



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA**

**SÉRGIO BARROS DE MELO FILHO**

**IMPLANTAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES NUMA INDÚSTRIA DE**  
**CONFECÇÕES DO ESTADO DO CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2016**

SERGIO BARROS DE MELO FILHO

IMPLANTAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES NUMA INDÚSTRIA DE  
CONFECÇÕES DO ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- B282i Barros de Melo Filho, Sergio.  
Implantação da Teoria das Restrições numa Indústria de Confeccões do Estado do Ceará / Sergio Barros de Melo Filho. – 2016.  
59 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2016.  
Orientação: Prof. Dr. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes.
1. Teoria das Restrições. 2. Gargalo. 3. Focalização dos Cinco Passos. 4. Tambor, Pulmão e Corda. I. Título.  
CDD 658.5
-

Dedico este trabalho a minha esposa, Yara, a meu filho, João Gabriel e a meus pais, Sergio e Ana Mara.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por proporcionar essa oportunidade.

À minha família, que sempre me apoiou e incentivou durante todo esse percurso.

Aos professores e colegas do curso de Engenharia de Produção, que contribuíram durante o curso.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes, por se dispor a auxiliar e ajudar na conclusão deste.

A todos, que de alguma maneira, fizeram parte dessa conquista acadêmica e profissional.

“A habilidade de simplificar significa eliminar o desnecessário para que o necessário possa se manifestar.” (Hans Hofmann)

## RESUMO

Nos dias atuais, a necessidade das empresas em reduzirem os seus custos, aumentar sua eficiência e atender as necessidades dos seus clientes de forma mais rápida vem se tornando um fator cada vez mais importante para manter-se em constante competitividade no mercado. Portanto, este trabalho tem como objetivo aumentar a taxa de produtos entregues no prazo estabelecido pelo setor comercial, através da melhoria dos processos no sistema produtivo realizados em uma indústria de confecção de roupas do estado do Ceará, utilizando a aplicação da Teoria das Restrições com o método da Focalização dos Cinco Passos e a ferramenta Tambor, Pulmão e Corda, que tem como foco a identificação e o gerenciamento do recurso restritivo do processo produtivo. A metodologia de pesquisa utilizada se enquadra como aplicada e quantitativa, onde foram utilizadas ferramentas teóricas para catalogar, solucionar e acompanhar os resultados da melhoria através de indicadores de desempenho, durante o período estudado. Com a aplicação da nova filosofia, foi possível obter entre o período de 2010 a 2014 uma redução de estoque em elaboração de 35 %, obteve-se ainda um aumento na velocidade da produção, onde o *lead time* de produção foi reduzido em 7 dias, com isso proporcionou uma melhoria significativa no atendimento das entregas dentro do prazo, onde em 2014 com um aumento de 9% comparado a 2010, apresentou uma taxa de 95,21% de produtos entregues dentro do prazo.

**Palavras-Chave:** Teoria das Restrições. Método da Focalização dos Cinco Passos. Tambor, Pulmão e Corda. Confecção de Roupas. Gargalo.

## ABSTRACT

Nowadays, the need of companies to reduce their costs, improve efficiency and meet the needs of its customers in a faster way is becoming an increasingly important factor to keep in constant competitiveness. Therefore, this work aims to increase the rate of products delivered within the deadline set by the commercial sector, by process improvements in the production system applied in a clothing industry in the state of Ceará-Brasil, using the application of the Theory of Constraints with focus of the Five-Step and Drum, Lung and Rope tool, which focuses on the identification and management of the restrictive use of the production process. The research methodology fits as applied and quantitative where theoretical tools were used to catalog, resolve and track the results of improvement through performance indicators during the period of study. With the implementation of the new philosophy, it was possible to get between the period from 2010 to 2014 a reduction of stock in preparation of 35% was obtained also an increase in the speed of production, where the lead time production was reduced by 7 days, it provided a significant improvement in meeting on-time delivery, where in 2014 an increase of 9% compared to 2010, it showed a rate of 95.21% of delivered products on time.

**Keywords:** Theory of Constraints. Focus of the Five Steps. Tambor, Lung and rope. Clothes Confection. Neck.



## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Tipos de pesquisa .....  | 16 |
| Figura 2 - Demonstrativo das ramificações da teoria das restrições.....             | 21 |
| Figura 3 - Cinco passos de Focalização da TOC .....                                 | 23 |
| Figura 4 - Operação limitante da capacidade produtiva .....                         | 24 |
| Figura 5 - Sistema Tambor-Pulmão-Corda.....   | 29 |
| Figura 6 - Estrutura hierárquica da fábrica em estudo .....                         | 35 |
| Figura 7 - Fluxograma de toda a linha de produção da fábrica estudada.....          | 36 |
| Figura 8 - <i>Layout</i> antigo.....  | 40 |
| Figura 9 - <i>Layout</i> atual .....  | 41 |
| Figura 10 - Representação das tiras de sinalização que acompanham os atados.....    | 42 |
| Figura 11 - Nível de estoque em processo antes da limitação do WIP.....             | 42 |
| Figura 12 - Nível de estoque em processo após da limitação do WIP.....              | 43 |
| Figura 13 - Tempos de estoque em processo (WIP) que cada setor deve possuir .....   | 45 |
| Figura 14 - Quadro de classificação do tempo de pulmão de expedição .....           | 46 |
| Figura 15 - Descrição de cada cor de prioridade .....                               | 47 |
| Figura 16 - Quadro informativo do setor do corte .....                              | 48 |
| Figura 17 - Quadro informativo do setor da preparação.....                          | 48 |
| Figura 18 - Controle de cores utilizado pelos setores Lavanderia e Acabamento ..... | 49 |
| Figura 19 - Controle de cores utilizado pelo setor de embalagem.....                | 50 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1 - Histórico do indicador de utilização.....                     | 51 |
| Gráfico 2 - Histórico do WIP.....   | 52 |
| Gráfico 3 - Histórico da produção diária do setor de costura .....        | 52 |
| Gráfico 4 - Histórico da taxa de produtos entregues dentro do prazo ..... | 53 |

## **LISTA DE TABELAS**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Tabela com capacidades diárias dos setores .....              | 38 |
| Tabela 2 - Tabela de classificação do tempo de pulmão de expedição ..... | 46 |
| Tabela 3 - Tabela com históricos dos indicadores de desempenho.....      | 53 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|      |  |
|------|--|
| ABIT | Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção |
| CNI  | Confederação Nacional da Indústria                       |
| OPT  | <i>Optimized Production Technology</i>                   |
| PDCA | Planejar-Fazer-Verificar-Agir                            |
| PCP  | Planejamento e Controle da Produção                      |
| PUP  | Pequena Unidade de Produção                              |
| PIB  | Produto Interno Bruto                                    |
| RRC  | Recurso com Restrição de Capacidade                      |
| SCM  | Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos                   |
| TOC  | <i>Theory of Constraint</i>                              |
| TPC  | Tambor, Pulmão e Corda                                   |
| WIP  | <i>Work in Process</i>                                   |

## SÚMARIO

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1       | INTRODUÇÃO.....  | 14 |
| 1.1     | Contextualização do problema .....                                     | 14 |
| 1.2     | Justificativa.....   | 15 |
| 1.3     | Objetivos .....  | 15 |
| 1.3.1   | <i>Objetivo geral</i> .....  | 15 |
| 1.3.2   | <i>Objetivos específicos</i> .....                                     | 16 |
| 1.4     | Metodologia de Pesquisa.....   | 16 |
| 1.5     | Estrutura do trabalho .....  | 17 |
| 2       | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....  | 19 |
| 2.1     | A Teoria das Restrições.....   | 19 |
| 2.1.1   | <i>História</i> .....  | 19 |
| 2.1.2   | <i>Conceituação</i> .....  | 20 |
| 2.1.3   | <i>Processo de focalização das cinco etapas</i> .....                  | 22 |
| 2.1.3.1 | <i>Identificar a restrição do sistema</i> .....                        | 23 |
| 2.1.3.2 | <i>Decidir como explorar a restrição</i> .....                         | 25 |
| 2.1.3.3 | <i>Subordinar tudo ao recurso gargalo</i> .....                        | 25 |
| 2.1.3.4 | <i>Elevar a restrição</i> .....  | 26 |
| 2.1.3.5 | <i>Retornar a primeira etapa, caso a restrição seja quebrada</i> ..... | 27 |
| 2.1.4   | <i>Tambor-Pulmão-Corda</i> .....                                       | 28 |
| 2.1.5   | <i>Gerenciamento de pulmão</i> .....                                   | 32 |
| 2.1.6   | <i>A meta e o conceito de ganho</i> .....                              | 32 |
| 2.1.7   | <i>Redução dos estoques em elaboração</i> .....                        | 33 |
| 3       | ESTUDO DE CASO .....   | 35 |
| 3.1     | Descrição do processo produtivo .....                                  | 35 |
| 3.2     | Situação encontrada.....   | 36 |
| 3.3     | Aplicação do método de focalização das cinco etapas.....               | 37 |
| 3.3.1   | <i>Identificação do gargalo</i> .....                                  | 37 |
| 3.3.2   | <i>Explorar a restrição</i> .....                                      | 38 |
| 3.3.2.1 | <i>Full Kit para as PUP's</i> .....                                    | 39 |
| 3.3.2.2 | <i>Adequações de layout</i> .....                                      | 39 |
| 3.3.2.3 | <i>Limitação do estoque em processo nas PUP's</i> .....                | 41 |
| 3.3.3   | <i>Subordinar tudo a restrição</i> .....                               | 43 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.3.4 | <i>Elevar a restrição</i> .....  | 50 |
| 3.3.5 | <i>Retornar ao primeiro passo, caso alguma restrição tiver sido quebrada</i> ..... | 50 |
| 3.4   | Análise e discussão dos resultados .....   | 51 |
| 4     | CONCLUSÃO.....   | 55 |
|       | REFERÊNCIAS .....  | 57 |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização do problema

De acordo com dados atualizados em 2013 da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT) o setor têxtil e de confecção existe a cerca de 200 anos no Brasil e impulsionou muitas outras indústrias desde a revolução industrial. Emprega 1,7 milhões de pessoas de forma direta, das quais 75% são mulheres. A indústria da moda é o segundo maior empregador na indústria de transformação e também segundo maior gerador do primeiro emprego.

Também está inserido, na situação competitiva do mercado global, o setor de confecções, que possui bastante representatividade na economia brasileira e maior ainda na cearense. Conforme a Confederação Nacional da Indústria (CNI) em dados atualizados em 2013, o setor de confecções com 5,7% está entre os cinco setores com maior representatividade no Produto Interno Bruto (PIB) industrial do estado do Ceará. Tal setor é conhecido pelo seu dinamismo em relação ao desenvolvimento de produtos e à agilidade na produção, devido, principalmente, ao fator moda, que representa a principal característica do setor.

Um fator bastante representativo para o crescimento dessa competitividade é a mudança do perfil dos consumidores, que, de forma geral, se tornaram mais criteriosos em relação às suas escolhas. Tal situação impõe às empresas que desejam manter-se no mercado a necessidade de aperfeiçoamento de suas técnicas de gestão, buscando referências no mercado em casos de sucesso ou através de bibliografia especializada.

Um dos modelos que pode auxiliar as empresas na melhoria de seus processos e no alcance de seus objetivos é a Teoria das Restrições, também conhecida como TOC (*Theory of Constraints*), que se aplicada adequadamente possibilita a redução de material em estoque, aumento dos índices de utilização e a diminuição do estoque de material em processo, resultando em um diferencial capaz de garantir a sobrevivência destas empresas e propiciar uma melhora no desempenho operacional das mesmas, aumentando assim o número de pedidos devido à maior confiabilidade nos prazos de entrega e otimização de variáveis que outrora não eram estudadas com afinco.

Nesta situação, o trabalho foi realizado em uma indústria de confecção de roupas, que por motivos de sua política, esta não poderá ser mencionada. A empresa se encontra hoje

como a maior indústria da América Latina e investe continuamente em inovações e melhorias, para superar o contexto descrito acima.

É com esse propósito que a Teoria das Restrições será utilizada nesse estudo, visando à melhoria de processos no setor da costura, focando no gerenciamento dos gargalos para aumentar a taxa de entrega dos produtos dentro do prazo.

## **1.2 Justificativa**

Este trabalho tem seu desenvolvimento focado na identificação e gerenciamento do recurso gargalo utilizando a Teoria das Restrições, devido à velocidade com que as tendências da moda vão se modificando, tornando a empresa mais competitiva.

Nos dias de hoje, para que as empresas possam se manter “vivas” no mercado precisam produzir com alta qualidade, preço competitivo, tempo hábil para atender a demanda e além de tudo, com custos reduzidos.

Neste sentido, a Teoria das Restrições será utilizada como ferramenta voltada a identificar, gerenciar e controlar a utilização dos recursos que possuem capacidade limitada, conhecidos como restrições, que impossibilitam a empresa de alcançar resultados maiores do que os atuais. Ao utilizar esses recursos de maneira mais produtiva, a empresa possibilita a maximização dos seus ganhos.

Dessa forma, esse trabalho irá apresentar e aplicar diversos conceitos inerentes à área de Engenharia de Produção, tendo como foco a Teoria das Restrições, o método das cinco etapas e a ferramenta Tambor, Pulmão e Corda (TPC), que permite uma gestão mais racional e efetiva dos sistemas produtivos.

Portanto, para empresa desse estudo, onde as mudanças na demanda mudam constantemente, a necessidade de produtos entregues dentro do prazo é primordial, com isso a aplicação da Teoria das Restrições possibilitará um melhor resultado nesse indicador.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 *Objetivo geral***

Implantar a Teoria das Restrições no setor de costura de uma empresa de confecção, visando aumentar a taxa de produtos entregues dentro do prazo.



### 1.3.2 Objetivos específicos

- a) Identificar o gargalo analisando o processo produtivo;
- b) Usar o método das cinco etapas e a ferramenta TPC no recurso gargalo;
- c) Realizar uma melhoria no *lead time* de produção por produto para aumentar a produção diária, aumentar a utilização e a disponibilidade de mão-de-obra e identificar o nível de estoque em processo adequado.

