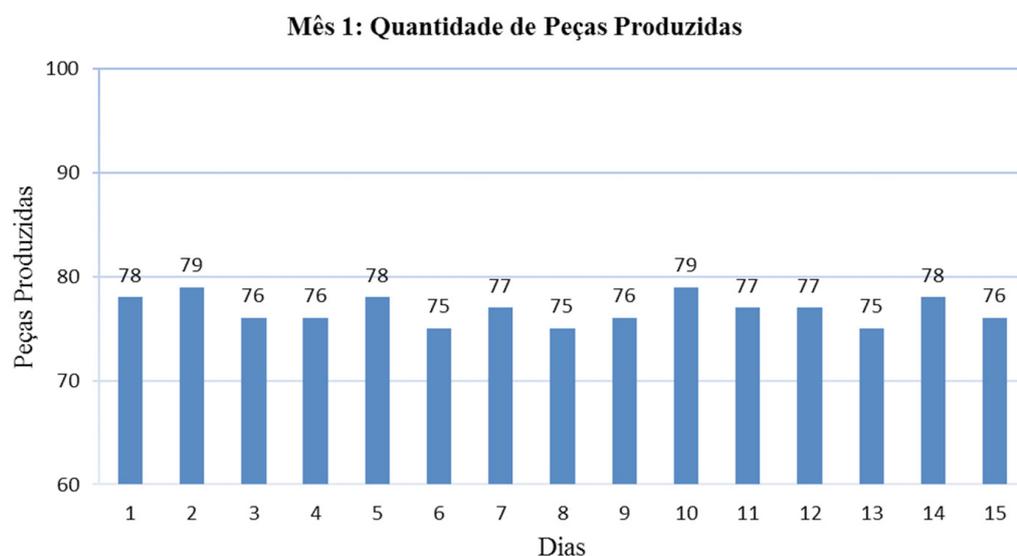


Figura 9 – Produtividade da peça

Houve um aumento mínimo de produtividade da peça, pois os tempos de produção entre este posto de trabalho e o próximo gargalo são de apenas 0,21 minutos (14 segundos) resultando em um ganho de 2 peças por turno. Conforme demonstram as Figuras 10 e 11, pode-se afirmar que a capacidade do posto de trabalho aumentou, mas a produtividade de fato não, devido ao posto 460/466 que está restringindo a linha de manufatura.

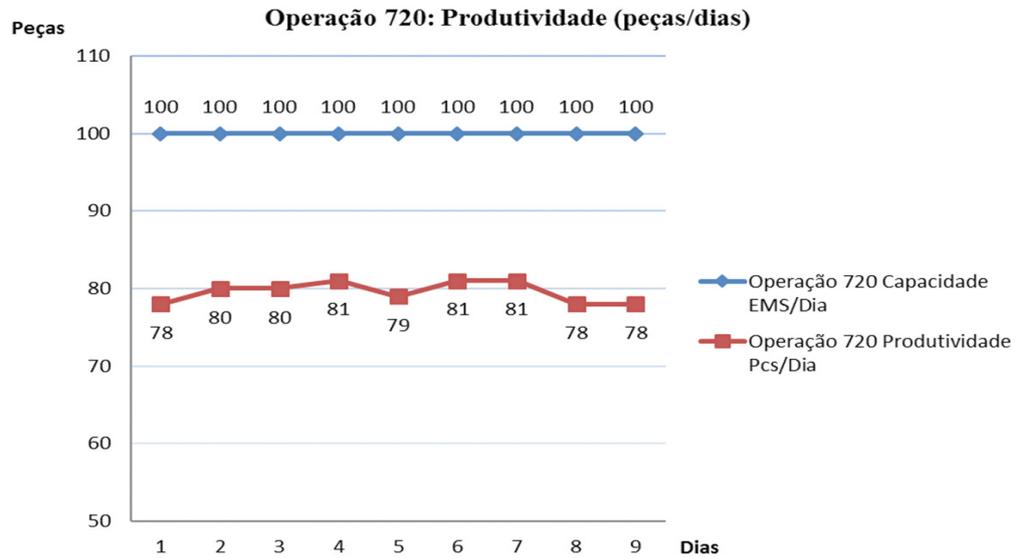


Figura 10 – Capacidade do posto 720.