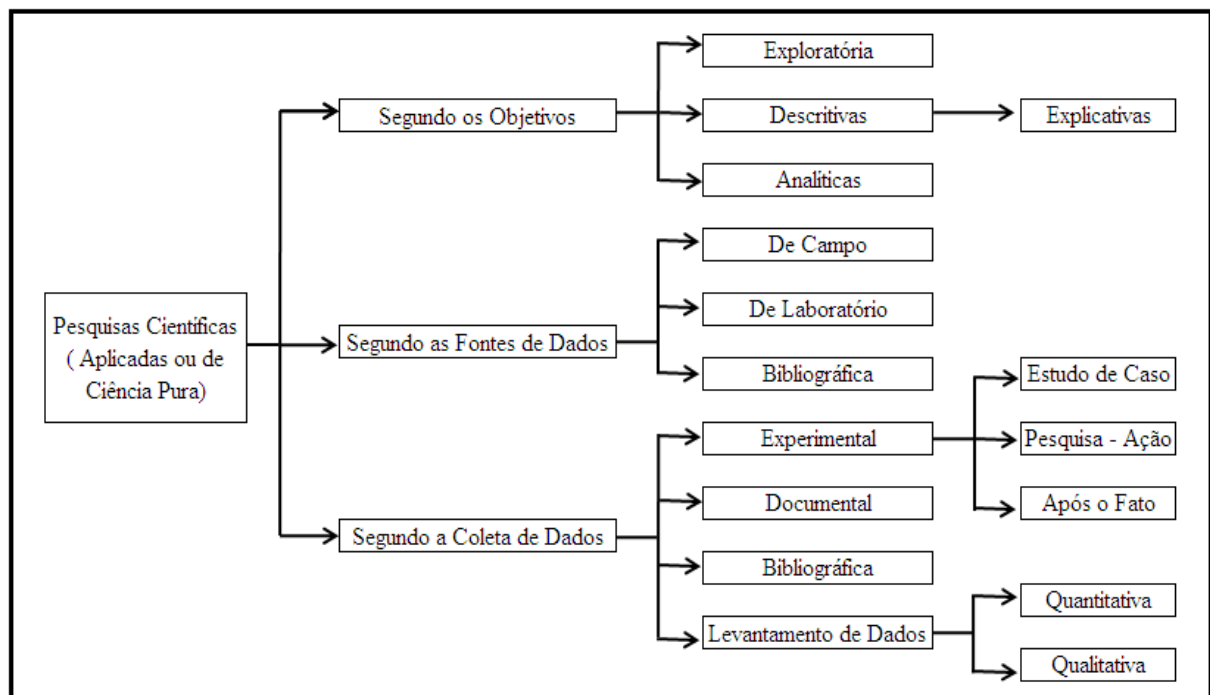
## 1.4 Metodologia de Pesquisa

Segundo Gil (2002, p. 17):

Pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema.

Já para Silva e Menezes (2005, p. 19), “pesquisar significa de forma bem simples, procurar respostas para indagações propostas”. Conforme Abrantes (2007), toda pesquisa é classificada como pura ou aplicada, onde as mesmas podem ser divididas como na figura 1.

Figura 1 – Tipos de pesquisa



Fonte: Abrantes (2007).

De acordo com Abrantes (2007, p. 12):

Do ponto de vista global, as pesquisas são classificadas como de ciência pura (ou básica) ou aplicada, onde na pesquisa pura trabalha-se com conhecimentos e estudos específicos, não havendo a previsão de uma aplicação prática. Normalmente este tipo de pesquisa, até por envolver muitos recursos financeiros, só é realizado por instituições superespecializadas e praticamente só no âmbito governamental. Já, na pesquisa aplicada, procura-se a solução de problemas concretos da sociedade, sendo o tipo de pesquisa mais comum, principalmente nos meios acadêmicos de graduação.

Portanto esta pesquisa se classifica como aplicada, pois utiliza um estudo prático para a solução de um problema real em uma empresa de manufatura.

Para Gil (2002, p. 42), “as pesquisas descritivas tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno”, logo do ponto de vista do objetivo, esta pesquisa é descritiva, já este trabalho tem o intuito de explicar uma teoria pouco explorada e recém-criada quando comparada as demais teorias da administração, aplicando-a num sistema de manufatura real, observando os resultados com o passar dos efeitos.

Segundo Abrantes (2007), também é possível classificar este trabalho como uma pesquisa de campo, pois utiliza a aplicação prática de uma metodologia de gestão em uma empresa de confecção de roupas.

Em relação á coleta de dados, Gil (1991 *apud* SILVA E MENEZES, 2005, p. 21), definem como pesquisa bibliográfica e estudo de caso:

Pesquisa Bibliográfica: quando elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet [...] Estudo de caso: quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Porém não tem como obter apenas uma classificação em relação á coleta de dados, afinal, este trabalho depende de um levantamento de dados quantitativo e a exploração de conhecimento bibliográfico para a teoria aplicada.

## 1.5 Estrutura do trabalho

Este estudo aborda a aplicação das ferramentas da Teoria das Restrições em uma indústria de confecções, tendo como foco principal, o setor de costura. No estudo de caso, das três áreas que a TOC foca, será abordada a metodologia do TPC, o gerenciamento de pulmão,

a adequação de *layout* no fluxo produtivo e a focalização das cinco etapas. O trabalho é composto por quatro capítulos, incluindo este.

Onde o primeiro capítulo faz uma apresentação do problema, como também aborda a justificativa do estudo, objetivo geral, objetivos específicos, a metodologia utilizada e a estrutura do trabalho

No segundo capítulo está contido o referencial teórico, no qual são apresentados conceitos diversos sobre o foco deste trabalho, a Teoria das Restrições, com sua história e descrição de suas ferramentas.

O terceiro capítulo disserta sobre o estudo de caso, que se desenvolve em um setor de costura, com o uso da Teoria das Restrições, focalizando o aumento na velocidade da produção no setor da costura.

Por fim, no quarto e último capítulo, serão mostradas as conclusões finais deste trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A Teoria das Restrições

Este tópico tem como principal objetivo apresentar a origem da Teoria das Restrições, junto com os elementos que a tornaram uma das mais importantes metodologias de programação e gerenciamento da produção para as empresas submetidas a um alto nível de concorrência. Serão apresentados também alguns componentes da TOC que irão fundamentar o estudo de caso que será apresentado, no capítulo três deste trabalho.

#### 2.1.1 História

De acordo com Corbett (1997), a TOC teve início na década de 70, quando o físico israelense Eliyahu Goldratt auxiliou nos problemas da logística de produção da empresa de um amigo. Embora não dominasse muito a respeito de administração, ele utilizou os métodos de solução de problemas que havia aprendido na Física, com o intuito de solucionar os problemas de uma linha de produção. Através disso, o físico utilizou todo o processo de raciocínio aplicado tradicionalmente na sua área de origem para focar no desafio de tentar melhorar o desempenho global da organização. Após notar que a maior deficiência estava ligada a logística de produção, Goldratt resolveu elaborar um método de administração da produção totalmente novo, pois percebeu que os métodos tradicionais não possuíam nenhum sentido lógico.

A partir dessa formulação, Goldratt desenvolveu, em 1979, o *software* OPT (*Optimized Production Technology*). De acordo com Guerreiro e Paccez (2001), o *software* ao decorrer do tempo, foi aplicado diversas vezes, e assim passou por várias melhorias. Ainda nesse contexto, Goldratt foi buscando formalizar diversos princípios, que criaram o pensamento OPT, ou seja, a tecnologia da produção otimizada.

Na segunda metade da década de 80, Goldratt e Cox (2002) desenvolveu então a TOC, que pode ser entendida como uma ampliação do pensamento da tecnologia da produção otimizada, que é utilizada em grande parte da Teoria das Restrições, buscando a maximização dos ganhos da organização por meio da quebra de uma ou mais restrições. Esta teoria ficou conhecida mundialmente através do livro “A Meta”, que contemplava os princípios da produção otimizada, bem como uma série de ferramentas de apoio gerencial que também fazem parte do escopo da TOC. Com o intuito de demonstrar a aplicabilidade da TOC em

problemas estratégicos das empresas, Goldratt (1994) desenvolveu outra obra, que levou o título de “Mais que sorte... um processo de raciocínio”.

Segundo Rank (2001), Goldratt utilizando os princípios da Teoria das Restrições, elaborou uma forma inovadora para a gestão de uma fábrica, onde o objetivo é a identificação e solução das dificuldades das empresas de maneira lógica e organizada. Um dos aspectos fundamentais para o entendimento da nova teoria foi colocado por Goldratt (1992), que afirmou que a TOC não aceita a definição de custo fixo do produto e nem de valor agregado ao produto, pois o valor é agregado à empresa somente quando do momento da venda, materializando o lucro líquido. Como nos dias de hoje o preço de venda é determinado pelo mercado, e não através da aplicação da margem de lucro em cima do custo do produto, a redução de custos é fundamental para o aumento da lucratividade. Através deste fato percebe-se a importância da aplicação dos princípios de gestão da TOC, pois os mesmos são capazes de proporcionar a redução de falhas e ineficiência, visando o aumento do ganho e a redução dos custos da empresa.

A constatação do parágrafo anterior resulta em uma importante conclusão da Teoria das Restrições, que indica a inviabilidade de tomar decisões seguindo os preceitos da contabilidade tradicional, que em muitas situações acabam direcionando os esforços a maximização dos resultados locais, e não a geração de ganhos para o sistema como um todo. Assim, neste novo foco, o ganho deve ser avaliado através de indicadores relacionados a vendas, fazendo com que a produção realizada não seja considerada ganho até que o produto seja vendido. Este fato fica bastante evidente em indústrias que produzem, porém não expedem os pedidos, gerando assim um inventário enorme, que ao invés de representar lucro, gera perdas para a empresa.

### ***2.1.2 Conceituação***

Corbett (1997, p. 39) afirma que a “A TOC é baseada no princípio de que existe uma causa comum para muitos efeitos, de que os fenômenos que vemos são consequência de causas mais profundas. Esse princípio nos leva a uma visão sistêmica da empresa”.

Já para outros autores a Teoria das Restrições é definida como:

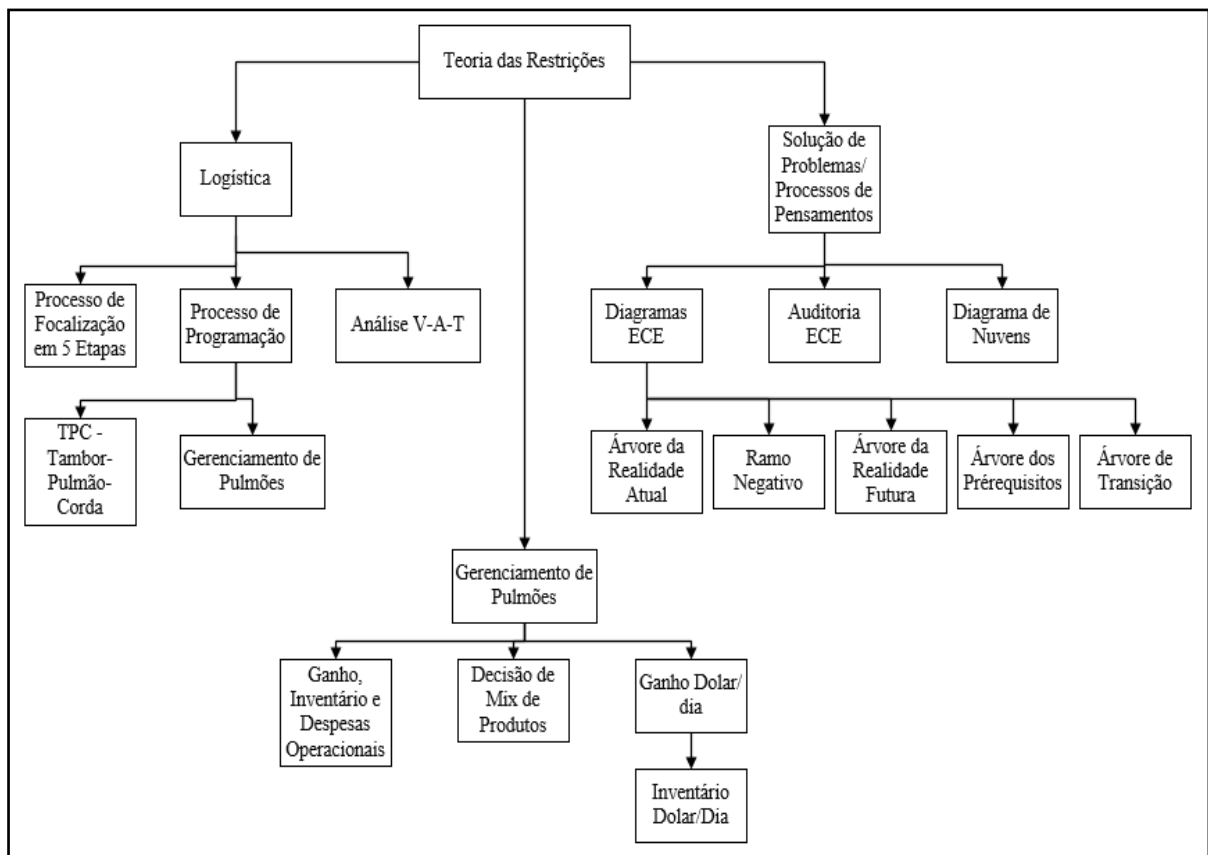
Uma filosofia de administração desenvolvida pelo Dr. Eliyahu M. Goldratt que pode ser vista como três áreas diferentes, mas inter-relacionadas: logística, indicadores de desempenho e pensamento lógico. A logística inclui a programação tambor-pulmão-corda, o gerenciamento de pulmões e a análise V-A-T. Os indicadores de desempenho incluem o ganho, o inventário e despesas operacionais, e as cinco

etapas de focalização. As ferramentas do processo de pensamento são importantes para a identificação do problema raiz (árvore da realidade atual), para a identificação e criação de soluções ganha - ganha (diagrama de dispersão de nuvens e árvore da realidade futura) e para desenvolver planos de implementação (árvore de pré-requisitos e árvore de transição) (COX III; SPENCER, 2002, p. 38).

A TOC encara qualquer que seja a empresa como um sistema, ou seja, um conjunto de elementos que apresentam alguma relação de interdependência, fazendo com que o desempenho global do sistema dependa diretamente dos esforços conjuntos de todos os elementos. Assim, ao contrário do que acontece no gerenciamento tradicional, onde se procura aperfeiçoar o desempenho dos recursos isoladamente, a TOC considera que a soma dos ótimos locais nem sempre irá corresponder ao ótimo global.

A Teoria das Restrições, segundo Cox III e Spencer (2002), está bem representada na figura 2.

Figura 2 – Demonstrativo das ramificações da teoria das restrições



Fonte: Cox III e Spencer (2002).

Em outra abordagem, Rahman (1998) resume a TOC através de duas constatações:

- a) todo sistema deverá ter pelo menos uma restrição, caso contrário o mesmo deveria ter lucro ilimitado. Por essa razão, a restrição é um fator limitador para que o sistema alcance níveis mais elevados de desempenho;
- b) a aplicação da TOC representa diversas oportunidades de melhorias para as empresas. Sendo assim, a TOC encara as restrições como algo positivo, e não negativo. Como as restrições determinam o desempenho do sistema, haverá uma melhora ao elevar a sua principal restrição.

Já Gupta, Baxendale e Raju (2002, p. 124) relatam que a Teoria das Restrições:

[...] busca ajudar os gerentes em todos os níveis da organização para manter um foco apropriado na restrição do problema. A TOC reconhece que a restrição do sistema limita o seu desempenho e propõe-se a fixar princípios e conceitos para gerenciar a restrição.

Segundo Noreen, Smith e Makey (1996), a TOC foi conceituada como uma filosofia voltada ao conceito de ganho e não somente baseada na análise de custos. Sendo assim, pode-se dizer que a TOC parte do princípio que a meta das empresas é ganhar dinheiro, e não guardá-lo, muito menos através da redução de custos. Sendo assim, considera-se que, para alcançar melhores níveis de desempenho, cabe à empresa identificar, gerenciar e controlar ou quebrar as suas principais restrições, viabilizando aumentos graduais nos ganhos e nas eficiências do sistema como um todo.

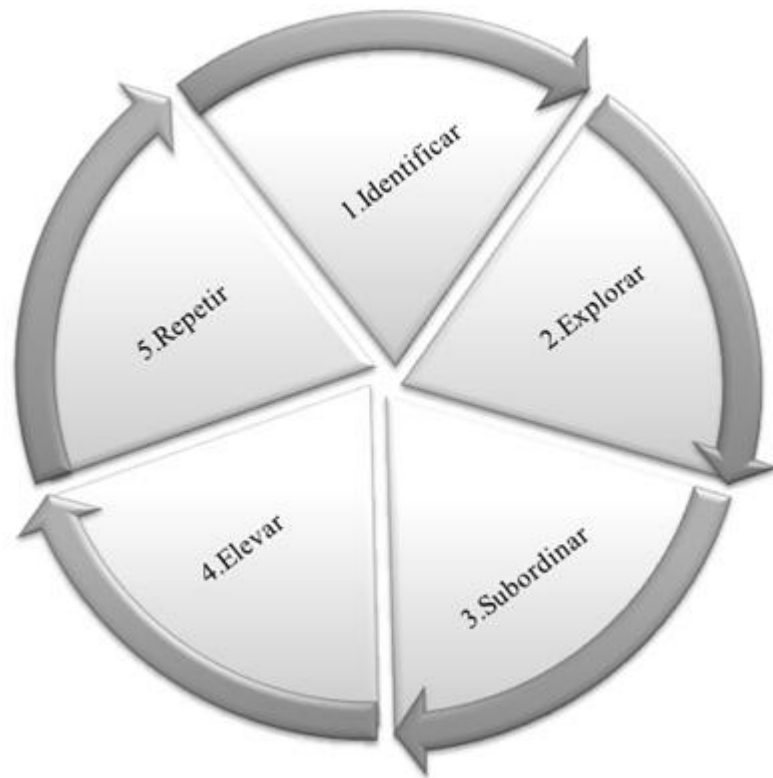
Para Goldratt (1992), restrição é um possível fenômeno que possa fazer com que a empresa não alcance sua meta. Já para Guerreiro (1995), restrição é a palavra chave na TOC, pois é definida como o fator que limita o alcance dos objetivos da empresa. As restrições podem ser classificadas em dois tipos – as físicas e as não físicas. As físicas estão relacionadas a maquinário, mão de obra, insumos, entre outros componentes. Já as não físicas estão relacionadas às políticas organizacionais, normas e demandas de mercado.

### ***2.1.3 Processo de focalização das cinco etapas***

Partindo do raciocínio e dos conceitos abordados anteriormente, foi criado, por Goldratt, o processo de otimização contínua da TOC, o processo de Focalização das Cinco Etapas, que segundo Spencer e Cox III (1995), trata-se de uma melhoria contínua das empresas utilizando análises do processo produtivo, com o objetivo de explorar as restrições obtendo maior lucratividade. Este processo tem sempre como base a meta global da organização e é composto por cinco etapas conforme demonstrado na figura 3, que são:

- a) identificar a restrição do sistema;
- b) decidir como explorar a restrição do problema;
- c) subordinar qualquer outra coisa à decisão anterior;
- d) elevar a restrição do problema;
- e) se a restrição for quebrada voltar ao passo um, mas não deixe que a inércia se transforme na restrição do problema.

Figura 3 – Cinco passos de Focalização da TOC



Fonte: Goldratt (2002).

#### 2.1.3.1 Identificar a restrição do sistema

Segundo Noreen, Smith e Makey (1996), o processo de identificação das restrições, pode ser feito, desde que a fábrica seja organizada, observando possíveis acúmulos de materiais em estoque, em que quase sempre estão antes da restrição. Outra forma de identificar as restrições é a citada por Cogan (2007), no qual funciona com a realização de cálculos da capacidade de cada máquina juntamente com a demanda que é solicitada para produção. Em resumo, primeira etapa consiste em identificar a principal restrição do sistema,



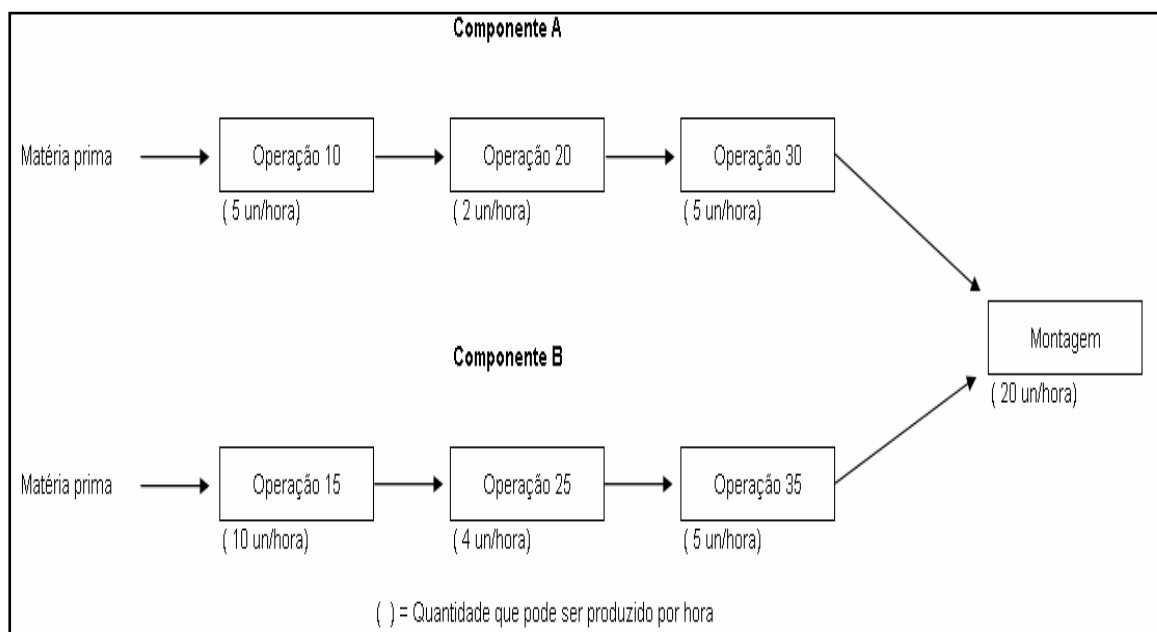
que limita o ganho da empresa, e quando essa restrição estiver relacionada à capacidade de produção, executar os seguintes procedimentos:

- a) calcular a demanda interna para cada recurso de produção;
- b) calcular a capacidade máxima dos recursos;
- c) identificar o recurso que estiver com sobrecarga de capacidade.

Com isso, o recurso que estiver com sobrecarga de capacidade será a restrição ou o Recurso com Restrição de Capacidade (RRC). Sendo assim, uma vez que a restrição for identificada, a mesma determina e limita o ganho de todo o sistema. Outra maneira de identificar a restrição pode ser através de uma analogia comum a corrente, seja ela em uma fábrica ou em uma organização que contenha clientes e fornecedores internos, onde sempre haverá um elo mais fraco, ou seja, um recurso, equipamento ou setor em que a sua capacidade disponível é menor do que a encontrada nos demais recursos da mesma. Em outras palavras, para melhorar o desempenho de uma fábrica, inicialmente é feita a identificação de que fator está restringindo o resultado da mesma (COX III; SPENCER, 2002).

De acordo com a Figura 4, a operação que está limitando o processo é a de número 20. Com isso, devido a sua capacidade produtiva ser a menor de todas as operações, a administração deverá focalizar os esforços nela, visto que o desempenho total do sistema depende da sua melhoria e/ou aperfeiçoamento.

Figura 4 – Operação limitante da capacidade produtiva



Fonte: Cox III e Spencer (2002).

### 2.1.3.2 Decidir como explorar a restrição

Após a identificação do recurso que limita o desempenho, é necessário garantir que este esteja sendo utilizado em sua plenitude. Para Spencer e Cox III (1995), a segunda fase é focada na determinação de como explorar a restrição, objetivando maior ganho possível. Assim, a restrição deve ser utilizada sem interrupção, ou seja, utilizando a todo instante toda a sua capacidade.

Segundo Goldratt e Cox (2002, p.170), a importância do gargalo é “[...] que a capacidade da fábrica é igual à capacidade dos seus gargalos [...] uma hora perdida em um gargalo é uma hora perdida em todo o sistema”. Ou seja, essa etapa tem o propósito de alavancar a vantagem competitiva para a empresa através do aproveitamento máximo da capacidade da restrição, como por exemplo, um desenvolvimento ótimo de *mix* de produtos, implementação de políticas adequadas de programação, e principalmente a adoção de técnicas de gerenciamento de qualidade total no RRC, tendo como objetivo a redução do tempo de *setup*, eliminação de componentes defeituosos introduzidos do RRC, adaptação da manutenção preventiva para reduzir as interrupções das máquinas, dentre outras ações. Tendo por base tais objetivos, todo e qualquer recurso que não for restrição deverá se empenhar em fornecer aquilo que a restrição necessita para executar a sua operação.

Em resumo, essa etapa é baseada na análise detalhada do funcionamento do RRC, buscando eliminar todas as ineficiências, o que possibilitará a geração de maiores resultados, sem aumentar os custos/investimentos.

### 2.1.3.3 Subordinar tudo ao recurso gargalo

Para Noreen, Smith e Makey (1996), a TOC inicia parte do princípio de que as operações possuem capacidades diferentes, onde as alternâncias estatísticas não devem ser desconsideradas.

Porém, para Spencer e Cox III (1995), a terceira etapa consiste em subordinar todas as operações não restritivas à restrição, ou seja, todos os recursos devem operar na mesma velocidade da restrição, onde a falta de material na restrição é proibida. Então, nessa fase, alguns dos recursos não restritivos ficarão ociosos, pois se torna totalmente ineficaz trabalhar mais rápido que a restrição de forma contínua, já que os níveis de inventário em processo iriam aumentar e o desempenho do sistema como um todo não seria melhorado. Para

ele, muitos gerentes desistem da implantação da filosofia nesta etapa, devido ao fato de exigir grande quebra de paradigmas gerenciais.

Subordinar resume-se em sincronizar as atividades do recurso não restrição, de acordo com a necessidade do RRC. Levando em conta que todas as operações, anteriores e posteriores a restrição, tem excesso de capacidade, o maior objetivo neste momento deve ser proteger o RRC do sistema de possíveis paradas.

Sendo assim, é necessário desenvolver uma sistemática a fim de garantir esta premissa básica, como por exemplo, a definição de horários para intervalos, quando o funcionamento de um recurso não restrição pode ser deslocado para o RRC para que o mesmo não venha a parar. Pois, os setores não gargalos iram parar em determinadas vezes, e isto servirá de indicador para que estes recursos ociosos sejam utilizados na restrição, assim possibilitando o aumento do ganho e redução de material em processo (COX III; SPENCER, 2002).

#### *2.1.3.4 Elevar a restrição*

Na segunda etapa foi determinado como aumentar a eficiência da restrição, possibilitando retirar o máximo de proveito de sua capacidade. Entretanto, caso essa ação não seja suficiente para elevar a capacidade do sistema, deve-se buscar alternativas para elevar a capacidade do RRC, o que pode ser feito através de: inclusão de turnos, mais recursos, e até a automatização do próprio recurso. Já que qualquer mudança na capacidade do recurso gargalo, seja ela de redução ou acréscimo, vai influenciar diretamente na capacidade geral da empresa (COX III; SPENCER, 2002).

Portanto, para que a restrição do sistema seja elevada devem ser consideradas alternativas para incrementar a capacidade da restrição. De acordo com Gupta, Baxendale e Raju (2002), para que a etapa de elevação da restrição aconteça, a empresa deve atuar com algum investimento, mas pode elevar o RRC a qualquer nível de capacidade que a empresa deseje. Inclusive deve-se considerar a possibilidade de alocação de equipamentos antigos, fora de uso, que já estavam desativados, mesmo que estes apresentem capacidade menor e um custo de operação mais elevado que o RRC, devido ao fato de que cada unidade a mais produzida será mais uma unidade vendida, compensando assim o gasto adicional gerado.