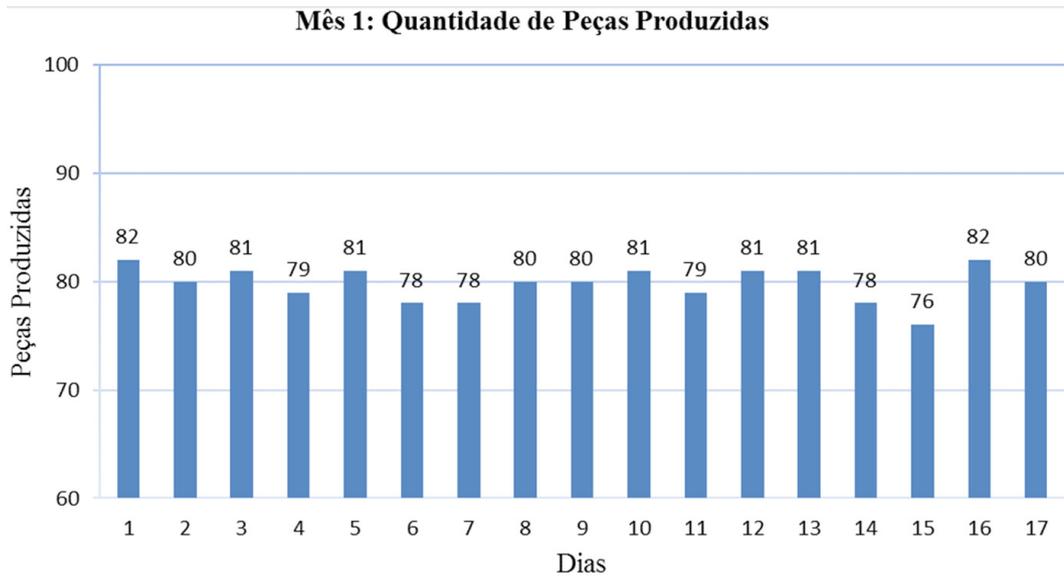


Figura 11 – Produtividade do posto 720.

Repetiu-se novamente o ciclo para a próxima operação gargalo (posto 460/466) e constatou-se uma redução de 6,79 minutos/peça para 5,3 minutos/peça, resultando nos tempos de processamento demonstrado na Figura 12.

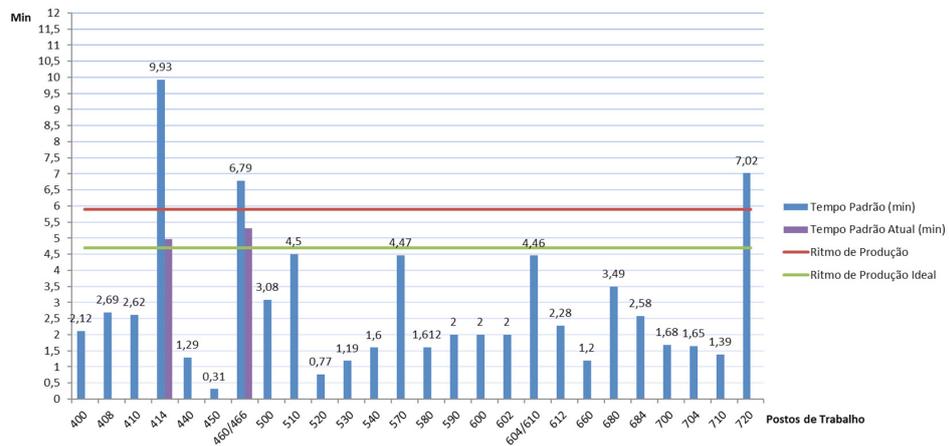


Figura 12 – Tempos de processamento de todos os postos de trabalho.

## 4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com a comparação do índice de produtividade demonstrada na figura 12, observa-se que a produtividade foi superior. Nele pode-se inferir, que se a empresa focar na análise e soluções dos problemas em seus pontos críticos (restrições), a organização consegue os seguintes ganhos com a aplicação da metodologia, sendo eles:

- Aumento de aproximadamente 80% de produtividade, melhorando apenas três postos de trabalhos;
- Alavancagem operacional de 37 produtos finalizados por dia;
- O tempo de atravessamento da peça diminuiu de 77,75 para 67,02 minutos. Ganho em volta de 12% (desconsiderando o tempo de movimentação e de *WIP – Working in Process*).

A metodologia se mostrou de grande valia, pois, se todas as operações estão abaixo da linha do *takt time*, perante a produção mensal do produto que é de 1600 peças, isso indica que a produção consegue atender a demanda do cliente e, conseqüentemente, outra peça ou setor seria o gargalo da organização. Porém, as melhorias não foram satisfatórias para a equipe, pois não conseguiram atingir a meta proposta no início, conseguir chegar a uma produção de 2000 produtos, isto é, encontrou-se no final do período uma produção de cerca de 1760 produtos.

## 5 | CONCLUSÃO

O presente artigo se deu por analisar a aplicação da Teoria das Restrições em uma linha de manufatura perante um estudo de caso em uma indústria de produtos bélicos. Tal análise desta aplicação demonstrou que a utilização da *ToC* é de grande relevância para a organização, pois reduz os esforços por parte dos implementadores, uma vez que é possível ir diretamente na raiz do problema, no caso, a baixa produtividade e os

gargalos da linha.