### 2.1.3.5 Retornar a primeira etapa, caso a restrição seja quebrada

Após a eliminação da restrição atual, é muito importante reavaliar o sistema como um todo, partindo do pressuposto de que é bem provável que tenham sido estabelecidas algumas regras em função da antiga restrição, que não possui mais nenhuma serventia a partir da mudança implementada, fazendo com que o sistema se torne limitado por uma Restrição Política. Portanto, se a restrição for quebrada na etapa anterior, deve-se voltar à primeira etapa e recomeçar todo o processo, pois daí em diante haverá um novo fator limitante, em um nível superior, que impede a obtenção de ganhos ainda maiores. Em outras palavras, se o recurso considerado gargalo sofrer uma elevação de capacidade e passar a ser uma atividade não gargalo, ainda vai existir uma restrição no processo, assim um novo gargalo será identificado (COX III; SPENCER, 2002).

Para Spencer e Cox III (1995), a quinta etapa tem como objetivo evitar que o processo de melhoria contínua seja interrompido.

A quinta etapa da TOC é executada depois que o objetivo do ciclo inicial tenha sido alcançado, ou seja, quando a capacidade da restrição tenha sido aumentada de maneira suficiente. Ao passar à procura de outro fator limitante que venha a impedir que a empresa alcance um melhor desempenho, quando comparada às metas da empresa, pode-se dizer que se tem um processo de melhoria contínua.

Diante desta abordagem, Davis, Aquilano e Chase (2001) citam que a metodologia de focalização em cinco etapas se identifica com um conceito em que há a necessidade de continuar buscando novas abordagens visando à melhoria da qualidade.

De acordo com Liker (2005), o Ciclo de Deming ou PDCA (Planejar - Fazer - Verificar - Agir) é considerado como uma base para a melhoria contínua, direcionando os esforços para a adoção de uma abordagem sistêmica visando solucionar os problemas de desempenho de uma empresa. O processo de focalização das cinco etapas está diretamente relacionado à aplicação de um PDCA de melhoria, como está descrito a seguir.

PDCA de melhoria – Visa o aumento da capacidade de uma restrição:

- a) Planejar: programar o que deve ser feito para aumentar a capacidade e definir a meta a ser alcançada, incluindo a especificação dos recursos necessários e métodos de trabalho;
- b) Executar: capacitação das pessoas e disponibilização dos recursos; implementação de todas as ações que foram programadas visando o aumento da capacidade da restrição; mensuração dos resultados obtidos;

- c) Verificar: caso os resultados esperados sejam alcançados, padronizar, e se não forem, determinar a causa fundamental deste fato;
- d) Ação: especificar o que será necessário fazer para viabilizar o alcance da meta na próxima tentativa, ou seja, a elevação da capacidade de restrição de acordo com os níveis que foram idealizados.

Portanto, o ciclo acima descrito deverá ser executado quantas vezes forem necessárias, até que os objetivos que foram fixados sejam alcançados, no caso a quebra da restrição.

#### ***2.1.4 Tambor-Pulmão-Corda***

É uma ferramenta de programação e controle da produção que permite subordinar um sistema a uma restrição, fornecendo instruções detalhadas para alguns pontos de controle, visando gerenciar o sistema como um todo através das capacidades das suas restrições. A programação Tambor-Pulmão-Corda (TPC) é uma ferramenta de planejamento voltada diretamente à programação da produção, com o intuito de desenvolver e controlar a complexidade da programação do chão de fábrica.

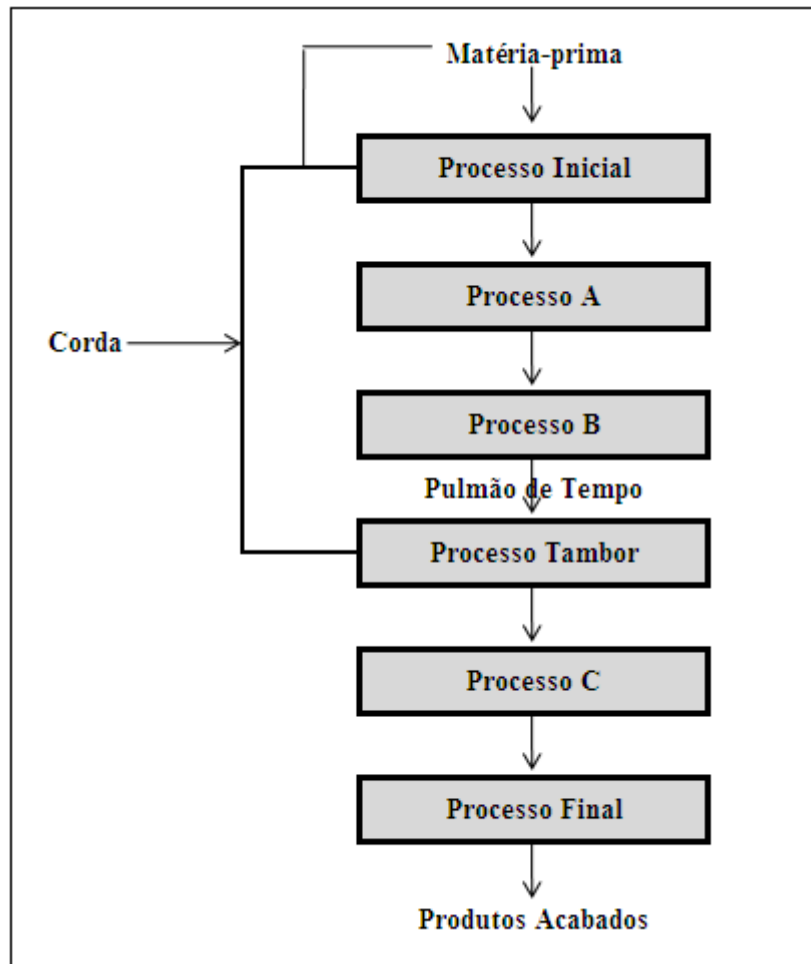
Segundo Gardiner, Blackstone e Gardiner (1993), o TPC tem como objetivo focar primeiramente nos recursos restritivos, e em segundo plano os demais recursos. Desta forma, exige uma programação somente nos pontos de liberação dos materiais, restrições, pontos de montagem, e pontos divergentes.

O termo “Tambor-Pulmão-Corda” é baseado em uma analogia proposta por Goldratt e Cox (2002), visando facilitar o entendimento da forma como o sistema produtivo deveria funcionar. O tambor é responsável pela programação da restrição, que ajusta o ritmo entre os postos de trabalho, baseando-se sempre na capacidade produtiva do recurso gargalo. O pulmão, normalmente é medido em unidades de tempo, representa o inventário anterior ao Recurso com Restrição de Capacidade (RRC), instituído com o objetivo de impedir que este recurso venha a parar por falta de material para processar, o que resultaria diretamente em uma redução dos ganhos proporcionados pelo sistema. Através de um sincronismo no fluxo dos materiais, ocorre a permissão da manutenção dos estoques dos pulmões nos níveis desejados, evitando que os demais recursos produzam acima da quantidade máxima desejada para abastecer a restrição.

A condição do pulmão após um centro de trabalho indica quando o trabalho deve começar e quando deve parar nesse centro. Portanto, o trabalho só deve começar quando o

pulmão estiver vazio e parar quando tiver sido abastecido, assim o trabalho vai sendo puxado através da fábrica, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Sistema Tambor-Pulmão-Corda



Fonte: Adaptado de Hansen e Mowen (2001).

Sendo assim, para Cox III e Spencer (2002, p. 137):

A restrição dita o ritmo do tambor, e o pulmão é a quantidade física de estoques estrategicamente posicionados para manter a restrição trabalhando, absorvendo assim as instabilidades normais do processo de produção em todos os postos localizados antes do RRC.

Assim, pode-se dizer que a corda é um dispositivo de comunicação que é acionado a partir do momento em que a restrição estiver em operação, seguindo até a operação de entrada que dispara a quantidade de material adicional que deve ser liberado para a fábrica. Assim, é a restrição que determina o ritmo das liberações de pedidos e materiais que entram no sistema, o que evidencia a importância de uma logística adequada para que o

sistema funcione de forma precisa, facilitando assim a implementação do conceito de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (SCM).

O gerenciamento da cadeia de suprimentos ou gerenciamento logístico integrado, de acordo com Christopher (1997), é compreendido como a gestão dos fluxos de informações e materiais entre a fonte e os usuários, utilizando um sistema integrado, em que facilita a ligação entre cada fase do processo, conforme os produtos e os materiais se destinam ao consumidor, maximizando o serviço oferecido ao cliente final, juntamente com a redução dos custos e os ativos detidos no fluxo logístico, gerando então ganhos para todos os envolvidos na cadeia. O uso de um sistema como esse faz com que dificilmente existam restrições relacionadas às entradas do sistema.

Com isso, é possível também usar pulmão de espaço após o RRC, protegendo então a sua produção contra interrupções nas operações posteriores, ou seja, caso algum recurso que esteja localizado após a restrição sofra alguma parada por um motivo qualquer, a restrição continuará funcionando e armazenando assim a saída gerada no espaço que foi designado. Assim, quando o recurso com a capacidade superior voltar a funcionar, o estoque em processo gerado será rapidamente consumido, fazendo com que a empresa não sofra com a redução de ganhos e vendas.

Partindo desse ponto, Hansen e Mowen (2001) esclarecem que um pulmão de tempo é o estoque necessário para manter o recurso restrito ocupado durante um determinado intervalo de tempo. Para entender a importância do pulmão de tempo, é interessante supor que se leva um dia para conseguir superar a maioria das interrupções que ocorrem nos processos que antecedem a restrição. Neste caso, um pulmão de dois dias deve ser suficiente para proteger qualquer interrupção que venha a ocorrer, inclusive as mais longas. Desta forma, ao fazer a programação, a operação que antecede o tambor (a restrição) deve produzir as peças necessárias para que o tambor opere com dois dias de consumo planejado. Sendo assim, qualquer outra operação que anteceda o tambor, deverá ser programada em retrocesso no tempo para produzir de forma que suas peças cheguem apenas a tempo para as operações que serão executadas nos diversos recursos até a restrição.

O fator corda trabalha como um ponto de alerta acionado a partir da restrição até a operação de entrada que sinaliza a liberação de material adicional para fábrica. A restrição é que determina o ritmo das liberações de pedidos de materiais que entram no sistema, afinal, todas as unidades produtivas trabalham em função da sua capacidade e tempo (COX III; SPENCER, 2002). Onde os mesmos autores citados neste parágrafo abordam o conceito do fator corda com a seguinte afirmação:

“Como sabemos que quantidade certa de material estará disponível para manter a programação da restrição? A partir da programação da restrição [...], a quantidade e os tempos de liberação da matéria-prima podem ser planejados. Este é a componente corda da programação tambor-pulmão-corda” (COX III; SPENCER, 2002, p. 93).

A programação da restrição utiliza o estoque em processo contido em toda a linha de produção até o tambor, garantindo os pulmões de tempo e físico. O pulmão físico deve ser mantido nas quantidades determinadas pelo sistema, pois liberar mais material do que consumido pelo tambor irá gerar um estoque em processo maior, e se for liberado menos material do foi consumido pelo tambor, arriscaremos um desabastecimento na restrição, não garantindo que o segundo passo das cinco etapas seja realizado. O pulmão de tempo é analisado considerando o tempo ocupado pelo pulmão físico mais a soma dos tempos operacionais entre liberação até a unidade tambor, garantindo um tempo suficiente para a absorção das interrupções não planejadas nos processos não restritivos.

“O material liberado para as operações iniciais [...] na mesma razão (horas padrão) em que ocorre a produção na restrição (horas padrões são consumidas). Se for liberado mais material do que é consumido na restrição, então simplesmente será acumulado estoque intermediário desnecessário. Qualquer quantidade liberada menor que a razão de consumo pela restrição fará com que a restrição fique sem material para ser processado. A programação de liberação de material deve fornecer um pulmão de tempo entre a liberação de material e a restrição. [...] O pulmão de tempo deve ser bem maior que a soma de todos os tempos de processamento em todas as operações entre liberação e a restrição, deve ser grande o suficiente para permitir que a maioria das operações trabalhe em outros componentes primeiro e deve ser grande o suficiente para absorver as interrupções não planejadas que são comuns em ambiente de manufatura” (COX III; SPENCER, 2002, p. 93).

Resumidamente tem-se o tambor que é a restrição do fluxo de produção e que também determina a capacidade da linha, temos o passo de identificação da restrição atendida. Após isso devemos respeitar o segundo passo que é explorar o gargalo, mantendo-o sempre abastecido, gerando dessa forma um estoque de materiais não acabados relativamente alto quando comparado à capacidade da restrição, garantindo um tempo de proteção para as variabilidades do sistema, chamamos este estoque de pulmão, este tempo de proteção é calculado utilizando o estoque em processo, se o tambor consumir uma determinada quantidade do pulmão físico esta quantidade deve ser repostada ao pulmão através da liberação de materiais pelo setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP). O material que deve ser liberado é determinado pelo pulmão da expedição, em que todo produto possui o seu tempo de processo e o pulmão será o tempo com acréscimo para que este produto esteja presente na expedição. Os indicadores do que deve ser liberado e em que quantidade chama-se corda, esta parte da programação que garante o terceiro passo de subordinar todo o resto a



restrição do sistema, afinal, todas as unidades produtivas só trabalharam com a quantidade de material que foi necessário para abastecer a restrição.

### ***2.1.5 Gerenciamento de pulmão***

Na Teoria das Restrições, o Gerenciamento de Pulmão é um processo no qual toda a expedição da fábrica ocorre conforme o que for programado para estar nos pulmões (restrição, expedição e o pulmão de montagem) a cada instante.

Onde, conforme Hansen e Mowen (2001):

“Um pulmão de tempo é o estoque necessário para manter o recurso restrito ocupado por um intervalo específico de tempo. Por exemplo, se são necessários dois dias para superar a maioria das interrupções que ocorrem nos processos antecedentes do tambor, então um pulmão de quatro dias deve ser o suficiente para proteger o processo de possíveis variações. É importante manter a programação sempre atualizada para haver flexibilidade em possíveis variações no sistema” (HANSEN; MOWEN, 2001, p. 89).

Enfim, através da liberação desses materiais nos pulmões, o sistema irá ajudar a evitar que a restrição fique ociosa, atrasando assim as entregas dos clientes, assim como o excesso de estoque em alguns pontos, fazendo com que os postos de não restrição trabalhem de acordo com o ritmo da restrição, e não diretamente vinculados a sua capacidade.

Segundo Spencer e Cox III (1995), o gerenciamento de pulmões tem como objetivo principal proteger a restrição e agir como sinalizador no abastecimento de todas as operações do processo. Entretanto, no caso de falta de itens nos pulmões, é possível utilizar ferramentas próprias da TOC, que serão citadas adiante neste trabalho, visando determinar suas principais causas e priorizar ações para solucionar tal questão.

### ***2.1.6 A meta e o conceito de ganho***

O motivo pelo qual as organizações industriais são desenvolvidas é a procura de arrecadar dinheiro, a esta conclusão damos o nome de meta. Parece simples, mas algumas ações que são tomadas dentro das organizações, às vezes, não parece seguir esta linha de raciocínio. Para que estas ações sempre visem à meta, precisamos de ferramentas que nos

mantenham nesse foco. A meta de uma organização industrial é ganhar dinheiro. “E tudo o mais que fazemos são meios de se atingir a meta” (GOLDRATT; COX, 2002, p.67).

A partir da necessidade de manter o foco na meta, temos os indicadores de desempenho. Segundo Goldratt e Cox (2002):

“Ganho é a taxa na qual o sistema gera dinheiro através das vendas [...] Inventário é todo o dinheiro que o sistema investiu na compra de coisas que tem a intenção de vender [...] Despesa operacional é todo o dinheiro que o sistema gasta para transformar inventário em ganho” (GOLDRATT; COX, 2002, p. 69).

Em outras palavras tudo o que for realizado na organização deve aumentar a capacidade de entregar mais volumes de bens ou serviços (ganho), deve reduzir o estoque em processo, diminuindo o tempo e dinheiro investido para manter estes estoques (inventário), e deve reduzir o valor dos recursos utilizados como, por exemplo, a mão de obra (despesa operacional).

### ***2.1.7 Redução dos estoques em elaboração***

A TOC prega que os inventários de material em processo podem criar grandes problemas operacionais que prejudicam as mais óbvias retenções de custo que estão associadas com os inventários. Os inventários tanto criam como escondem ineficiências e problemas operacionais. Devido a este fato, a TOC tenta eliminar ao máximo esses inventários excessivos de material em processo e através disso melhorar os processos, afim de que um inventário de segurança menor precise ser mantido contra problemas imprevisíveis. Uma afirmação que traduz esse conceito é:

“Se for liberado mais material do que é consumido na restrição, então simplesmente será acumulado estoque intermediário desnecessário. Qualquer quantidade liberada menor que a razão de consumo pela restrição fará com que a restrição fique sem material para ser processado. A programação de liberação de material deve fornecer um pulmão de tempo entre a liberação de material e a restrição” (COX III; SPENCER, 2002, p.93).

Pode-se afirmar que as empresas que possuem inventários de material em processo maiores do que os dos seus concorrentes acabam ficando em séria desvantagem, já que os tempos de ciclo e os prazos de entrega são reduzidos quase automaticamente com as reduções no excesso de inventários desse tipo. Por exemplo, caso uma fábrica tenha seis semanas de inventário ocioso de material em processo a qualquer tempo, então em média serão necessárias seis semanas para um trabalho ser completado do início ao fim, além do tempo real de processamento do produto. Neste caso, é comum que a empresa tenha que

apressar a entrega dos seus pedidos, já que seu concorrente consegue finalizar a produção mais rapidamente e o cliente passa a pressionar por entregas mais rápidas, o que exigirá mais pressa e conseqüentemente gastos adicionais com itens, como horas-extras para que possam atender as datas solicitadas. Goldratt e Cox (1992) abordam essa linha de raciocínio, afirmando que quando as organizações trabalham com uma grande quantidade de material em processo é possível que as datas de entrega não sejam cumpridas, e que manter um inventário em menor tamanho permite uma melhor posição em relação aos concorrentes se tratando de produtos entregues dentro do prazo.

Resumindo, os inventários em excesso podem aumentar os tempos de ciclo, reduzir o desempenho em relação ao prazo de entrega, aumentar a média de defeitos, aumentarem as despesas operacionais, reduzir a habilidade de planejar, e por fim, reduzir as vendas e os lucros. Esses aspectos negativos dos inventários altos podem ser mais levados em consideração em uma empresa do que em outra.

### 3 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será descrita a empresa escolhida, definindo os processos, a explicação do problema e também a aplicação das ferramentas da Teoria da Restrição a fim de encontrar uma solução ao problema.

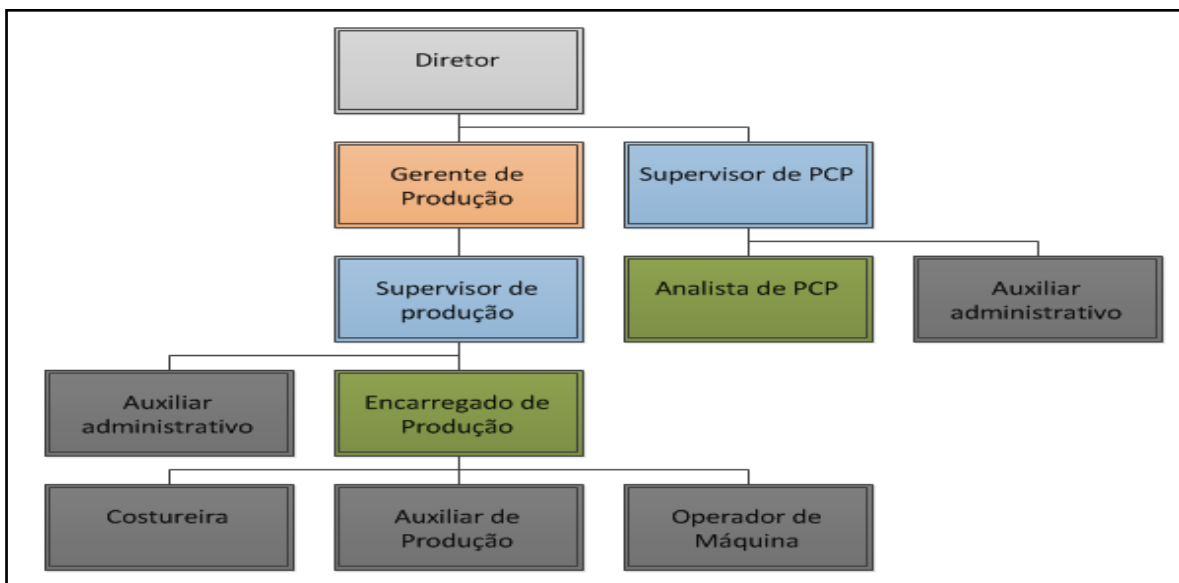
O estudo de caso foi realizado no setor de costura de uma indústria de confecções, onde os produtos passam por uma linha produtiva, com diferenças em diversas características, variando de acordo com o modelo e o tipo de material utilizado.

A empresa estudada é participante da cadeia Têxtil/Confecções, nos quais os principais produtos produzidos são calças e bermudas *jeans*, camisas e calças sociais, onde tem mais de seis mil funcionários em suas três filiais em Fortaleza-CE, e ainda possui matriz em Natal – RN que é composta por mais cinco fábricas. O estudo foi direcionado a uma das unidades de Fortaleza.

#### 3.1 Descrição do processo produtivo

O sistema, ou seja, a empresa como um todo, possui cinco níveis de hierarquia. Seus processos são separados por áreas, como da criação, do planejamento, do gerenciamento e da supervisão das atividades fabris. O trabalho será baseado nos colaboradores das células de costura. A figura 6 mostra a estrutura das hierarquias.

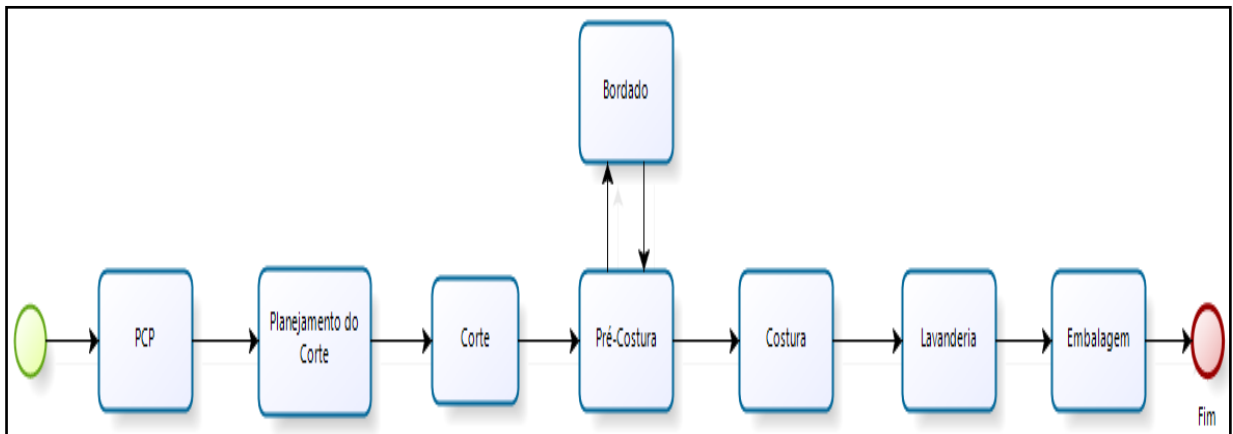
Figura 6 – Estrutura hierárquica da fábrica em estudo



Fonte: Autor (2016).

Conforme fluxograma da figura 7, o sistema produtivo é dividido em setores de Planejamento e Controle da Produção (PCP), Planejamento do Corte, Corte, Pré-Costura/Bordado (Preparação), Costura (montagem), Acabamento/Lavanderia e Embalagem, além do setor de criação/estilo no início do processo produtivo. As células de costura são chamadas de PUP (Pequena Unidade de Produção) e trabalham com um grupo médio de 35 costureiras.

Figura 7 – Fluxograma da linha de produção da fábrica estudada



Fonte: Autor (2016).

### 3.2 Situação encontrada

A empresa em estudo estava em processo de mudança devido à exigência de mercado com relação à área têxtil e de confecção, em que era necessário um atendimento de entrega com maior rapidez, ou seja, a distância entre a criação do produto e a entrega para o cliente deveria ser cada vez menor.

Com isso, alguns problemas foram identificados durante a análise inicial da situação da empresa, um deles foi a priorização dos produtos, onde a decisão da sequência de que produtos deveriam ser produzidos era delegado apenas pela afinidade dos setores com os produtos, em outras palavras, se um produto trazia alguma queda de produtividade devido a sua complexidade, a mesma era produzida apenas quando não havia mais produtos simples ou quando já estava com a sua entrega em atraso.

Outro fator que gerava o desperdício de tempo era o abastecimento entre setores. Este acontecia de forma empurrada, os setores de maior capacidade, enviavam suas produções para os setores de menor capacidade para que os mesmos tentassem absorver tudo. Isto gerava estoques intermediários imensos, não só entre setores, mas também entre operações.

O último fator que contribuía para o aumento do estoque em processo era a liberação de novas ordens de produção para a fábrica, onde o PCP possuía uma meta de 17.000 peças por dia, independente se a fábrica produzia ou não essa a quantidade no dia anterior. Com essa ação diária, o acúmulo de peças dificultava o trabalho contínuo das referências. As peças faziam filas, mesmo antes de dar início aos seus processos e se acumulavam ao longo da fábrica, dificultando seu encerramento.

Enfim, antes da implantação do projeto, ocorriam diversos atrasos nas suas entregas, devido a fatores como o alto número de peças em elaboração, baixa produtividade, baixa utilização dos equipamentos e *lead time* das ordens de produção longo demais. O Desempenho de Entrega dos pedidos, que é a divisão da quantidade de peças que foram entregues no mês pela quantidade de peças relativa à carteira de pedidos do mês, também apresentava valores insatisfatórios.

Portanto, com o levantamento de todos esses problemas identificados no fluxo produtivo, foi iniciado o processo de melhoria baseado na TOC com a utilização da metodologia de Focalização dos Cinco Passos e da ferramenta TPC, onde houve a participação de todas as áreas pertinentes, atuando no acompanhamento de todos indicadores de desempenho e nas sugestões e execuções de melhorias. Neste caso as áreas inseridas nesse projeto, contou com a participação de um integrante por setor, nos quais foram o PCP através do Analista atuando principalmente no controle dos indicadores e nas ações ligadas ao fator corda do TPC assim como também nas propostas de melhorias no gargalo, o Analista de Projetos com a gestão de cronograma das tarefas, Gerentes e Supervisores de Produção com a observação *in loco* e as execuções e sugestões de melhorias no processo produtivo, os Analistas de Engenharia e Processos no desenvolvimento e acompanhamento de métodos operacionais mais eficientes, juntamente com os consultores externos especializados na TOC, possibilitando todo o suporte teórico e prático para a implantação dessa filosofia.

### **3.3 Aplicação do método de focalização das cinco etapas**

#### ***3.3.1 Identificação do gargalo***

O primeiro passo no método foi a identificação do gargalo (restrição), em que pode ser identificado da seguinte forma:

- a) Observação *in loco* dos setores, extraindo dos colaboradores alguns dados;

- b) Levantamento do tempo operacional de cada setor para a realização de um produto, aquele que possuir o tempo operacional mais elevado, provavelmente seria o gargalo;
- c) Histórico de produção dos setores, avaliando aonde existe a menor média de produção entre eles.

Avaliando a fábrica em estudo, observa-se que os setores possuíam metas individuais baseadas em seu histórico de produção como mostra a tabela 1.