Outra dificuldade, quanto ao monitoramento dos gargalos do sistema como um todo, seria caso a restrição seja localizada fora das dependências da empresa, como fornecedores e clientes, pois a indústria não consegue controlar de forma eficiente os processos em questão.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se propor a realização de um estudo para um balanceamento da linha produtiva, eliminando o possível excesso de mão-de-obra, um aumento na qualidade do processo e, ainda, uma criação do fluxo puxado favorecendo a busca de resultados que buscam a melhoria da qualidade para tais processos.

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, R. R.; ANTUNES Jr., J. A. V. **Takt-Time**: Conceitos e Contextualização Dentro do Sistema Toyota de Produção. *Gestão & Produção*, V. 8, n.1, p. 1 -18, abril. 2001
- ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; KLIPPEL, M.; BORTOLOTTI, P.; PELLEGRIN, I. **Sistemas de Produção**: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta. Porto Alegre. Bookman. 2008.
- CORBERTT, T. N. Uma comparação entre “Activity-Based Costing” e **Teoria das Restrições**, no contexto da contabilidade gerencial. 114 f. Dissertação (mestrado da EAESP/FGV) - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 1996.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C.A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo. 2 ed. Atlas 2006.
- COSTA, D. Revista Técnica IPEP, **Aplicação do Kaizen na Logística**: As pessoas como fator de sucesso no desenvolvimento da empresa, V. 7, n.1, p. 45-54, jan./jun. 2007.
- CURY, A. **Organização & Métodos**. São Paulo. 7. ed. rev. Atlas 2000.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A Meta**: Um Processo de Melhoria Contínua. São Paulo. 6. ed.-rev. Nobel, 2002.
- IMAI, M. **Kaizen**: A Estratégia para o Sucesso Competitivo. São Paulo. 5. ed. IMAM, 1994.
- LIKER, J. K. MEIER, D. **O Modelo Toyota**: Manual de Aplicação. Porto Alegre. Bookman, 2007.
- MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing**: Metodologia e Planejamento. São Paulo. Atlas, 1996.
- MIGUEL, P. A. C. O método do estudo de caso na engenharia de produção. In: MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; LIMA, E. P.; TURRIONI, J. B.; HO; L. L; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; SOUSA, R.; COSTA, R. E. G.; PUREZA, V. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2012 . p. 131-147.
- MOELLMANN, H. A.; ALBUQUERQUE, S. A.; CONTADOR, L. J.; MARINS, S. A. F. Aplicação da Teoria das Restrições e do Indicador de Eficiência Global do Equipamento para Melhoria de Produtividade em uma Linha de Fabricação. *Gestão Industrial, Ponta Grossa-PR*, v. 2, n.1, p.89-105, fev/2006.

NETO, A F. O.; VILELA, M S. S.; SILVA, A. M. Gestão dos fatores restritivos em indústria alimentícia de pequeno porte: aplicação dos conceitos da teoria das restrições. In: **SIMPÓSIO DE EXCELENCIA DE EM GESTÃO E TECNOLOGIA**, IX, 2012, Alagoas, anais... Alagoas, 2012.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção** – Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre, Bookman, 1996.

PACHECO, D. A. J. A proposição de estratégias para elevar a capacidade das restrições em sistemas produtivos: a aplicação integrada da teoria das restrições e do lean manufacturing. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, XXX, 2010, São Carlos, anais... , São Carlos, 2010.

PERGHER, I; RODRIGUES, H. L; LACERDA, P. D. Discussão teórica sobre o conceito de perdas do Sistema Toyota de Produção: inserindo a lógica do ganho da teoria das restrições. *Gestão & Produção*, V.18, n.4, p. 673- 686, outubro. 2011.

RENO, G.W.S.; DINIZ, C.P.; BERKENBROCK, T.; SEVEGNANI, G. Aumento da produtividade através do balanceamento das atividades dos operadores aplicando a metodologia kaizen no chão de fábrica. In: **ENCONTRO NACIONAL E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, XXX, 2010, São Carlos, anais... São Carlos, 2010.

ROTHER, M; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo: Um Guia de Ação para Gerentes, Engenheiros e Associados da Produção**. São Paulo. Lean Institute Brasil, 2002.

SIKILERO, C; RODRIGUES, L H.; LACERDA, D P. Análise crítica das soluções da teoria das restrições para o gerenciamento da cadeia de suprimentos: uma análise teórica. In: **ENCONTRO NACIONAL DE EENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro, anais... Rio de Janeiro, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo. Atlas, 2009.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**MARCOS WILLIAM KASPCHAK MACHADO** Professor na Unopar de Ponta Grossa (Paraná). Graduado em Administração- Habilitação Comércio Exterior pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especializado em Gestão industrial na linha de pesquisa em Produção e Manutenção. Doutorando e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com linha de pesquisa em Redes de Empresas e Engenharia Organizacional. Possui experiência na área de Administração de Projetos e análise de custos em empresas da região de Ponta Grossa (Paraná). Fundador e consultor da MWM Soluções 3D, especializado na elaboração de estudos de viabilidade de projetos e inovação.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-85107-99-4



9 788585 107994