Tabela1 – Tabela com capacidades diárias dos setores

| <b>Setor</b> | <b>Meta (peças de roupa)</b> |
|--------------|------------------------------|
| Corte        | 23.000                       |
| Preparação   | 20.000                       |
| Costura      | 17.000                       |
| Lavanderia   | 20.000                       |
| Acabamento   | 20.000                       |
| Embalagem    | 20.000                       |

Fonte: Autor (2016).

Pelas médias de produção, percebe-se que a menor delas se encontra no setor de costura, logo concluiu-se que o setor de costura é o gargalo. Ao ser avaliado o tempo operacional, verifica-se que o tempo de processamento no setor de costura ultrapassava os 20 minutos, enquanto nos demais setores não chegavam há 5 minutos, assim novamente a costura se torna o gargalo.

O setor de costura sendo o gargalo e possuindo uma capacidade de passar 17.000 peças/dia, pode-se afirmar que a fábrica possui capacidade de passar 17.000 peças/dia, afinal a restrição da linha de produção limita o sistema inteiro. A partir daqui obteve-se a capacidade de toda a linha produtiva.

### ***3.3.2 Explorar a restrição***

Nessa etapa foi necessária a avaliação de melhorias viáveis que possam ser adotadas para garantir um melhor aproveitamento da restrição, eliminando assim suas ineficiências, e gerando maiores resultados sem influenciar nos custos/investimentos.

Portanto, a seguir são explanadas as ações de melhorias aplicadas no setor de costura, no qual foi identificado como o recurso gargalo.

### 3.3.2.1 Full Kit para as PUP's

Para que o processo de costura pudesse ser realizado sem paradas por falta de abastecimento de componentes da peça e que as operadoras do recurso gargalo focassem apenas nas tarefas pertinentes ao setor, foi criado um *check list* onde os setores de corte, pré-costura e suprimentos conferem e asseguram que todo o material necessário para a confecção da peça está disponível para ser utilizado, sendo chamado assim de *full kit* ou *kit* completo.

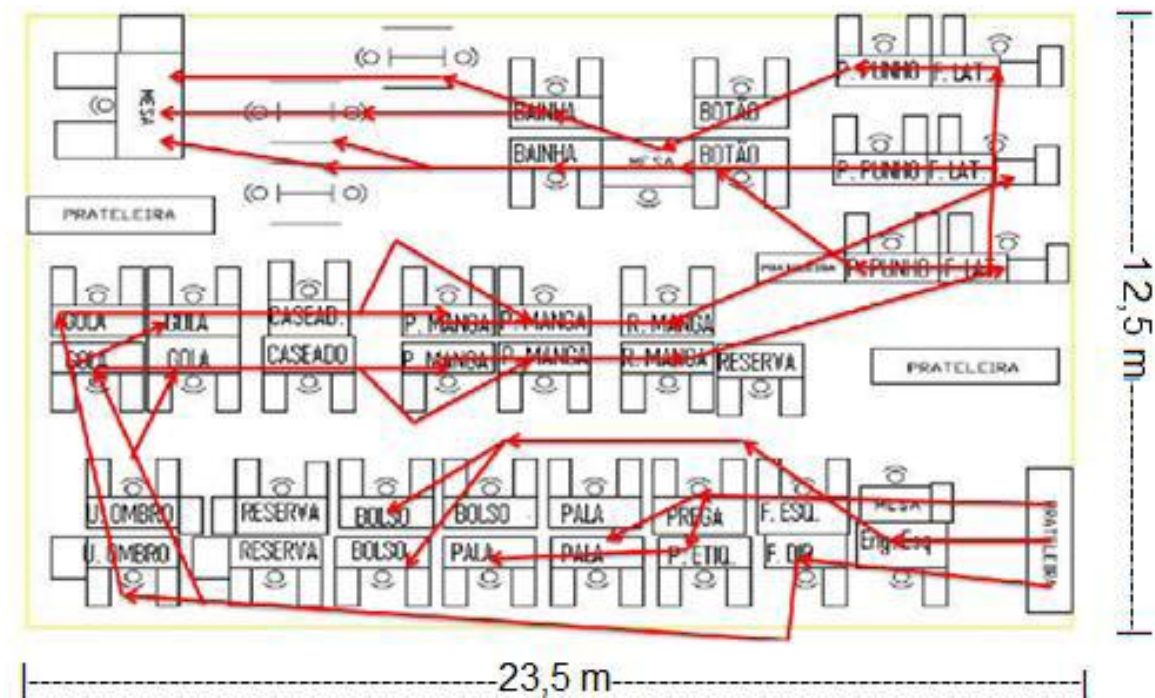
Nessa etapa do projeto, o PCP primeiramente efetua toda a verificação de *kit* completo para a liberação do produto a ser produzido, checando assim se o mesmo possui pedido comercial na quantidade e cor correta, verifica se o tecido para aquele determinado produto encontra-se em estoque e se possui a quantidade necessária para atender tal necessidade, e por fim se todos os suprimentos também se encontram disponíveis para sua utilização. Caso o produto esteja com o *full kit*, a ordem de produção é liberada para a fábrica, e passa por todo o processo de modelagem, encaixe, corte e preparação, para daí ser encaminhada para o setor de costura. Ao ser destinado à PUP pelo PCP local da fábrica, é efetuado um novo *check list* com as partes (exemplo: bolsos, golas e etc.) da peça, fazendo com que o setor de corte e preparação fique responsável pelo envio do *kit* completo para o setor de costura. Caso contrário, são levantadas as bandeiras sinalizadoras, fazendo com que os responsáveis pelo *check list* verifiquem o que e porque está faltando alguma parte.

Portanto, houve um aumento de produtividade do setor de costura, já que todas essas atividades eram feitas anteriormente pelo próprio setor de costura.

### 3.3.2.2 Adequações de layout

Ao iniciar o processo no setor de costura, foi visto que o *layout* não estava adequado, resultando em operações fora de seqüência, fazendo com que as costureiras tivessem que se levantar dos seus postos de trabalho para pegar novos atados ou deixar para as próximas operações, gerando assim perdas quanto à produtividade, demoras para completar os processos, e um fluxo que não estava totalmente apropriado para um determinado tipo de produto, como pode ser visto na Figura 8.



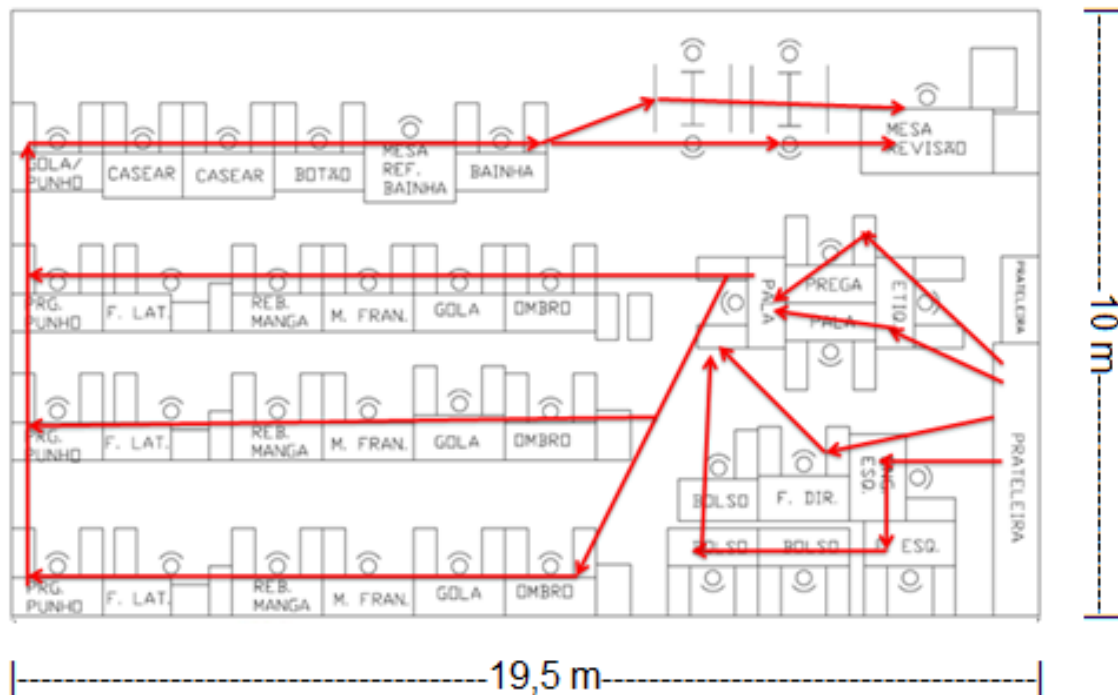
Figura 8 – *Layout* antigo

Fonte: Autor (2016).

Foram então implantadas diversas mudanças nos *layouts* dos setores de costura, que passaram a ser adaptáveis a cada tipo de produto a ser produzido, de acordo com o fluxo de seu processo, buscando assim uma velocidade maior da produção, garantindo mais espaço disponível na fábrica.

Para facilitar nas constantes mudanças de *layout* que passariam a acontecer, foram feitas algumas modificações nas mesas das máquinas, onde foram instalados rodízios, visando assim uma maior agilidade no setup do layout. Com a modificação adotada gerou-se maior facilidade para os operadores, pois através da adequação do fluxo é possível que eles saibam a seqüência correta do processo, diminuindo assim o tempo de deslocamento entre eles, e colaborando para a execução do *one piece flow* (fluxo peça a peça), onde após cada operação da peça feita o operador pode passar para a próxima, sem precisar esperar completar todo o lote de produção. O novo *layout* é mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Layout atual



Fonte: Autor (2016).

### 3.3.2.3 Limitação do estoque em processo nas PUP's

Passou-se a controlar de forma mais rigorosa a quantidade de peças em elaboração, com o objetivo de reduzir as liberações feitas pelo PCP. Com isso, houve a diminuição da quantidade de peças dentro das PUP's, que antes era de duas mil peças e passou a ter, aproximadamente, 270 unidades. Desta forma, foi possível melhorar a visualização dos gargalos existentes, que devido ao grande número de peças em elaboração não era identificado com tanta facilidade. Em seguida, houve redução quanto à quantidade de peças por atados, que são os lotes de produção compostos por 25 ou 30 peças antes da implantação do projeto, e que passou a ter apenas 15 peças, influenciando assim na agilidade do processo produtivo e fazendo com que as costureiras conseguissem finalizar cada atado mais rápido, passando o serviço para a próxima operação sem gerar paradas.

Outro fator essencial para a execução da ferramenta TPC foi a criação de limitadores visuais de WIP (*Work in Process*), ou seja, o nível de estoque em elaboração dentro do processo da costura, onde cada PUP só poderia ter aproximadamente 270 peças em elaboração, assim passou-se a utilizar tiras que seguiam presas a cada atado com 15 peças cada, e neste caso limitando ao setor de costura ter somente 18 tiras em processo, com isso o controle do WIP tornou-se mais dinâmico. A seguir estão figuras 10, 11 e 12 com a

representação de um atado e a situação das PUP's antes da limitação do estoque em processo e depois da ação de melhoria respectivamente.

Figura 10 – Representação das tiras de sinalização que acompanham os atados



Fonte: Autor (2016).

Figura 11 – Nível de estoque em processo antes da limitação do WIP



Fonte: Autor (2016).

Figura 12 – Nível de estoque em processo após da limitação do WIP



Fonte: Autor (2016).

### ***3.3.3 Subordinar tudo a restrição***

Para obter o nivelamento da produção e a redução dos produtos em elaboração, foi utilizada a ferramenta do TPC. Com isso, consegue-se impor um ritmo adequado ao setor de costura, ou seja, à medida que as ações realizadas nas etapas seguintes viabilizarem um aumento na capacidade das restrições, todo o sistema será influenciado pelo ritmo atingido. Assim, evita-se que o nível de produtos em elaboração se mantenha elevado, viabilizando então uma melhoria da eficiência produtiva como um todo. Na prática foram determinados pulmões que antecedem a restrição, fazendo com que as operações anteriores a ela trabalhassem em função da mesma, ou seja, caso o gargalo esteja abastecido as costureiras ficam paradas até que necessite de abastecimento.

Durante a implantação do primeiro e do segundo passo foi identificado o setor costura como sendo o gargalo, ou restrição, da linha de produção, a qual sua capacidade era de 17.000 peças/dia. A partir da capacidade máxima do recurso restrição, tem-se a capacidade

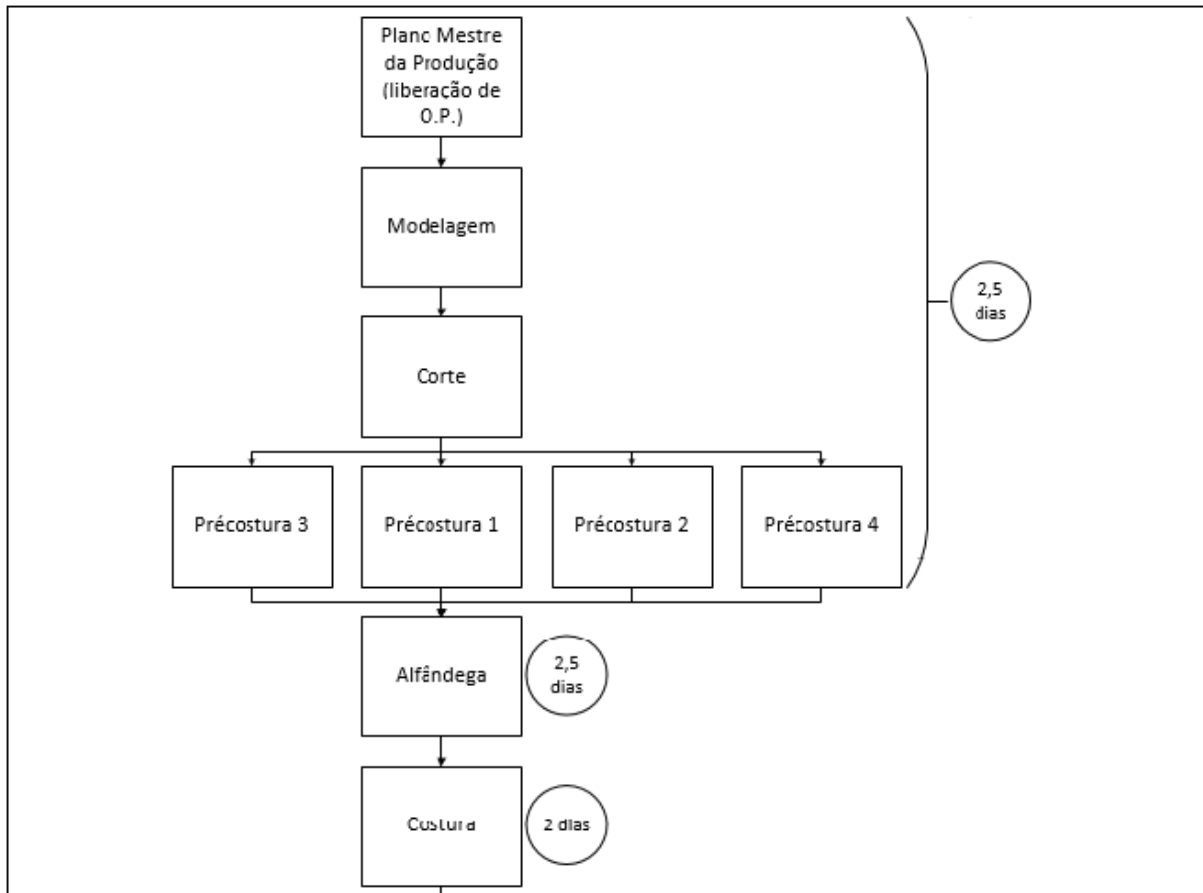
de toda a linha, pois a restrição limita todo o sistema, a esta restrição chama-se Tambor. O Tambor irá definir a capacidade de toda a linha e será utilizado para acompanhar o estoque em processo da empresa.

O pulmão é a gordura de tempo que pode ser dado ao sistema para que se proteja de prováveis eventualidades, no caso estudado, será o somatório de todas as operações, de todos os setores não restritivos e do restritivo, mais um tempo de proteção para eventuais situações que atrasem a conclusão das operações dos setores.

O recurso restritivo ao ser identificado, indiretamente informa que o mesmo recurso é o único do sistema que não pode parar, logo o objetivo é sempre manter este recurso abastecido, no qual é um dos fatores que possibilitará utilizar o máximo possível da capacidade do gargalo. O pulmão de tempo da restrição é o que garante a não parada das atividades do setor de Costura. Este pulmão é calculado pelas quantidades de peças em processo em toda a linha de produção até o gargalo, na qual essa quantidade de dias de processo até o gargalo será de decisão da própria fábrica, pois definirão quantos dias de processo a mesma gostaria de possuir para a proteção da restrição.

Neste caso, a principal função do pulmão é proteger o gargalo de eventuais problemas que ocorram na linha de produção. Na fábrica estudada, adota-se uma média de 6 a 7 dias de processo no pulmão de restrição, mas deste tempo, 2 a 2,5 dias devem estar prontos para serem abastecidos para o gargalo. A figura 13 mostra o funcionamento dos tempos de WIP implantado na empresa.

Figura 13 - Tempos de estoque em processo (WIP) que cada setor deve possuir



Fonte: Autor (2016).

A partir da figura 13 é possível observar que a fábrica estudada utilizou o setor da alfândega, para armazenar e organizar uma quantidade de peças preparadas para costura, equivalendo a 2,5 dias de processo, garantindo que, independente do que ocorrer nos setores anteriores, a alfândega terá abastecimento para o setor de costura. Outros 2 dias no setor de costura são o somatório de peças que estão sendo processadas mais uma quantidade de peças abastecidas para iniciarem no outro dia. Os demais 2,5 dias que estão espalhados entre os setores de PCP, modelagem, corte e preparação, devem ser processados pelos mesmos, ao ponto que o pulmão gerado na alfândega não se esvazie.

Para que seja mantida a mesma quantidade de dias de processo até a restrição e não gere aumento do estoque em processo sem necessidade, é necessário que a quantidade de peças que são geradas ordens de produção pelo PCP, seja igual à quantidade de peças produzidas pela costura. Neste momento, é visto o conceito de corda do TPC, pois o volume de peças que a costura produz, orienta qual deve ser o volume liberado pelo PCP.

Analisando os setores pós costura, principalmente para a embalagem e expedição, é possível observar que todos os produtos possuem as suas datas de entrega e algumas delas possuem o tempo de entrega maior que o estoque em processo da fábrica, logo um segundo pulmão é aplicado, chamado de pulmão de expedição conforme demonstrado na tabela 2. Este pulmão é formado pelo somatório dos tempos operacionais de todo o processo da linha de produção, mais um tempo dado de proteção contra eventuais problemas que ocorram no processo.

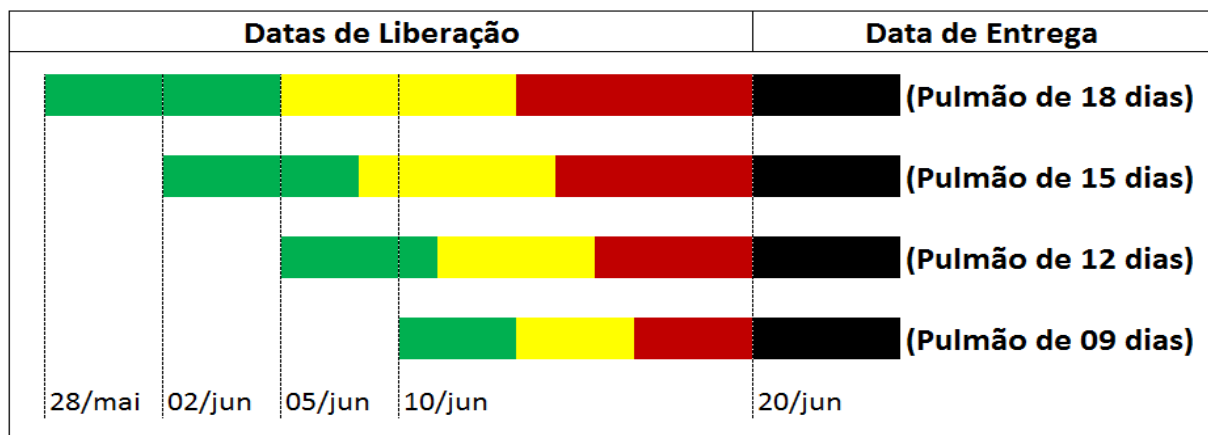
Tabela 2 – Tabela de classificação do tempo de pulmão de expedição

| Varição do Tempo de Processo do Produto | Tempo de Pulmão de expedição |
|---|------------------------------|
| 15 dias a 17 dias                       | 18 dias                      |
| 12 dias a 14 dias                       | 15 dias                      |
| 9 dias a 11 dias                        | 12 dias                      |
| até 8 dias                              | 9 dias                       |

Fonte: Autor (2016).

A tabela 2 demonstra que há diferença entre o tempo operacional e o tempo que é dado com o acréscimo de tempo formando um pulmão. Esta ferramenta será utilizada para determinar as datas máximas para que o setor de PCP gere as ordens de produção, liberando os produtos para a fábrica. Para um melhor entendimento, por exemplo, se forem quatro produtos com a mesma data de entrega, mas cada um deles possui cada um dos tempos operacionais da tabela 2, a figura 14 mostra como ficaria a liberação.

Figura 14 – Quadro de classificação do tempo de pulmão de expedição



Fonte: Autor (2016).

No exemplo, têm-se quatro produtos com a data de entrega para o dia 20 de junho, mas as datas de liberação se divergem por conta do *lead time* de processamento de cada produto, ou seja, os tempos de pulmão de expedição de cada um deles, onde o objetivo é garantir que os produtos sejam entregues dentro do prazo. As cores utilizadas na figura são cores que orientaram a linha de produção, para que produtos que estão mais próximos de suas datas de entrega sejam priorizados. Cada cor representa uma diminuição de 33,3% do seu tempo de pulmão de expedição conforme ilustrado na figura 15.

Figura 15 – Descrição de cada cor de prioridade

| Cor de Prioridade | Descrição  |
|-------------------|--|
| Verde             | Tempo total de pulmão de expedição ou até um tempo maior que 66,6% do tempo. |
| Amarelo           | Entre 66,6% e 33,3% do tempo de pulmão de expedição                          |
| Vermelho          | Entre 33,3% do tempo de pulmão de expedição e o dia de entrega               |
| Preto             | Tempo ultrapassou a data de entrega  |

Fonte: Autor (2016).

Com a utilização das cores para representar a situação da aproximação da data de entrega, a fábrica estudada utilizou-se de painéis ou outras ferramentas que indicassem qual a cor de prioridade de cada produto. Um exemplo que traduz bem isso é o caso de um produto que possui a cor de prioridade vermelha que chega ao setor alfândega, onde mesmo que este tenha 2,5 dias de estoque em processo de produtos das cores verdes ou amarelas, o produto com cor de prioridade vermelha seria o primeiro a ser processado no setor alfândega.

Nas figuras 16, 17, 18 e 19, serão mostrados exemplos de controles de cores gerados pelos setores da fábrica estudada.

No exemplo da figura 16, cada coluna em azul representa uma máquina de corte, ao quais os produtos estão em seqüência de prioridades de baixo para cima. Em uma das máquinas a referência de cor de prioridade amarela está à frente das demais que estão com cor de prioridade verde.



Figura 16 – Quadro informativo do setor do corte



Fonte: Autor (2016).

No exemplo da figura 17, as colunas em branco recebem os produtos em seqüência de prioridades de baixo para cima. O produto de cor de prioridade preta está á frente das demais que estão com cor de prioridade verde.

Figura 17 - Quadro informativo do setor da preparação



Fonte: Autor (2016).

No caso da figura 18, cada palete possui várias peças de um único produto, para cada produto foi colocado um cone de linha com a cor de prioridade do produto.

Figura 18 – Controle de cores utilizado pelos setores Lavanderia e Acabamento



Fonte: Autor (2016).

Na figura 19, cada caixa possui uma cor de prioridade e dentro de cada caixa, a várias tabelas de *Pack* para cada produto. Os colaboradores iniciam suas atividades recolhendo as grades nas caixas seguindo a seqüência: preto, vermelho, amarelo e por último verde.

Figura 19 - Controle de cores utilizado pelo setor de embalagem



Fonte: Autor (2016).

### ***3.3.4 Elevar a restrição***

Para elevar a capacidade produtiva da restrição, é necessário adotar algumas ações até alcançar o nível que foi especificado no planejamento. Porém, para alguns casos, tais investimentos devem ser realizados após a viabilização de uma determinada ampliação dos postos de trabalho, que antes da implantação eram considerados como gargalos.

Como o nível de processo na fábrica foi reduzido e subordinado ao ritmo do gargalo, em alguns momentos os operadores dos setores não considerados restritivos ficam ociosos, então nesse caso, foi sugerido que esses operadores auxiliassem na produção do gargalo elevando assim sua capacidade, então quando há necessidade de reabastecer o pulmão, os operadores voltam à sua operação de origem.

### ***3.3.5 Retornar ao primeiro passo, caso alguma restrição tiver sido quebrada***

Caso não ocorra um monitoramento adequado, novas restrições poderão surgir em diferentes pontos do sistema, causando a queda de rendimento no mesmo. Daí a importância de um acompanhamento rigoroso, concentrando-se em identificar quaisquer novas restrições surgidas e, neste caso, colocar em prática novamente a metodologia proposta pela Teoria das Restrições. Caso contrário, todo o progresso obtido poderá ser perdido.

### 3.4 Análise e discussão dos resultados

Nessa etapa são evidenciados os ganhos obtidos após a aplicação dos passos de aprimoramento contínuo da TOC, com base nos seguintes indicadores:

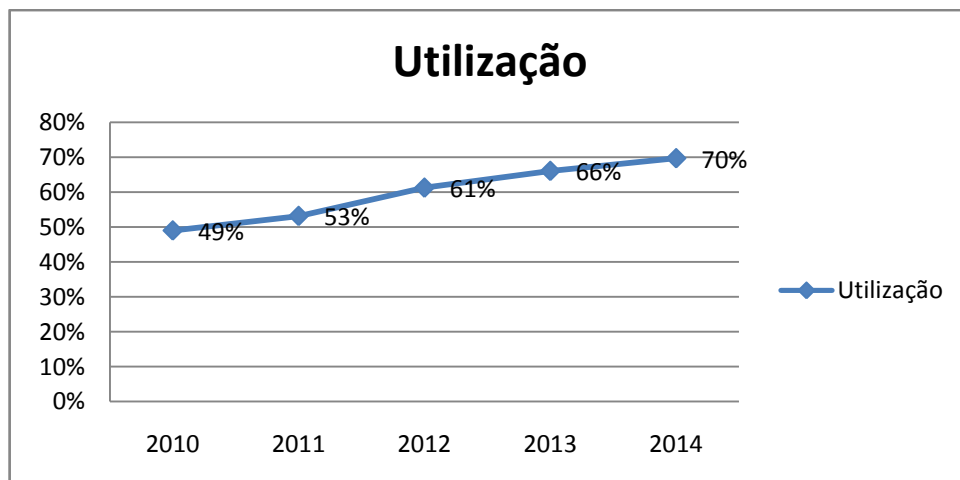
- a) Utilização: utilização real do tempo disponível por pessoa;
- b) WIP: nível de estoque em processo em dias, baseado na razão entre o volume total de peças em processo pela produção média dos últimos quatro dias do setor de costura;
- c) *Lead time*: quantidade média em dias em que um produto fica em processo;
- d) Produção diária: quantidade de peças produzidas por dia pelo setor de costura;
- e) Pessoas disponíveis: numero de operárias disponíveis;
- f) Taxa de entrega no prazo: valor em porcentagem, dos produtos que foram entregues dentro do prazo estabelecido pelo comercial.

Assim com a quantificação dos indicadores mais importantes, o processo pode ser gerido com mais precisão, pois através dos mesmos fica mais fácil medir os impactos das ações locais que foram tomadas para atingir o resultado global do sistema como um todo.

A seguir estão os gráficos 1, 2, 3 e 4 com os históricos dos indicadores mais importantes.

No gráfico 1 está a evolução do indicador de Utilização, na qual é calculada com a divisão entre a multiplicação de unidades produzidas pelo tempo padrão de cada peça e a multiplicação de pessoas disponíveis pela carga horária total disponível, ou seja, é o valor real de quanto é utilizada a capacidade, que melhorou de 49% em 2010 para 70% em 2014.

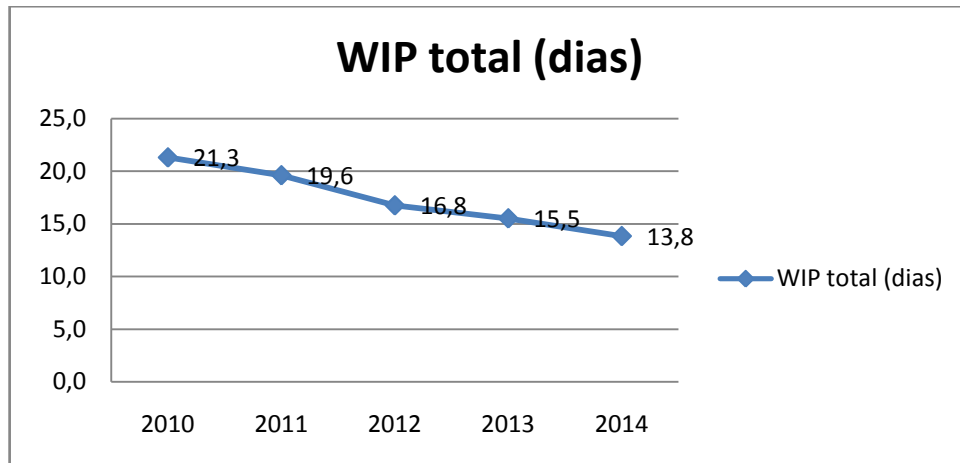
Gráfico 1 – Histórico do indicador de utilização



Fonte: Autor (2016).

Conforme gráfico 2, houve uma melhora significativa para o WIP, onde é definido através do número total de peças em processo dividido pela quantidade média de produção da costura dos últimos 4 dias, portanto é um indicador que demonstra o quanto o processo está subordinado ao gargalo. Houve uma redução de 21,3 dias em 2010 para 13,8 dias em 2014.

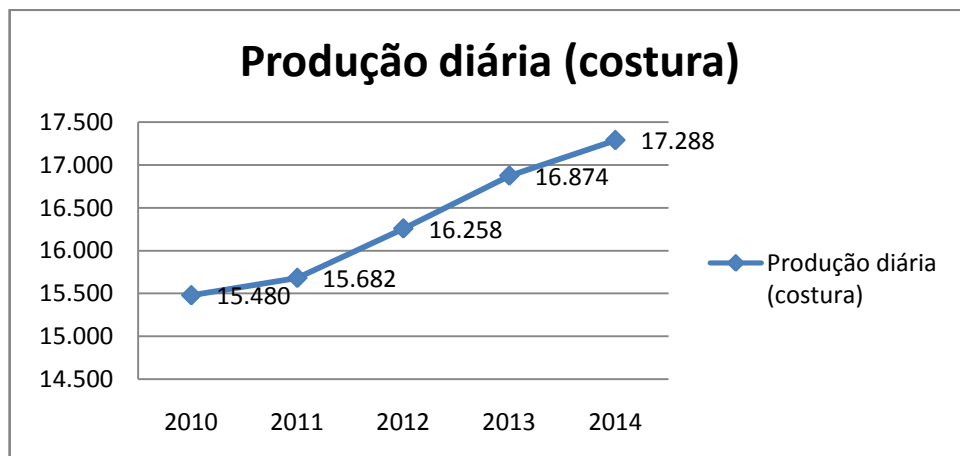
Gráfico 2 – Histórico do WIP



Fonte: Autor (2016).

No gráfico 3, está o histórico da produção diária média de peças do setor de costura, em que a evolução demonstrada ao longo tempo, deve-se ao fato da utilização da ferramenta TPC, onde em diversos momentos os recursos não considerados gargalos eram usados no setor de costura, assim possibilitando a elevação da capacidade do gargalo. Foi alcançado um aumento de 15.480 unidades diárias em 2010 para 17.288 unidades diárias em 2014.

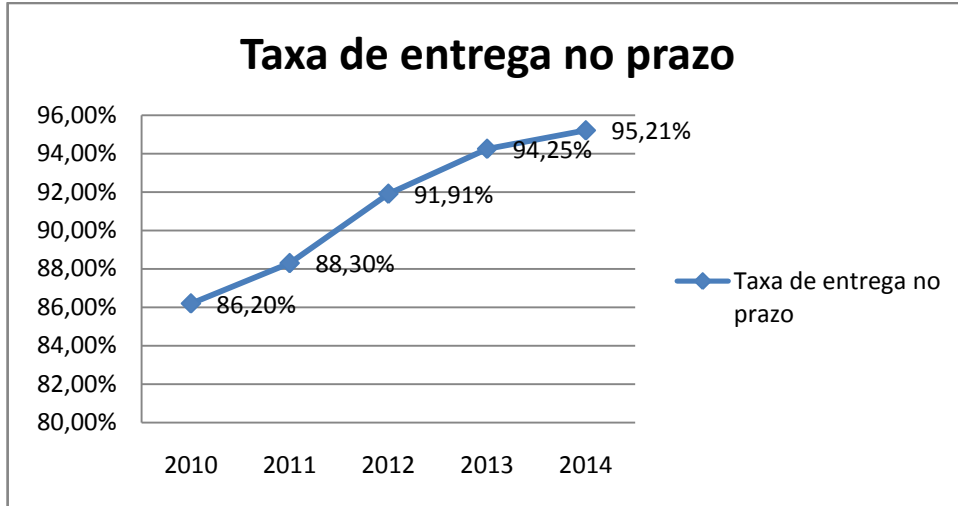
Gráfico 3 – Histórico da produção diária do setor de costura



Fonte: Autor (2016).

De acordo com o gráfico 4 abaixo, o número de produtos entregues dentro prazo aumentou, onde em 2014 obteve 95,21 % de entregas atendidas até data limite estabelecida pelo setor comercial.

Gráfico 4 – Histórico da taxa de produtos entregues dentro do prazo



Fonte: Autor (2016).

Na tabela 3 estão os históricos de todos os indicadores utilizados na empresa estudada, assim como os ganhos obtidos desde o início do processo no ano de 2010 até o ano de 2014.

Tabela 3 – Tabela com históricos dos indicadores de desempenho

| INDICADOR                     | ANO    |        |        |        |        | GANHO |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|                               | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   |       |
| Utilização                    | 49%    | 53%    | 61%    | 66%    | 70%    | 21%   |
| WIP total (dias)              | 21,3   | 19,6   | 16,8   | 15,5   | 13,8   | -7    |
| Lead time (dias)              | 21,2   | 20,2   | 17,8   | 17,3   | 14,4   | -7    |
| Produção diária (costura)     | 15.480 | 15.682 | 16.258 | 16.874 | 17.288 | 1.808 |
| Pessoas disponíveis (costura) | 1.452  | 1.410  | 1.219  | 1.026  | 896    | -556  |
| Taxa de entrega no prazo      | 86,20% | 88,30% | 91,91% | 94,25% | 95,21% | 9%    |

Fonte: Autor (2016).

Conforme apresentado na tabela 3, notam-se, os benefícios gerados para a empresa. Após a implantação das ferramentas da Teoria das Restrições, a fábrica passou a ter uma evolução na utilização dos minutos disponíveis por pessoa de 21% em 2014, gerando conseqüentemente um aumento na eficiência da mão de obra que foi alocada, já que no mesmo ano a produção média diária da costura foi de 17.288, com isso melhorou a produtividade do sistema, ou seja, a fábrica passou a produzir mais com menos, o que está diretamente relacionado aos objetivos da TOC.

Enfim, em 2014 apresentou em média um WIP de 13,8 dias, possibilitando assim uma redução do *lead time* médio para 14,4 dias, ou seja, com todos esses indicadores, consegue-se ver as melhorias trazidas para a empresa, pois através delas, obtiveram-se aumento de 9% na taxa de produtos entregues dentro do prazo estabelecido pelo setor comercial, onde no ramo da moda é um importante diferencial competitivo.

## 4 CONCLUSÃO

A meta das organizações é atingir sempre o melhor resultado através da sua atividade desenvolvida. De acordo com a TOC, ao elevar a capacidade da sua restrição, os ganhos da empresa aumentarão diretamente. Com base neste princípio e com o uso do processo de focalização das cinco etapas, será possível aperfeiçoar os processos e viabilizar o alcance de melhores resultados finais para a empresa.

Os pressupostos e ferramentas da Teoria das Restrições foram objeto de um estudo prático no setor de costura de uma indústria de confecções, onde a lógica da melhoria dos processos foi conjugada como processo de focalização das cinco etapas da TOC, resultando em uma maior produtividade da fábrica e flexibilidade para definir como deve ser sua atuação visando atender aos novos requisitos oriundos do mercado.

Primeiramente através da análise das capacidades dos setores, foi possível identificar a restrição do processo. Seguidamente os resultados obtidos com a implantação da Teoria das Restrições na empresa estudada mostram que, através da exploração do gargalo com a redução de material em elaboração e dos processos de verificação de *full kit*, foi possível melhorar a utilização da capacidade dos gargalos para obter uma produtividade maior e um atendimento mais rápido aos clientes, com menores custos. E com a ferramenta TPC foi possível ajustar as prioridades de produção existentes e também os tempos de produção de acordo com as necessidades de cada produto, fazendo também com que todo o processo estivesse alinhado com o recurso gargalo.

Enfim, conforme demonstrado nos resultados quantitativos através dos históricos dos indicadores de desempenho, os objetivos traçados para o estudo foram alcançados, onde inicialmente o recurso gargalo foi identificado, e posteriormente através da aplicação da metodologia dos cinco passos e da ferramenta TPC, o *lead time* de produção foi reduzido, houve um aumento na produção diária, uma maior utilização e disponibilidade de pessoas e passou-se a trabalhar com um nível de estoque em elaboração adequado para o processo. Onde através de todos esses indicadores, foi possível obter o objetivo geral de aumentar a taxa de produtos entregues dentro do prazo.

Portanto, este estudo é de grande valia para o desenvolvimento e implementação de melhoria de processos em diversas empresas, independente do ramo no qual atuem, já que toda e qualquer organização deve funcionar com base em seus processos fundamentais, que necessitam ser adequadamente planejados e geridos. A Teoria das Restrições, em geral, e o processo de focalização das cinco etapas, em particular, facilitam, sobremaneira, esta missão.



Porém esse trabalho seria enriquecido, com a abordagem dos resultados econômicos e financeiros, ou seja, conforme a TOC é a transformação de inventário em ganho, onde não foi possível, pois a divulgação dessas informações não foi liberada pela empresa, sendo assim uma limitação deste trabalho.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode ser realizado um estudo dos impactos econômicos e financeiros que a utilização da Teoria das Restrições proporciona ao longo do tempo, assim como também um estudo com o levantamento e a análise de quais são os principais fatores que dificultam a aplicação da TOC, podendo esses fatores ser de natureza culturais ou financeiros, outro trabalho interessante seria a implantação da TOC em processos mais automatizados, como exemplo em processos siderúrgicos, onde neste caso seriam desenvolvidos modelos matemáticos com o objetivo de identificar e otimizar as restrições.

## REFERÊNCIAS

- ABRANTES, J. **Fazer monografia é moleza**, o passo a passo de um trabalho científico. 1.ed.Rio de Janeiro: Wak Editora, 2007.
- CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimento**: estratégia para a redução de custos e melhorias dos serviços. 1. ed. São Paulo: Pioneira, 1997.
- COGAN, S. **Contabilidade Gerencial: uma abordagem da Teoria das Restrições**. São Paulo: Saraiva, 2007.
- CORBETT, N. T. **Contabilidade de ganhos**: a nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições. São Paulo: Nobel, 1997.
- COX III, J. F.; SPENCER, M. S. **Manual da Teoria das Restrições**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- GARDINER, S. C.; BLACKSTONE JR, J. H.; GARDINER, L. R. Drum-Buffer-Rope and buffer management: impact on production management study and practices. **International Journal of Operation & Production Management**, v. 13, n. 6, p. 68-78, 1993.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2002.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J.A **Meta**, um processo de melhoria contínua. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2002.
- \_\_\_\_\_. **A síndrome do palheiro**: garimpando informação num oceano de dados. São Paulo: Educator Editora, 1992.
- \_\_\_\_\_. **Mais que sorte... um processo de raciocínio**. São Paulo: Educator, 1994.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J.A **corrida pela vantagem competitiva**. São Paulo, Educator Editora, 1992.
- GUERREIRO, R.A **Teoria das Restrições e o sistema de gestão econômica**: uma proposta de integração conceitual. 1995. 269 f. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- \_\_\_\_\_; PACCEZ, J. D. Gestão econômica e Teoria das Restrições. *In*:CATELLI, A. (coord.). **Controladoria**: uma abordagem da gestão econômica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.p.421-53.
- GUPTA, M. C.; BAXENDALE, S. J.; RAJU, P. S. Integrating ABM/TOC approaches for performance improvement: a framework and application. **International Journal of Production Research**, v. 40, n. 14, p. 3225-51, 2002.

HANSEN, D. R.; MOWEN, M. M. **Gestão de custos: contabilidade e controle**. Trad. Robert Brian Taylor. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

LIKER, J. **O modelo Toyota: 14 princípios do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

NOREEN, E. W.; SMITH, D.; MAKEY, J. T. **A teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial: um relatório independente**. São Paulo: Educator Editora, 1996.

RAHMAN, S. Theory of constraints: A review of philosophy and its applications. **International Journal of Operations & Production Management**, v.18, n. 4, p. 336-55, 1998.

RANK, S. M. **A influência da aplicação da Teoria das Restrições na gestão das equipes de trabalho em um estudo multicaso**. 2001. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SPENCER, M. S.; COX III, J. F. Optimum production technology (OPT) and the theory of constraints (TOC): analysis and genealogy. **International Journal of Production Research**, v. 33, n. 6, p. 1495-1504, 1995.